

11-12 D
4

БУЛЕТИНУЛ

АКАДЕМИЕЙ ДЕ ШТИИНЦЕ А РСС МОЛДОВЕНЕШТЬ

ИЗВЕСТИЯ

АКАДЕМИИ НАУК МОЛДАВСКОЙ ССР

4 1983

ISSN 0568-5192



Серия
биологических
и химических наук

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ, НАПРАВЛЯЕМЫХ В ЖУРНАЛ «ИЗВЕСТИЯ
АКАДЕМИИ НАУК МОЛДАВСКОЙ ССР, СЕРИЯ
БИОЛОГИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ НАУК»

В журнале «Известия АН МССР, серия биологических и химических наук» помещаются проблемные, обзорные, экспериментальные и методические статьи, соответствующие его профилю. Работы, ранее опубликованные, редакцией не принимаются.

Статья должна иметь представление учреждения, где выполнялись исследования; две развернутые заверенные рецензии (внутренняя — специалиста учреждения, в котором работает автор, и внешняя — специалиста из другого учреждения).

Материал следует печатать на машинке (с обычным шрифтом) с одной стороны листа через два интервала. Текст и иллюстрации представлять в двух экземплярах. Объем статей, включая подписи под рисунками, таблицы, реферат и список литературы (не более 10—12 цитируемых работ), не должен превышать 12 страниц, проблемных или обзорных — 25, а для раздела «Краткие сообщения» — не более 4 страниц машинописи (число цитируемых работ не более 5). На странице должно быть 28—30 строк и в каждой строке не более 60 знаков, включая пробелы между словами.

Данные полевых и вегетационных опытов, серийных анализов следует сопровождать результатами вариационно-статистической обработки. Для полевых опытов требуются 3-летние данные.

К статье прилагается реферат (не более 0,5 стр.) с указанием УДК.

Литература, подписи к рисункам, реферат представляются на отдельных страницах в двух экземплярах.

Список литературы составляется строго по алфавиту авторов, сначала отечественных, затем зарубежных и оформляется в следующем порядке: а) для журнальных статей указываются фамилии авторов и инициалы, название журнала (с общепринятыми сокращениями), год, том (подчеркивается), номер издания, начальная и конечная страницы; б) для книги — фамилии авторов и инициалы, полное название книги, место издания, издательство, год. В тексте ссылки обозначаются порядковыми цифрами в квадратных скобках (например, [2], [3—5]). Список иностранной литературы принимается только напечатанным на машинке, в тексте иностранные фамилии пишутся в русской транскрипции. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Статьи оформляются с использованием системы единиц СИ.

Графики и фото представляются в 2 экземплярах в отдельных конвертах. В связи с двухколонной версткой журнала размеры рисунков по ширине не должны превышать 15 см — на одну колонку и 35 см — на две колонки. На обороте каждого рисунка указывается (карандашом) фамилия автора, сокращенное название статьи, порядковый номер рисунка. Фотографии должны быть качественными, надписи тушью можно делать только на втором экземпляре фото. На обороте иллюстрации с неясной ориентацией четко обозначить «верх», «низ».

Латинские названия животных, растений, микроорганизмов обязательно впечатываются на машинке, тщательно проверяются автором и визируются на первой странице рукописи.

Формулы и буквенные обозначения аккуратно и четко вписываются чернилами. Греческие буквы обводятся красным карандашом. Во всех случаях, когда строчные и прописные буквы одинаковы по начертанию и отличаются только своими размерами, прописные буквы нужно подчеркнуть простым карандашом двумя черточками снизу, строчные — двумя черточками сверху. Следует также различать буквы *J* и *I*, для чего в рукописи *I* писать как римскую единицу. Показатели степени и индексы, а также надстрочные знаки отмечаются дугой \smile (верхний индекс) или \frown (нижний). Четко разграничивать в индексах написание запятой и *l* (единицы), штриха, 2 (двойки), *g* и *z*. Индексы, являющиеся сокращениями русских слов, разметить согласно требованиям и пояснить на поле.

При наличии замечаний рукописи отсылаются авторам на исправление. Возвращение рукописи авторам на доработку не означает, что статья принята к печати. После получения доработанного текста рукописи просматривается редколлегией. Доработанный текст автор должен вернуть вместе с первоначальным экземпляром статьи, а также ответом на все замечания.

В конце статьи указать фамилию, имя, отчество авторов, их адреса и телефоны; название организации или предприятия, в котором проведена работа; дату.

Статью и рисунки (оба экземпляра) должны подписать все авторы.

Статьи, оформленные без соблюдения перечисленных выше правил, редколлегией к рассмотрению не принимаются.

Редколлегия оставляет за собой право исправлять и сокращать рукопись.

РЕДКОЛЛЕГИЯ

БУЛЕТИНУЛ ИЗВЕСТИЯ

АКАДЕМИЕЙ ДЕ ШТИИНЦЕ А РСС МОЛДОВЕНЕШТЬ

АКАДЕМИИ НАУК МОЛДАВСКОЙ ССР

4 1983

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

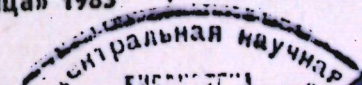
Академик АН МССР, член-корреспондент АН СССР
А. А. Жученко,
академик АН МССР, академик ВАСХНИЛ
М. Ф. Лупашку (главный редактор),
академики АН МССР А. А. Спасский, С. Н. Тома,
члены-корреспонденты АН МССР В. В. Арасимович,
Т. С. Гейдеман (зам. главного редактора),
Б. Т. Матиенко (зам. главного редактора),
Т. С. Чалык, А. А. Чеботарь,
доктор химических наук Д. Г. Батыр (зам. главного редактора),
доктора биологических наук М. Д. Куширенко,
Г. А. Успенский,
доктор сельскохозяйственных наук В. Н. Лысков,
доктор геолого-минералогических наук
К. Н. Негадаев-Никонов,
кандидат химических наук П. Ф. Влад,
кандидаты биологических наук Ф. Н. Фурдуй,
Г. Е. Комарова (ответственный секретарь)

Журнал основан в 1951 году. Выходит 6 раз в год



Серия
биологических
и химических наук

Кишинев «Штиинца» 1983



УЧЕНЫЕ АКАДЕМИИ НАУК МОЛДАВСКОЙ ССР—
ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ ПРОГРАММЕ СССР

А. А. ЖУЧЕНКО

СТРАТЕГИЯ АДАПТИВНОГО РАСТЕНИЕВОДСТВА

Ученые Академии наук Молдавской ССР — Продовольственной программе СССР	
А. А. Жученко. Стратегия адаптивного растениеводства	3
А. А. Жученко, Н. Н. Балашова, А. Б. Король, А. Н. Кравченко. Некоторые аспекты стратегии адаптивной селекции растений	13
С. Н. Тома, М. Д. Кушиниренко, Г. Т. Балмуш, Д. П. Попа. Пути экзогенного воздействия для повышения адаптивности культурных растений	25
Ф. И. Фурдуй, Е. И. Штирбу, С. Х. Хайдарлиу, В. В. Кракатица, А. И. Надводнюк, В. П. Федоряка, Л. П. Марин, М. А. Тимошко, В. П. Тонкоглас, С. Е. Килимар. Проблема адаптации и промышленное животноводство	33
И. М. Ганя, А. И. Мунтяну, В. Г. Остафичук. Значение лесных полос как резерватов полезной фауны	42
И. И. Либерштейн, Г. В. Меренюк, В. И. Сабельникова. Адаптивный потенциал почвенной микрофлоры и его роль в процессе стабилизации и повышении биогенности почв	47
М. Ф. Лупашку, М. Ф. Лала, В. М. Богуславский. Резервы увеличения производства кормового белка	54
А. Н. Балашов, З. И. Зеликовский. Экспериментальный автоматизированный проблемно-ориентированный комплекс для эколого-генетических исследований	59
Физиология и биохимия человека и животных	
В. А. Коварский, Г. М. Китрарь. Алгоритм кормления для поддержания гомеостаза тепловых животных	66
Наука—производству	
В. В. Саянова, Л. С. Павлова, А. И. Бронштейн. Экспресс-метод определения трипсинингибирующей активности семян злаковых и бобовых растений	71
Краткие сообщения	
Л. И. Артемова, Б. Т. Матиенко. Динамика содержания каротиноидов плодов столового арбуза в процессе их послеуборочного дозревания	75
И. С. Балаур, А. Д. Ракул. Альтернативный механизм фосфорилирования	77
Рефераты	

В Продовольственной программе СССР, утвержденной майским (1982 г.) Пленумом ЦК КПСС, сформулированы основы многофакторного подхода к процессу интенсификации сельскохозяйственного производства. Наряду с дальнейшим наращиванием техногенной базы сельского хозяйства (техники, удобрений, пестицидов, орошения и пр.) намечено обеспечить более эффективное использование почвенно-климатических ресурсов, биологических средств труда (видов, сортов, пород, агро- и зооценозов), прогрессивных технологий, новых форм планирования и организации производства, достижений мировой науки и практики. Только на основе всесторонней, интегративной интенсификации можно добиться устойчивого роста сельскохозяйственного производства при относительном сокращении удельного расхода ресурсов (материальных, энергетических, трудовых).

Как известно, несостоятельность так называемого «закона убывающего плодородия» (или «закона уменьшающихся пропорциональных прибавок»), которому апологеты буржуазии пытались придать универсальное значение, В. И. Ленин видел в одностороннем подходе к процессу интенсификации сельского хозяйства, замене естественных факторов его развития сугубо техногенными. В работе «Аграрный вопрос и „критики Маркса“» он писал: «Чтобы увеличить в значительных размерах количество вкладываемого в землю капитала, надо изобрести новые машины, новые системы полеводства, новые способы содержания скота, перевозки продукта и пр. и пр.» (Полн. собр. соч., т. 5, с. 101). И далее подчеркивалось: «За-

местить силы природы человеческим трудом, вообще говоря, так же невозможно, как нельзя заместить аршины пудами. И в индустрии и в земледелии человек может только пользоваться действием сил природы, если он познал их действие, и облегчать себе это пользование посредством машин, орудий и т. п.» (Полн. собр. соч., т. 5, с. 103).

В наше время односторонний техницистский подход с особой наглядностью проявляется в развитых капиталистических странах. Рост сельскохозяйственного производства базируется там преимущественно на огромных затратах энергии ископаемого топлива, преобразованной в машины, удобрения, пестициды, системы орошения и многое другое. Это ведет к постоянному увеличению расхода невозполнимой энергии, резко обостряет проблему охраны окружающей среды от загрязнения и разрушения. Сейчас, например, в США на каждую пищевую калорию затрачивается 10—15 калорий ископаемой энергии. В общем энергобалансе этой страны на производство, переработку, транспортировку продуктов питания приходится 17% расхода энергии. В связи с этим западные специалисты считают: чтобы прокормить мир согласно американскому типу производства продуктов питания потребуются 80% мирового производства энергии тратить только на эти цели. «Рост сельскохозяйственного производства в США,—пишут Г. Одум и Э. Одум [3],—представляет собой временное явление и может осуществляться до тех пор, пока поддерживается поступление энергии извне». Не случайно в последнее десятилетие большинство

стран мира односторонне-техническую стратегию «зеленой революции» пытаются дополнить биологическими средствами защиты растений, созданием сортов, способных к фиксации атмосферного азота, и другими факторами, позволяющими уменьшить затраты невосполнимой энергии в растениеводстве за счет более эффективного использования «сил природы».

В системе многофакторной, всесторонней интенсификации сельского хозяйства ведущая роль в обеспечении энергоэкономного и устойчивого роста урожайности принадлежит наиболее рациональному использованию природно-климатических ресурсов. Особенности решения этой задачи в условиях Молдавии обусловлены пересеченным рельефом территории (свыше 70%) и крайне неравномерным распределением температуры, влажности, элементов минерального питания даже в пределах одного поля севооборотов. При этом в зависимости от крутизны, экспозиции и места склона различия в продолжительности безморозного периода достигают 30 дней, по сумме активных температур — 800—900°C, по запасам продуктивной влаги 75 мм, по минусовой температуре 13°C. В пределах одного поля севооборота в значительной степени изменяются также плодородие почвы, видовой состав и численность сорняков, вредителей. Подобная неравномерность распределения важнейших для формирования урожая факторов абиотической и биотической среды характерна и для участков равнинных полей, различающихся по физико-механическому составу почв. В целом микроклиматические и почвенные условия, в решающей степени определяющие величину и качество урожая, даже в пределах одного поля, севооборота и тем более хозяйства, могут превышать средние различия между районами, расположенными на расстоянии 300—400 км по широте.

Специально проведенные нами исследования показали, что различия в урожайности растений, в зависимости от их месторасположения на склоне, достигали для пшеницы ± 11 ц/га ($\pm 27\%$), кукурузы ± 37 ц/га ($\pm 79\%$), подсолнечника ± 7 ц/га ($\pm 43\%$). На сильноосмытых почвах урожайность

пшеницы и сахарной свеклы снижалась в 4—5 раз, тогда как бобовые культуры в этих же условиях давали высокий урожай. Микроклиматические различия на разных участках склонов обуславливают вариабельность урожайности винограда в 2—3 раза. В процессе вегетации одни и те же виды сельскохозяйственных растений на разных участках склона отличались по срокам прохождения фенологических фаз (до 10—17 дней), степени поражения вредителями и болезнями (в 2—3 раза). Значительно изменялось также качество продукции (содержание сахара в винограде $\pm 4\%$, белка в пшенице $\pm 2—3\%$). Причем чем выше потенциальная продуктивность сортов, тем хуже складываются погодные условия, тем большей оказывается вариабельность величины урожая и его качества в зависимости от микроклимата и типа почв.

В целом многолетние данные науки и практики убедительно свидетельствуют о том, что высокий и устойчивый урожай сельскохозяйственных культур может быть обеспечен лишь в том случае, если в каждом районе и хозяйстве почвенно-климатические ресурсы будут использоваться более дифференцированно, т. е. культивируемые виды и сорта будут размещаться с учетом их потенциальной продуктивности и экологической устойчивости, а также неравномерного распределения микроклимата и плодородия почв в пределах полей севооборотов.

При разработке энерго- и ресурсосберегающих технологий необходимо, прежде всего, добиться снижения потерь удобрений, пестицидов и поливной воды, которые достигают в настоящее время 50—60% и более. Основным направлением в дальнейшем повышении эффективности использования техногенных факторов является совершенствование способов их применения. При этом важно, например, учитывать, что возможности передвижения вносимых питательных веществ (N, P, K) крайне ограничены. Экспериментально показано, что азот в почве с точки внесения способен переместиться всего лишь на 1 см, фосфор на 0,2 см, а калий на 0,02 см. Вот почему использование локальных

способов внесения удобрений и подкормок позволяет резко повысить эффективность их применения. Внедрение, например, капельных методов полива дает возможность снизить потери воды до 10% вместо 90% при бороздном поливе и 50% при дождевании, значительно сократить затраты невосполнимой энергии (в 1,7—2,6 раза).

Наряду с дальнейшим совершенствованием техники и технологий важно также обеспечить более дифференцированное использование техногенных факторов. Например, в зависимости от степени смытости почв эффективность внесения азотных удобрений изменяется в 3—5 раз и более. Эффективность применения пестицидов зависит от свойств почвы, температуры, влажности и других факторов внешней среды, влияющих на видовой состав и численность сорняков и вредителей. Поэтому агротехнические приемы, эффективные для одних почвенно-климатических условий (например, на склоне или тяжелых почвах), могут оказаться совершенно непригодными для других (на водоразделе, в долине, на легких почвах). Изучение конкретной практики многих хозяйств показало, что именно из-за недоучета необходимости более дифференцированного использования техногенных факторов они ежегодно получают продукции меньше возможного, а удобрений и пестицидов расходуют больше нужного. Специально проведенные нами расчеты показали, что при существующей практике внесения удобрений (без учета вариабельности почвенного плодородия в пределах одного поля) в Молдавии сельскохозяйственных угодий не добирается около 300 тыс. т условных единиц зерна и неоправданно расходуется свыше 30 млн. руб.

Основным условием более эффективного использования природных ресурсов и техногенных факторов в условиях республики является, на наш взгляд, дальнейшее совершенствование системы землеустройства. В ее основу должна быть положена экономически оправданная, но значительно большая по сравнению с существующей, дифференциация сельскохозяй-

ственных угодий на основе выделения экологически однотипных полей и севооборотов. Экологически однотипные территории формируются с учетом базисных особенностей территории (рельефа, типа почв, особенностей микроклимата), адаптивного потенциала культивируемых видов и сортов растений (их потенциальной продуктивности и экологической устойчивости) и мелнирирующих возможностей техногенных средств (коренной мелнирации и агротехники). Такой подход к системе землеустройства нарушает традиционные схемы прямолинейности полей севооборотов и ротации культур. В одном севообороте сохраняются экологически однотипные культуры, что неизбежно приведет к сокращению схемы ротации, а для неоднородных поверхностей и к уменьшению размера полей севооборота. Однако при организации адаптивного землеустройства целесообразно исходить из того, что в большинстве хозяйств устойчивый рост величины и качества урожая лимитирует сейчас не столько нехватка техники, сколько недостаток влаги, тепла, плодородия почв, морозы и заморозки, недостаточная экологическая устойчивость культивируемых видов и сортов, низкая эффективность использования все возрастающего количества удобрений, пестицидов, орошаемых земель. Перефразируя известное высказывание академика Д. Н. Прянишникова, можно сказать, что нехватку знаний о дифференцированности условий природной среды и адаптивного потенциала возделываемых видов и сортов растений невозможно восполнить даже избытком удобрений, пестицидов, орошения.

В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства, наряду с совершенствованием системы землеустройства, должна быть создана мощная инструментальная база, обеспечивающая колхозы и совхозы оперативной, достоверной и конкретной информацией о содержании в почве питательных веществ и влаги, о фитосанитарном состоянии посевов и других показателей, без знания которых не может быть эффективного применения техногенных факторов.

Социалистическая система сельскохозяйственного производства обладает неоспоримыми преимуществами в способности обеспечить наиболее рациональное использование природных ресурсов и адаптивного потенциала культивируемых видов растений на основе централизованного совершенствования системы землеустройства, структуры посевных площадей и применения техногенных факторов в масштабе республики, района, хозяйства, севооборота. И эту возможность необходимо реализовывать в полной мере.

Важнейшим фактором адаптивного растениеводства оказывается наиболее рациональное использование биологических средств труда (видов, сортов, агроценозов). В системе многофакторной интенсификации сельскохозяйственного производства намечается устойчивая тенденция к замене техногенных средств оптимизации среды биологическими. Это проявляется во все более широком использовании видов и сортов растений, устойчивых к абиотическим и биотическим стрессам, что позволяет заменить дорогостоящие коренные мелиорации и агротехнические приемы. Примеры в этом плане весьма многочисленны. К ним прежде всего следует отнести более широкое использование видов и сортов растений, устойчивых к засухе, способных противостоять засолению, в том числе давать сравнительно высокие урожаи при поливе даже морской водой, устойчивых к кислым и переувлажненным почвам, обеспечивающих биологическую фиксацию атмосферного азота и т. д. Можно с уверенностью сказать, что в предстоящий период в связи с задачей расширения посевных площадей за счет освоения новых в большинстве случаев с неблагоприятными почвенно-климатическими условиями территорий, а также необходимостью снижения затрат невосполнимой энергии на каждую дополнительную пищевую калорию тенденции к биологизации основных процессов в сельскохозяйственном производстве будут возрастать.

Биологическим средствам труда (видам, сортам, агроценозам) принадлежит центральное место в обес-

печении устойчивого роста урожайности сельскохозяйственных культур. Известно, что устойчивое производство продуктов питания является важнейшей особенностью их как товара, равномерный характер потребления которого обусловлен физиологическими особенностями человека. Кроме того, хранение продуктов питания требует значительных дополнительных затрат невосполнимой энергии. Например, на обработку и хранение каждой тонны зерна пшеницы в течение года при электрификации всех процессов необходимо затратить свыше 360 тыс. калорий, что эквивалентно производству 24 кг азотных удобрений, или 1200 часам средних по тяжести затрат живого труда.

За счет техногенных средств невозможно оптимизировать все факторы внешней среды. Устойчивость растений к морозам, засухам, суховеям, короткому вегетационному периоду и другим нерегулируемым экологическим стрессам зависит прежде всего от экологической устойчивости самих культивируемых видов. Следует подчеркнуть, что экологическая устойчивость каждого вида эволюционно и генетически обусловлена и специфична. Несмотря на то, что каждый из видов растений обладает сравнительно ограниченным адаптивным потенциалом (виды-космополиты чрезвычайно редки), растительное царство высших цветковых растений «завоевало» весь мир. Однако это произошло лишь благодаря громадному видовому и экотипическому разнообразию этого царства, которое насчитывает свыше 250 тыс. видов и значительно большее число экотипов, каждый из которых приспособлен к определенной экологической нише.

Человек окультурил около 5 тыс. видов, однако лишь 15—20 из них обеспечивают в настоящее время свыше 90% производства продуктов питания. Такое сужение адаптивного потенциала интенсивных агроценозов резко усилило их зависимость от погодных факторов. В среднем в мире урожайность основных сельскохозяйственных культур на 80% зависит от условий погоды конкретного вегетационного периода. Проведенные нами расчеты показали, что, например, в

условиях Молдавии урожайность 28 культур в среднем на 67% зависит от погодных условий. С учетом специфичности и эволюционной обусловленности экологической устойчивости культивируемых видов правильное агроклиматическое макро- и микрорайонирование каждого из них выступает решающим условием устойчивого роста урожайности.

Основным фактором повышения устойчивости интенсивных агроценозов к погодным условиям выступает экологическая устойчивость культивируемых видов и сортов растений. Однако их экологическую устойчивость следует рассматривать не в качестве цели, а лишь как средство реализации высокой потенциальной продуктивности сорта. Более того, необходимо учитывать, что экологическая устойчивость, как правило, «дорого стоит» средство. Высокая «цена» экологической устойчивости обусловлена прежде всего тем, что среди хозяйственно ценных признаков растений это наиболее дефицитная категория. Не случайно, например, число видов растений резко уменьшается от южных широт к северным. Кроме того, виды растений, устойчивые к экологическим стрессам, как правило, оказываются низкопродуктивными. Сочетание в одном сорте высокой потенциальной продуктивности и экологической устойчивости является одной из самых трудных задач в селекции, в том числе и при использовании методов межвидовой гибридизации. Пока практически не удалось за счет селекции увеличить экологическую устойчивость какого-либо вида до уровня другого. Даже тритикале (гибрид между пшеницей и рожью) не удалось передать свойства зимостойкости озимой ржи. Поэтому каждый вид и его сортовой набор имеют довольно четкие биологические и экономические оправданные границы своего распространения. И все же, поскольку погодные условия предстоящего вегетационного периода — это полоса непредвиденных случайностей, культивируемые виды и сорта должны обладать определенным запасом «надежности». Однако использовать такую «надежность» необходимо лишь с учетом экономической целесообразности.

Если в среднем за многолетний период большая часть лет оказываются неблагоприятными, то единственным средством повышения реализованной урожайности оказывается наличие устойчивости к экологическим стрессам у культивируемых сортов. В плане использования потенциальной продуктивности резервы современных сортов еще достаточно велики. Как известно, зафиксированные рекордные урожаи пшеницы, ячменя, кукурузы и других культур в 5—10 раз превышают фактически реализованную урожайность.

В последние годы проблема устойчивости культивируемых растений и в связи с возможными изменениями климатических условий на нашей планете. По данным специалистов США, использовавших метод пылевого анализа, климатические условия за период 1920—1970 гг. оказались наиболее благоприятными из последних 1000 лет. Это в свою очередь указывает на необходимость большего внимания проблеме повышения устойчивости интенсивных агроценозов к нерегулируемым экологическим стрессам (засухам, суховеям, морозам и пр.).

Наиболее эффективным и централизованным средством устойчивого роста урожайности сельскохозяйственных культур оказывается адаптивная селекция. Основными особенностями ее развития на современном этапе являются: создание идентифицированных банков зародышевой плазмы по признакам потенциальной продуктивности, качества и экологической устойчивости (общей и специфической); увеличение доступной генотипической изменчивости, в том числе при межвидовой и межродовой гибридизации за счет разработки методов индуцированного рекомбинагенеза; создание методов эффективной идентификации искомым генотипов (маркерный, кластерный, электрофоретический, фоновый анализ и др.).

В плане повышения устойчивости сортов к экологическим стрессам особого внимания заслуживает направление трансгрессивной селекции, выдающиеся результаты которой обеспечиваются при внутрисортных и межэкологическими скрещиваниях.

Именно за счет трансгрессивной селекции еще в начале XX столетия были получены непревзойденные до настоящего времени по зимостойкости сорта пшеницы и ячменя. На основе получения трансгрессивных рекомбинантов удается обойти сложности межвидовых скрещиваний, связанные с необходимостью разрушения кодаптированных блоков генов и преодоления элиминирующего действия «селективных сит», обеспечить сочетание высокой потенциальной продуктивности и экологической устойчивости в одном сорте. Так, трансгрессивные сорта японского риса, будучи отзывчивыми на внесение высоких доз удобрений и загущение, не уступают местным сортам по устойчивости к варьирующим факторам внешней среды.

С учетом природно-климатических особенностей в нашей стране особое внимание должно быть уделено следующим аспектам повышения эффективности биологических средств производства.

А. Сбор и идентификация генетических источников, обеспечивающих устойчивость важнейших сельскохозяйственных культур к засухе, жаре и суховеям, морозам и заморозкам, короткому вегетационному периоду, к кислым, засоленным, переувлажненным, песчаным, торфяным, эродированным почвам, к токсичным концентрациям Al, Mn, Zn, Fe и другим специфическим экологическим стрессам.

Б. Создание эколого-географической селекционной и сортоиспытательной сети в масштабе страны и отдельных регионов с целью ускорения темпов селекции и быстрого распространения сортов и гибридов, сочетающих высокую потенциальную продуктивность с общей и/или специфической устойчивостью к неблагоприятным условиям внешней среды. С учетом гидротермических условий в нашей стране первоочередное внимание должно быть уделено повышению потенциальной продуктивности сортов тех видов, которые обладают эволюционно обусловленной устойчивостью к основным экологическим стрессам (морозам, засухе и др.).

В. Усиление междисциплинарного подхода к решению важнейших за-

дач адаптивного растениеводства на основе комплексирования исследований селекционеров, генетиков, физиологов, агрономов, почвоведов, агроклиматологов и других специалистов. Только на такой основе может быть обеспечена интегрированность селекционно-агротехнических программ, обеспечивающих возможность реализации высокой потенциальной продуктивности интенсивных сортов в неблагоприятных почвенно-климатических условиях.

Г. Установление оптимальной структуры посевных площадей в каждом регионе, широкое использование видов растений, устойчивых к экстремальным регулируемым факторам среды. В условиях нашей страны особое внимание в этом плане должно быть уделено таким культурам, как озимая рожь, овес, ячмень, сорго, просо, рапс и многим другим (особенно однолетним и многолетним злаковым и бобовым травам). Известно, например, что в США за период 1940—1980 гг. площади под соей возросли в 27 раз, что позволило этой стране решить проблему производства дешевого кормового белка. Эта же задача в менее благоприятных почвенно-климатических условиях Канады была решена за счет культуры рапса. На основе создания и широкого распространения сортов рапса, свободных от токсичных кислот, за период с 1951—1955 гг. по 1966—1970 гг. в этой стране сбор рапсового семени увеличился в 80 раз, составив свыше 800 тыс. т в год [4]. За период 1960—1980 гг. площади под сорго во Франции и Италии увеличились в 30—60 раз. В целом совершенствование структуры посевных площадей в системе растениеводства с учетом реально достигнутого уровня техногенной оптимизации условий внешней среды выступает в качестве решающего фактора устойчивого роста урожайности сельскохозяйственных культур. Кроме того, такой подход позволяет в зонах с неблагоприятными почвенно-климатическими условиями обеспечить большее видовое разнообразие культур. При этом во многих случаях отпадает необходимость в проведении

дорогостоящих коренных и агротехнических мелнораций.

Д. Дальнейшее увеличение потенциальной продуктивности сельскохозяйственных культур, размещаемых в благоприятных почвенно-климатических условиях страны (пшеница, кукуруза, сахарная свекла, подсолнечник и др.). Важнейшим условием реализации потенциальной продуктивности культур в указанных районах является всесторонняя интенсификация растениеводства на основе полной механизации всех процессов, внесения оптимальных доз удобрений, пестицидов, полива. При этом необходимо учитывать весьма различную отзывчивость разных видов растений на удобрения (табл. 1). Например, эффективность использования каждого килограмма азота и калия (отношение количества сухого вещества в растении к количеству минерального элемента, вынесенного из почвы) для кукурузы и сорго в два раза выше, чем у сои и люцерны [5]. Не случайно в США считается экономически оправданным внесение под кукурузу в среднем 110 кг/га азота, под пшеницу — 45 кг/га, под сою — 10 кг/га. Кроме того, использование высоких доз удобрений требует пропорционального увеличения и количества применяемых пестицидов. В настоящее время в нашей стране в среднем на 1 т удобрений приходится 16 кг пестицидов, тогда как в США — 32 кг. В целом мировой опыт развития сельского хозяйства указывает на целесообразность выделения зон товарного растениеводства в благоприятных почвенно-климатических условиях с высокой концентрацией в них видов и сортов растений с наибольшей потенциальной продуктивностью и отзывчивостью на техногенные факторы интенсификации (удобрения, пестициды, орошение).

Е. Конструирование крупномасштабных экологически устойчивых агроценозов. Практическая реализация преимуществ крупномасштабной организации севооборотов требует использования принципиально новой биологической базы, включающей создание сортов с большей экологической устойчивостью (при высоком уровне потенциальной про-

Таблица 1. Отзывчивость на удобрения основных сельскохозяйственных культур. Составлено по данным [2]

Культура	Средняя урожайность без удобрений, ц/га	Пробанка к урожаю при внесении удобрений, ц/га	Отзывчивость на внесенные удобрения, %
Кукуруза	40	25	62
Картофель	150	60	40
Озимая рожь	20	7	35
Овес	18	6	33
Ячмень	24	8	33
Озимая пшеница	30	8	27

дуктивности), увеличения генетического разнообразия посевов (видового и сортового), разработки методов биологической защиты растений от болезней и вредителей, поддержания экологического равновесия между полезной и вредной фауной и т. д.

Важнейшим условием эффективной интенсификации сельскохозяйственного производства является повышение гарантированности рекомендаций сельскохозяйственной науки. Тот факт, что созданные в селекцентрах сорта и гибриды, разработанные в отраслевых институтах технологии далеко не всегда обеспечивают устойчивый рост урожайности в производстве, не может быть объяснен только несоблюдением агротехники в хозяйствах. В зависимости от погодных условий урожайность основных сельскохозяйственных культур в нашей стране снижается в 5—6 раз в зонах неустойчивого увлажнения (Коровин и др., 1977). Даже в условиях Молдавии, почвенно-климатические условия которой выгодно отличаются от других регионов страны высоким плодородием почв и обилием тепла, величина урожая абсолютного большинства сельскохозяйственных культур, как уже отмечалось, в среднем на 70% зависит от погодных условий, и прежде всего от количества выпавших осадков. По этой причине за период 1971—1980 гг. валовые сборы, например пшеницы, были ниже по сравнению с предыдущим годом 4 раза, сахарной свеклы, кукурузы, подсолнечника, картофеля — 5 раз. При этом урожайность сельскохозяйственных культур варьировала по годам: по озимой пшенице от 28 до 41 ц/га, кукурузы на зерно — от 29 до 42 ц/га, подсолнечника — от 12

до 21 ц/га, фруктов — от 39 до 107 ц/га, винограда — от 43 до 79 ц/га. Широкое использование генетически однородных сортов является основной причиной роста их генетической уязвимости. Наглядным примером этого положения явилось массовое поражение подсолнечника серой и белой гнилью в последние годы. В целом неустойчивость урожайности сельскохозяйственных культур при постоянном росте материальных затрат (топлива, удобрений, пестицидов и др.) на каждый гектар сельскохозяйственных угодий выступает в качестве основной причины снижения темпов прироста сельскохозяйственной продукции, его несоответствия вложенным средствам.

Известно, что средняя за многолетний период урожайность растений — это производное их потенциальной продуктивности (в том числе качества) и экологической устойчивости. Чем менее благоприятны условия среды, тем больше роль экологической устойчивости в реализации потенциальной продуктивности. Поэтому в процессе селекции и сортоиспытания, при разработке агротехнических рекомендаций необходимо обеспечивать объективную оценку не только потенциальной продуктивности, но и экологической устойчивости новых сортов и агроприемов. Однако это оказывается возможным лишь в том случае, если почвы, микроклимат, уровень агротехники на участках испытания типичны для соответствующей производственной зоны. Между тем существующая в настоящее время селекционная, сортоиспытательная и агротехническая сеть в стране не отражает основного разнообразия почвенно-климатических условий в хозяйствах. Например, существующая система сортоиспытания (ГСС) в Молдавии типизирует лишь около 50% (причем, как правило, лучших) почвенно-климатических условий. При этом, например, ГСУ, на которых испытываются овощные культуры, характеризуют лишь 30% основных типов почв республики. Дозы применяемых на ГСУ минеральных удобрений и навоза, как правило, значительно превосходят не только используемые в производстве, но и рекомендуемые соот-

ветствующими научными учреждениями. В результате «оазисной» оценки предпочтение нередко отдается сортам, высокую потенциальную продуктивность которых невозможно реализовать в менее благоприятных почвенно-климатических условиях. Более того, при такой оценке бракуются сорта, обеспечивающие за счет большей экологической устойчивости посевов рост урожайности в типичных для массового производства условиях. Вследствие «оазисной» системы сортоиспытания в целом по стране и республикам наблюдается устойчивая тенденция к увеличению разрыва в уровнях урожайности новых сортов на сортоучастках и в условиях сельскохозяйственного производства по большинству сельскохозяйственных культур. Так, за период 1965—1980 гг. в условиях Молдавии этот разрыв увеличился для озимого ячменя с 16 до 32, кукурузы на зерно — с 13 до 25, картофеля — с 119 до 187, томатов — с 316 до 447 ц/га (табл. 2). Разработка агротехнических рекомендаций на основе использования сортов и гибридов с высокой потенциальной урожайностью и благоприятных экологических условий, в том числе при высоком уровне агротехники (высоких доз удобрений, пестицидов, плодородных почв) позволяет достичь рекордной урожайности на опытных участках научно-исследовательских институтов. Известно, что в условиях открытого грунта рекордные урожаи составляют для пшеницы, ячменя, кукурузы — 200—300 ц/га, сахарной свеклы и картофеля — 1200—1400 ц/га. Однако в практике удается реализовать лишь 20—30% потенциальной продуктивности рекомендуемых сортов и агротехник (табл. 3). Приходится также учитывать, что многие техногенные факторы (внесение высоких доз азотных удобрений, орошение, загущение посевов и др.) снижают экологическую устойчивость посевов, что делает их более «уязвимыми» в неблагоприятных условиях среды.

В целом односторонняя, преимущественно по потенциальной продуктивности, оценка сортов и агроприемов приводит к неоправданной видовой и сортовой структуре посевных площадей в хозяйствах, усиливает и без то-

Таблица 2. Разница между средней урожайностью линий и гибридов, испытываемых в ГСС, и средней урожайностью соответствующей сельскохозяйственной культуры в целом по МССР

Культура	Разница в урожайности (ц/га) по пятилеткам			
	VII	VIII	IX	X
Озимая пшеница	11,3	11,5	10,2	17,5
Кукуруза на зерно	13,7	13,1	22,4	25,2
Озимый ячмень	10,1	15,8	19,9	32,3
Яровой ячмень	—	15,4	16,0	24,6
Картофель	91,0	119,0	161,0	187,0
Капуста	—	208,0	340,0	397,0
Томаты	—	316,0	266,0	447,0
Огурцы	—	233,0	231,0	293,0
Лук на репку	—	105,0	145,0	167,0

го высокую зависимость урожая от погодных условий. Чтобы обеспечить устойчивый рост урожайности в условиях производства, рекомендации отраслевых институтов, селекционеров и ГСС должны базироваться на результатах, полученных в типичных для каждого района почвенно-климатических условиях.

Выводы

В целях обеспечения устойчивого роста урожайности сельскохозяйственных культур, повышения энергоэкономичности, рентабельности и природоохранности агропромышленного комплекса целесообразно:

1. Более дифференцированное использование почвенно-климатических ресурсов в каждом районе и хозяйстве на основе совершенствования всей системы землеустройства, в том числе выделения экологически одно-

Таблица 3. Урожайность сельскохозяйственных культур (1980 г.)

Культура	Средний урожай в целом по СССР (ц/га)	Рекордный урожай (ц/га)
Кукуруза	31,7	272
Пшеница	16,0	192
Соя	6,1	98
Сорго	12,1	284
Овес	13,2	263
Ячмень	13,8	183
Рис	41,9	311*
Картофель	96,0	1244
Сахарная свекла	218,0	1333

* При трех урожаях в год.

типных полей и севооборотов, оптимального агроклиматического мезо- и микрорайонирования культивируемых видов и сортов.

2. Дифференцированное использование техногенных факторов (обработки почвы, внесения удобрений, пестицидов, орошения и др.) в каждом хозяйстве и поле севооборота. Для этого необходимо разработать дифференцированные технологии возделывания сельскохозяйственных культур, обеспечить каждое хозяйство более оперативной и конкретной информацией о содержании питательных веществ и влаги в почве, фитосанитарном состоянии посевов и других показателей (с учетом динамичного и неравномерного распределения абиотических и биотических факторов среды во времени и пространстве в пределах севооборотов и их полей).

3. Повышение эффективности использования всех биологических компонентов агроценоза (растений, орнито- и энтомофауны, микрофлоры и др.). Для условий нашей страны решающее значение имеет дальнейшее совершенствование видовой структуры посевных площадей в каждом регионе. При этом важнейшим условием широкого вовлечения в сельскохозяйственное производство видов растений, устойчивых к нерегулируемым экологическим стрессам; является повышение их потенциальной продуктивности. Это, в свою очередь, требует усиления темпов и масштабов адаптивной селекции, первоочередного внимания к проблеме индуцированного рекомбиногенеза, разработке методов трансгрессивной, в том числе межвидовой гибридизации.

4. Повышение ответственности научно-исследовательских учреждений, селекционеров, системы сортоиспытания, машиноиспытательных станций и других учреждений за гарантированность рекомендаций сельскохозяйственному производству. Для этого необходимо создать более широкую репрезентативную в пространстве и во времени сеть опорных пунктов селекционно-технологических институтов и системы сортоиспытания, охватывающую основные почвенно-климатические зоны страны и республик. При этом особое внимание следует уделить оцен-

ке не только потенциальной продуктивности, но и экологической устойчивости сортов и агроценозов. С этой целью целесообразно установить основные базисные уровни, включающие показатели экологической устойчивости (зимостойкость, засухоустойчивость посевов, продолжительность вегетационного периода и др.), энергоэкономности, природоохранности для вновь рекомендуемых сортов, технологий и системы ведения хозяйства в каждом регионе, снижение которых считалось бы недопустимым.

5. Сосредоточить основные силы биологических учреждений и отраслевых институтов на разработке «Адаптивной системы сельскохозяйственного производства». В настоящее время большинство ученых в мире обоснованно считают, что в предстоящий период научно-технический «взрыв» в агропромышленном комплексе произойдет за счет лучшего приспособления сельскохозяйственных растений и животных к условиям внешней среды (большая потенциальная продуктивность и экологическая устойчивость культивируемых видов, сортов и пород, более оперативная и достоверная информация об условиях внешней среды, более энергоэкономная оптимизация условий среды при использовании техногенных факторов).

6. Уделить особое внимание разработке основ конструирования крупномасштабных интенсивных агроценозов, реализация преимуществ которых требует создания принципиально новой агробиологической базы (сортос с высоким адаптивным потенциалом, поддержания экологического равновесия за счет посадки полифункциональных лесных полос, посевов нектароносов, усиления биологической защиты сельскохозяйственных культур от болезней, вредителей, сорняков, повышения биогенности почвы и т. д.).

7. Внедрить в систему агропромышленного комплекса и всех его отраслей энергетический анализ (соответствующие методические указания и энергетические эквиваленты разработаны Отделом генетики растений АН МССР).

8. Разработать дополнительные меры материального поощрения за по-

лучение высоких урожаев в неблагоприятных погодных и почвенно-климатических условиях, экономное использование удобрений, пестицидов, горючего и пр.

9. Обеспечить ведение «паспортов полей и севооборотов», более строгий учет агромероприятий и урожайности на каждом поле, рассматривая эту работу как необходимую первичную базу, позволяющую в конечном счете обеспечить более дифференцированное и эффективное использование почвенно-климатических условий, техногенных факторов, культивируемых видов и сортов растений в каждом хозяйстве (на основе совершенствования системы землеустройства, разработки дифференцированных технологий, увеличения масштабов и темпов региональной селекции).

10. Улучшить подготовку специалистов сельского хозяйства (в институтах и техникумах) в плане повышения их знаний и умения эффективно использовать все факторы интенсификации сельскохозяйственного производства (почвенно-климатических, техногенных, биологических, организационных, научно-технических) с учетом конкретных особенностей хозяйства.

11. Уделить особое внимание проведению природоохранных мероприятий (почвозащитных и др.), исходя из того, что устойчивый рост урожайности сельскохозяйственных культур может быть обеспечен лишь при условии повышения плодородия почв и поддержания экологического равновесия в агроэкосистемах, выступающих в качестве важнейших факторов повышения урожайности и снижения затрат невозможной энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жученко А. А. Экологическая генетика культурных растений. Кишинев: Штиинца, 1980.
2. Паников В. Д., Минеев Б. Г. Почва, климат, удобрения и урожай. М., 1977.
3. Одум Г. и Одум Э. Энергетический баланс человека и природы. М., 1973.
4. Уланов Б. П. Система научно-технической информации по сельскому хозяйству в Канаде. М.: МСХ СССР, 1973.
5. Clark R. B. — In: Breeding Plants for less Favorable Environments. N. Y., 1982.

Поступила 1.VI 1983

А. А. ЖУЧЕНКО, Н. Н. БАЛАШОВА,
А. Б. КОРОЛЬ, А. Н. КРАВЧЕНКО

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СТРАТЕГИИ АДАПТИВНОЙ СЕЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ

В стратегии многофакторной, всесторонней интенсификации сельского хозяйства центральное место занимает селекция растений. Именно от того, насколько эффективно интенсивные сорта обеспечат использование солнечной радиации, удобрений, орошения, а также смогут противостоять нерегулируемым факторам среды (морозам, засухам, суховеям и др.) в решающей степени зависит продуктивность, энергоэкономность и природоохранность сельскохозяйственного производства.

Селекция растений всегда была адаптивной в том смысле, что человек стремился приспособить культивируемые виды к разнообразным условиям внешней среды. И все же адаптивная стратегия селекции на современном этапе имеет качественно новый смысл. Суть его в необходимости преодоления основных противоречий современного сельского хозяйства: экспоненциального роста затрат невозможной энергии на каждую дополнительную пищевую калорию, резко возросшей опасности загрязнения и разрушения окружающей среды, снижения устойчивости высокоурожайных сортов к абиотическим и биотическим стрессовым воздействиям, резко возросшей генетической уязвимости интенсивных агроценозов, нарушения в них экологического равновесия и многих других. Нетрудно заметить, что большинство из названных выше противоречий обусловлены недостатками прежде всего в области селекции.

В настоящее время в массовом производстве реализуется лишь 10—30% потенциальной продуктивности интенсивных сортов. Основной причиной этого является их недостаточная экологическая устойчивость, которая выступает в качестве решающего фактора реализации потенциальной продуктивности в нерегулируемых условиях среды. Сочетание высокой потенциальной продуктивности и экологической устойчивости в одном сорте в принципе возможно, однако для это-

го необходимо применение методов трансгрессивной и межвидовой гибридизации. Весьма перспективно в этом отношении также использование гибридов F₁, синтетических сортов, смешанных посевов.

Многочисленными исследованиями показано, что дикие виды и полукультурные разновидности растений являются наиболее богатыми генетическими источниками устойчивости к абиотическим и биотическим стрессам. Однако доступ к этим «залежам наследственности» ограничен многочисленными барьерами: несовместимостью компонентов скрещивания, стерильностью межвидовых гибридов, ингибированием процессов генетической рекомбинации, несбалансированностью и элиминацией рекомбинантных и особенно трансгрессивных гамет и зигот.

Вовлечение в селекционный процесс зародышевой плазмы диких видов действительно позволяет значительно повысить экологическую устойчивость интенсивных сортов. Для практического решения этой задачи должны быть разработаны принципиально новые методы селекции, базирующиеся на индуцировании генетической рекомбинации, с целью увеличения уровня и спектра генотипической изменчивости, сохранения рекомбинантных гамет и зигот (методы гаметной и зиготной селекции), повышения эффективности отбора искомым генотипов в расщепляющихся поколениях (на основе маркерных, кластерных, электрофоретических и других оценок). Отметим, что аналогичные задачи стоят и при межсортных скрещиваниях. Успешное сочетание потенциальной продуктивности и экологической устойчивости требует управления изменчивостью большого числа количественных признаков, преодоления явления ингибирования множественных обменов в геноме.

Вопрос о роли межвидовой гибридизации в растениеводстве остается

дискуссионным и сегодня. Наиболее выдающиеся результаты в прошлом и нынешнем столетиях действительно были достигнуты за счет межсортовой гибридизации (в лучшем случае, с использованием дополняющих друг друга агроэкотипов). Такой подход был вполне оправданным, поскольку позволял значительно повысить потенциальную продуктивность основных культивируемых видов растений на фоне всевозрастающих возможностей оптимизации условий внешней среды.

Однако в настоящее время положение существенно изменилось. Даже при благоприятных почвенно-климатических условиях дальнейший рост реализованной потенциальной урожайности зависит от устойчивости сортов к нерегулируемым факторам среды (морозам, засухам, суховеям и пр.). Например, если урожайность колосовых зерновых культур достигает порядка 50—60 ц/га, резко возрастает их поражение грибными заболеваниями. Многие факторы интенсификации (высокие дозы азотных удобрений, орошение, загущение посевов и др.) способствуют снижению устойчивости к абиотическим и биотическим стрессовым воздействиям. Дальнейшее увеличение производства сельскохозяйственной продукции в мире, в том числе в нашей стране, связано с освоением новых территорий, почвенно-климатические условия которых для большинства культивируемых видов будут неблагоприятными. Все более очевидными становятся негативные последствия снижения видовой разнообразия в интенсивных агроценозах. Так, около 90% продуктов растениеводства обеспечивается за счет 15—20 видов растений. Проблема повышения устойчивости сортов к абиотическим факторам среды особенно остро стоит в нашей стране, поскольку свыше 70% территории характеризуется недостаточной тепло- и влагообеспеченностью.

В целом понимание необходимости сочетания потенциальной продуктивности и экологической устойчивости, широкого вовлечения в селекционный процесс диких видов и полукультурных разновидностей, реальные представления о трудностях увеличения доступной генотипической изменчиво-

сти и определяют особенности стратегии адаптивной селекции растений на современном этапе.

В настоящее время селекция растений рассматривается как наиболее эффективное и централизованное средство по обеспечению стабильного увеличения урожайности сельскохозяйственных культур. При этом, как уже отмечалось, создание сортов, устойчивых к нерегулируемым экстремальным факторам среды (засухе, морозам и т. п.), гарантирует реализацию их потенциальной продуктивности. Один из путей, частично использующийся в практике селекции в данном направлении, — создание идентифицированных по признакам устойчивости к биологическим и абиотическим факторам среды генофондов видов и родов растений.

Представляет значительный интерес системный подход к оценкам генофонда вида или рода, создание частных генетик и селекций, что даст возможность увидеть весь его потенциал, изучить коррелятивные связи между устойчивостью к различным факторам и продуктивностью, найти подходы к выяснению биохимической природы устойчивости и тем самым значительно интенсифицировать селекционный процесс (Жученко, 1973, 1980).

Ведущее место в стратегии адаптивной селекции должно отводиться проблеме индуцирования генетических рекомбинаций с целью расширения спектра адаптивных норм реакций сельскохозяйственных растений. Решение ее включает несколько задач: оценку факторов, ограничивающих спектр изменчивости при гибридизации, особенно отдаленной; разработку методов индуцирования генетических рекомбинаций, сохранения нетрадиционных рекомбинантов и идентификации их в расщепляющихся поколениях.

Известен целый ряд факторов, ограничивающих как общий уровень, так и спектр рекомбинационной изменчивости при гибридизации — локализация обменов, положительная хиазмная интерференция, блочная организация адаптивных генных комплексов, рецессивность *rec*-генов, увеличивающих рекомбинацию и т. д.

Сюда же относится селективная элиминация рекомбинантов на разных этапах жизненного цикла.

Перечисленные факторы наиболее эффективны в отдаленных скрещиваниях, где они характеризуются рядом специфических особенностей. Например, на томатах нами установлено, что обычные таксономические показатели могут быть совершенно недостаточными для оценки рекомбинационных ограничений у гибридов. Частота хиазм при скрещивании некоторых разновидностей оказывается значительно ниже, чем у гибридов между «хорошими видами», стерильные видоые гибриды могут иметь более высокий уровень обменов, чем фертильные. Полученные цитологические данные характеризуют поведение хромосом в целом по ядру. В то же время для некоторых видоых гибридов показано, что уменьшение частоты кроссинговера (*rf*) в одних зонах сопровождается компенсаторным увеличением в других.

В наших опытах было выявлено, что частота кроссинговера в отдельных сегментах у маркерных гибридов с дикими и полукультурными формами снижена в 2—10 раз по сравнению с нормальным уровнем.

Один из основных способов расширения спектра рекомбинационной изменчивости — перемещение обменов в те зоны хромосом гибрида, где они в норме не происходят. Эта задача может быть решена за счет использования эффективных рекомбиногенов (экзогенное индуцирование), либо с помощью соответствующих генетических средств. Наиболее простой подход к выявлению рекомбиногенов основан на маркерном анализе последствий обработки, но при этом трудно оценить изменения спектра рекомбинантов. Ценную информацию в отношении последнего можно получить на основе учета количественных признаков (в том числе хозяйственно ценных) и фоновой оценки расщепляющихся популяций.

Учитывая результаты изучения рекомбиногенной активности химических и физических мутагенов по маркерным сегментам (Жученко и др., 1979—1981), нами на томатах проведена оценка влияния выделенных факто-

ров на спектр изменчивости количественных, в том числе адаптивных признаков потомства от скрещивания *L. esculentum* с дикими и полукультурными формами. Установлено, что воздействие на гибриды F_1 вызывает в F_2 следующее.

1. Сдвиг распределений по устойчивости растений к болезням в плюс или минус-направлении — в зависимости от комбинации скрещивания и фактора обработки (увеличение устойчивости при обработке наблюдается лишь в тех случаях, когда устойчивой является хотя бы одна из родительских форм).

2. Изменение параметров распределения (X , σ^2 , CV) по признакам размера и морфологии растений (высота растений, число листьев, длина и ширина листа и т. д.).

3. Расширение диапазона изменчивости популяций по накоплению сухой биомассы и содержанию сухих веществ в растениях.

4. Резкий сдвиг популяций в сторону увеличения выхода устойчивых к пониженным температурам форм (данные получены на основе фоновой оценки F_2 на ранних стадиях по длине проростков и корешков).

При температуре 10—12°C популяция F_2 варианта γ -облучения оказалась сдвинутой относительно контрольной в сторону значений с большей длиной проростков, тогда как при нормальных условиях наблюдалась обратная ситуация. Этот результат воспроизводился на разных стадиях (15- и 25-дневные проростки) при оценке как общей длины проростка, так и длины корешка. Аналогичное поведение установлено для всхожести семян. Из-за противоположной направленности индуцированного сдвига популяции в условиях нормальной и пониженной температур предположение о стимуляционной природе эффекта маловероятно, т. е. речь идет именно об увеличении доли устойчивых форм. Однако для проверки необходимо сравнить реакцию на отбор в варианте с облучением и контроле. Полученные результаты можно объяснить мутагенным и рекомбиногенным действием γ -облучения.

В силу известной зависимости подобных эффектов от генотипа, мы

провели повторный опыт, где оценивали реакцию на низкую температуру другой популяции F_2 , полученной от скрещивания *L. esculentum* с высокопродуктивным сортом Нистру; кроме γ -облучения проводили обработку семян F_1 ЭМС. Как и в предыдущем случае, облучение привело в условиях пониженной температуры к сдвигу популяции в сторону увеличения доли форм с большей длиной проростка и корешка; то же наблюдали в варианте обработки ЭМС.

5. Изменение процента выхода фертильных растений, причем в потомстве F_2 гибридов от близкородственных скрещиваний наблюдали снижение фертильности при обработке, а у отдаленных гибридов — увеличение (аналогичные различия проявляются уже в F_1); повышение средних показателей фертильности (число кистей, плодов и семян на одно растение) сопровождалось ростом их изменчивости.

6. Изменение корреляции между количественными признаками.

7. Нарушение связей между количественными признаками и маркерами, сдвиг соотношений средних значений и дисперсий в маркерных группах.

8. Выщепление генотипов, представляющих ценность для селекции в силу особенностей их морфологии и специфической адаптивности (линия 1812, с приспособленной для механизированной уборки архитектурой куста, формы с высокой завязываемостью плодов в теплице, устойчивостью к пониженной влагообеспеченности).

С точки зрения селекции большое значение имеет вопрос о выборе оптимального фона выращивания гибридов F_1 . Здесь под оптимальными следует понимать условия, способствующие максимуму рекомбинаций.

Была показана U-образная зависимость частоты хиазм у томатов от температуры, с минимумом в оптимальной температуре. При этом изменения частоты хиазм положительно коррелируют с изменениями rf для маркерных зон и величиной дисперсии количественных признаков. Отметим, что при слишком больших отклонениях температуры от оптимума частота обменов вновь уменьшается

в силу нарушений конъюгации. Важно также, что температурные кривые частоты хиазм разных генотипов существенно отличаются. Например, более устойчивые формы сохраняют нормальную частоту хиазм в большем диапазоне условий по сравнению с менее устойчивыми. Это можно рассматривать в качестве одного из проявлений принципа взаимосвязи модификационной и генотипической изменчивости (Жученко, 1980).

Условия среды влияют на рекомбинацию при воздействии на определенные фазы мейотического цикла. Однако имеются отдельные данные (полученные на грибах) о том, что обработка за несколько митозов до мейоза или даже до образования гибридной зиготы может привести к изменениям rf . Высказано предположение, что подобный эффект (онтогенетическая «память») является важным фактором регуляции изменчивости в популяции (Жученко, 1980). Нами получены экспериментальные доказательства реальности онтогенетической «памяти» на томатах и дрозофиле.

Перечисленные эффекты не исчерпывают значения проблемы выбора фона выращивания F_1 . Действительно, после окончания мейоза на растениях F_1 формируется гетерогенная популяция гамет, их отбор и взаимодействие при сингамии также определяются условиями среды. Нами установлено увеличение эффективности гаметного отбора за счет мутагенной обработки семян межвидовых гибридов F_1 . Использование пыльцы $F_{1обр}$ для опыления материнских растений или растений F_1 в условиях пониженной температуры приводит к увеличению доли форм с повышенным числом цветков, кистей и плодов при оценке этого потомства на фоне низких температур. Аналогичная картина наблюдается при воздействии на пыльцу повышенной температурой и оценке потомства на фоне высоких температур. Сочетание мутагенной обработки семян и фонового воздействия на гаметы вызывает изменения в популяции и по другим признакам — размеру и числу листьев, высоте закладки первой кисти и т. д.

В целом приведенные данные показывают, что рекомбиногенная обра-

ботка межвидовых гибридов является эффективным средством расширения спектра генотипической изменчивости потомства, увеличения фонда отбора.

В плане анализа последствий рекомбиногенной обработки и выявления наиболее эффективных способов воздействия важное значение приобретает проблема оценки спектра генетической изменчивости (точнее — изменений спектра). Речь идет, с одной стороны, о распознавании ситуаций, когда использование методов экзогенного или эндогенного индуцирования приводит к перемещению кроссоверных обменов в зоны генома, где рекомбинация в норме отсутствует, а с другой — о выделении из расщепляющихся популяций так называемых «нетрадиционных» рекомбинантов (Жученко, 1980), характеризующихся нестандартным сочетанием генов и блоков генов (и соответственно — нестандартным сочетанием признаков).

Помимо маркерного и цитологического анализа для решения этой задачи мы используем также сочетание электрофоретической оценки белков, многомерных статистических методов и оценки на экстремальных экологических фонах. В частности, нами показано, что в популяциях F_2 межвидовых гибридов выщепляются генотипы, в белковых спектрах которых отсутствуют некоторые зоны, наблюдавшиеся у обоих компонентов скрещивания (P_1 и P_2) и F_1 . Выявлены также формы с совершенно новыми белковыми зонами в спектре, не присутствующими P_1 , P_2 и F_1 (Жученко и др., 1982). Вероятно, речь идет о рекомбинантах, спектр которых не является простой комбинацией спектров P_1 , P_2 и F_1 . Представляет интерес сопоставление наблюдаемых изменений в спектре белков с изменчивостью хозяйственно ценных признаков.

Установлено, что генотипические различия в спектре водорастворимых белков томатов увеличиваются по мере развития растений и достигают максимума на стадии цветения. Отметим, что электрофоретическая оценка может быть использована также для определения различий между генотипами по адаптивной реакции на изменения внешних условий. В частности, нами показано, что при высоко-

температурных стрессах у культурных и диких форм томатов изменяется спектр белков, причем у последних скорость изменения намного выше. Это согласуется с высказанной ранее гипотезой о корреляции высокой приспособленности растений к неблагоприятным условиям со скоростью адаптивной перестройки их метаболизма (Жученко, 1980).

Для выявления рекомбинантных генотипов с нестандартными сочетаниями признаков нами разработан алгоритм, обеспечивающий возможность сравнения каждого растения из F_2 (и других расщепляющихся популяций) по совокупности количественных признаков с популяционным средним и средними для родительских форм и F_1 на основе учета корреляций между признаками. Этот метод позволяет выделять генотипы, трансгрессивные не столько по каждому из признаков, сколько по их сочетаниям. Поскольку характер расщепления по количественным признакам определяется генетической архитектурой последних, для правильного учета степени трансгрессивности необходимо предусмотреть ограничения, накладываемые на структуру популяции такими факторами, как блочная организация генов, локализованность обменов, селективная элиминация рекомбинантов, канализация развития. Эти ограничения могут выражаться в определенной «группировке» генотипов в пространстве признаков вокруг некоторых устойчивых сочетаний — кластеров. Полученные нами данные для популяции F_2 гибрида *L. esculentum* × *Solanum pennellii* подтверждает это предположение (Жученко и др., 1982). В связи с этим в алгоритме выделения нестандартных рекомбинантов на основе анализа многомерных данных предусмотрены возможности анализа данных с кластерной структурой.

Потенциал генотипической изменчивости потомства простых межвидовых гибридов целиком определяется взаимодействиями генетических факторов, обуславливающих различия компонентов рекомбинации в мейозе гибридов. Ясно, что общий потенциал рекомбинационной изменчивости в пределах генофонда рода в принципе

может быть значительно выше, чем сумма потенциалов всех простых гибридов. Об этом свидетельствует тот факт, что даже чисто арифметическое количество сочетаний генов и блоков генов, которые можно получить с использованием сложных трехвидовых, четырехвидовых и т. д. гибридов, на несколько порядков превышает суммарное число сочетаний в потомстве простых гибридов. При неформальном анализе преимущества гибридов первого типа не менее очевидны.

Для реализации этих преимуществ нами создана многовидовая синтетическая популяция томатов, интегрирующая в едином генофонде зародышевую плазму основных видов рода *Lycopersicon* (*esculentum*, *pimpinellifolium*, *minutum*, *hirsutum*, *S. pennellii* и производные *L. esc.* × *L. peruvianum*). Если в качестве основы использовать стерильную форму (в случае томатов удобной оказалась мутация *st*), для облигатного самоопылителя удастся сравнительно легко обеспечить систему размножения, характерную для перекрестника. Из предварительных результатов (данные по F_1) следует, что многовидовые рекомбинации действительно приводят к выщеплению генотипов, значительно перекрывающих спектр изменчивости потомства простых двухвидовых гибридов; в частности, появляются формы с необычной морфологией листа и соцветия, большим числом цветков, коротким вегетационным периодом, высокой завязываемостью плодов при пониженной освещенности.

Возможным способом изменения состава популяции F_2 может быть калибровка семян по размеру (или плотности) перед посевом. Нами показано существенное увеличение средних значений и дисперсий вегетативных признаков проростков (масса, высота, размах листьев, число листьев и т. д.) с увеличением размера семян. Эта закономерность сохраняется при скрещивании между линиями, разновидностями, видами. Установлена существенная зависимость корреляций между признаками в популяции F_2 от размера семян. При этом корреляции между признаками в *min* и *max* по размеру семян в частях популяции

часто оказываются сходными и отличаются от таковых в той части, которая получена от семян промежуточного размера. Влияние размера семян на корреляции количественных признаков для некоторых пар признаков сохраняются в разных комбинациях, а для других — меняются. Аналогичные результаты установлены для связей между количественными признаками и маркерами.

Анализ моногибридных соотношений по маркерам в потомстве F_2 с учетом размеров семян выявил отсутствие связи между этими показателями. Исключительный интерес для селекции представляет зависимость выхода рекомбинантов от размера семян: для комбинаций скрещивания *L. esculentum* × *L. esculentum*, *L. esculentum* × *L. pimpinellifolium*, *L. esculentum* × *L. hirsutum* значения частоты кроссинговера для сегментов *aw-d* и *m-2-c*, полученные при идентификации проростков, выросших из крупных семян, оказались в 1,5—2 раза выше соответствующих значений во фракциях средних семян (анализ фракции мелких семян затруднен ввиду малой выборки). В комбинации скрещивания *L. esculentum* × *S. pennellii* для $rf_{aw, d}$ наблюдается обратная тенденция, а значение $rf_{m-2, c}$ от размера семян не зависит.

Зависимость выхода рекомбинантов от размера семян может быть обусловлена двумя факторами: 1 — при отборе мелких и крупных семян мы фактически разделяем популяцию F_2 по степени близости к тому или другому родителю, а значит, и по вероятности обнаружения родительских и рекомбинантных сочетаний генов разных хромосом (в том числе маркированных); 2 — рекомбинация в межвидовом гибриде приводит к образованию в разной степени несбалансированных сочетаний генов, что обуславливает нарушение процессов роста и развития, включая процесс формирования семян. Видимо, взаимодействие факторов 1 и 2 и определяет характер отмеченной выше тенденции.

Таким образом, учет размера семян, вероятно, является простым, но эффективным средством разделения популяции на более и менее рекомбинантную части.

Возникающие в результате индустриального кроссинговера необычные рекомбинанты еще на начальных этапах своего развития попадают в неспецифические условия и элиминируются. Следовательно, направление естественного отбора на стадии репродуктивного развития может не совпадать с задачами селекции и тем самым значительно снижать эффективность искусственного отбора. Вместе с тем именно за счет «нетрадиционных» рекомбинантов возможно расширение спектра изменчивости и получение высокоадаптивных форм растений, особенно при отдаленной гибридизации. Понимание биологической сущности механизмов элиминации необычных генотипов и разработка методов максимального их сохранения могут оказать решающее влияние на стратегию адаптивной селекции. Как известно, из 12 этапов органогенеза в жизненном цикле однолетних растений семь относятся к репродуктивным фазам развития, где происходит формирование цветков, микро- и макроспорогенез, гаметогенез, зиготогенез, эмбриогенез, образование и развитие семян. В настоящее время все процессы, происходящие на этих этапах, должным образом не контролируются при селекционной работе, хотя им принадлежит важная роль в определении спектра доступной генотипической изменчивости.

Рассмотрим некоторые конкретные результаты, связанные с решением поставленных задач сохранения и отбора нестандартных рекомбинантов, снижения давления естественного отбора в селекционном процессе.

Развитие микроспоры и особенно формирование мужского гаметофита у растений является первым критическим этапом в жизненном цикле новых рекомбинантных генотипов. У межвидовых гибридов томатов в оптимальных условиях на этой стадии обычно элиминируется 30—40% микроспор. Однако при неблагоприятных условиях выращивания (недостаток освещения, повышенные температуры) стерильность пыльцы значительно увеличивается. Обработка бутонов томатов межвидовых гибридов первого поколения биологически активными веществами — ИУК (индолилуксусная

кислота), НУК (*альфа*-нафтилуксусная кислота), ИУК+ГК, баклаонозидом — после прохождения в них мейоза увеличивает выход фертильной пыльцы на 20—35%.

Анализ популяций F_2 , полученных от обработанных растений, показал изменение моногибридного расщепления по генам *aw*, *d*, *c* по сравнению с контрольным. Установлено также изменение частоты рекомбинаций между сцепленными генами *aw-d* и несцепленными — *aw-c*; *d-c*, что указывает на существование селективной элиминации на этапе формирования мужского гаметофита и возможности ее уменьшения за счет оптимизации процессов развития.

Вместе с тем необходимо подчеркнуть, что воздействие температурного фактора на этот процесс способствует отбору устойчивых рекомбинантов. Так, действие температуры 5/12°C (ночь/день) на процесс формирования мужского гаметофита у гибрида F_1 *L. esculentum* Mo 500 × *S. pennellii* вызывает увеличение в популяции F_2 доли устойчивых к температуре 10/12°C генотипов в 4 раза (контроль 2,5 ± 0,78%, опыт 10,5 ± 1,91%).

Известно, что жизнеспособность зрелой пыльцы у растений значительно варьирует в зависимости от генотипа, времени хранения и фактора среды. Установлено, что повысить жизнеспособность пыльцы у межвидовых гибридов томатов в 2—3 раза возможно путем обработки ее УФ ($\lambda = 0,33$ мкм), биологически активными веществами и особенно гликозидами. Такая стимуляция позволяет участвовать в оплодотворении рекомбинантам, которые в обычных условиях, как правило, исключаются из этого процесса. Для более полного выявления возможных рекомбинантов необходимо исключить конкуренцию путем опыления ограниченным числом пыльцевых зерен. Нами установлено, что, например, стимуляция пыльцы УФ при различных вариантах опыления приводит к изменению моногибридного расщепления по маркерным генам *hl*, *a*, *e*, *ful*. Изменение моногибридного расщепления по этим же генам наблюдается и при стимуляции пыльцы гиббереллином. Одновременно с этим расширяется спектр гено-

типической изменчивости. В частности, опыление ограниченным количеством пыльцы со стимуляцией и без нее приводит к появлению новых классов растений, не представленных в вариантах с полным опылением при оценке F_2 по массе семян.

Стимуляция УФ пыльцы гибридов F_1 , особенно контрастных по различным количественным признакам, в том числе и хозяйственно ценным, также приводит к расширению спектра генотипической изменчивости. Для анализа были выбраны такие признаки, как средняя, максимальная и минимальная масса плода на растении, коэффициент вариации массы плода в пределах растения, число плодов, содержание в плодах сухих веществ, аскорбиновой и титруемых кислот. Исходные формы Мо 421 и линия *Red cherry* взяты с контрастными значениями этих признаков. Опыление гибридов F_1 УФ-стимулированной пыльцой (F_1) привело к увеличению дисперсии в F_2 по 6 признакам из 8 изученных. Средние значения признаков, характеризующих число, размер плодов и содержание аскорбиновой кислоты возросли, содержание сухих веществ и титруемых кислот не изменилось.

Необходимо отметить, что по изученным признакам получен более широкий спектр изменчивости, чем в контроле. Например, по содержанию аскорбиновой кислоты дисперсия при обработке увеличилась вдвое. Появились классы растений с большим и меньшим содержанием аскорбиновой кислоты в плодах. В контрольной популяции такие классы отсутствуют. Наблюдается также расширение диапазона изменчивости по числу плодов, которое сопровождается уменьшением доли растений других классов.

Таким образом, повышение жизнеспособности пыльцы приводит к максимальному сохранению нетрадиционных рекомбинантов. Метод опыления ограниченным количеством пыльцевых зерен позволяет исключить конкурентные отношения между традиционными и нетрадиционными рекомбинантами в процессе прорастания и роста пыльцевых трубок в тканях пестика, дополнительно расширяет спектр генотипической изменчивости.

Для максимального сохранения рекомбинантов на этапе прорастания пыльцы и роста пыльцевых трубок исключили конкуренцию путем опыления ограниченным количеством пыльцы без стимуляции прорастания пыльцевых зерен и роста пыльцевых трубок и со стимуляцией этих процессов. Контроль — опыление избыточным количеством пыльцы. Полученные результаты показывают, что на межвидовом гибриде Мо 500×*L. minutum* опыление ограниченным количеством пыльцы достоверно изменяет моногибридное расщепление по генам *c*, *Wo*, *d*. Дополнительная стимуляция пыльцы также изменяет моногибридное расщепление по генам *C* и *Wo*. Это указывает на возможности изменения уровня генотипической изменчивости по сравнению с контролем. Опыление ограниченным количеством пыльцы в сочетании с доопылением убитой гамма-лучами или теплом пыльцой оказалось также весьма эффективным методом изменения состава популяций. Так, например, при доопылении гибрида F_1 Мо 500×*L. minutum* пыльцой *L. minutum*, облученной гамма-лучами в дозе 25 кР, привело к сдвигу моногибридного расщепления в сторону увеличения частоты рецессивных генов.

Если термическому воздействию подвергалась пыльца культурной материнской формы (Мо 500), то количество рецессивных аллелей в популяции резко увеличивалось по всем изученным локусам. Одновременно наблюдалось изменение выхода рекомбинантов. Контролем во всех случаях служила популяция F_2 , полученная от опыления ограниченным количеством пыльцы. Моногибридное соотношение по изученным генам в этой популяции по сравнению с расщеплением от полного опыления изменялось случайно в сторону увеличения или уменьшения частоты маркеров в отличие от опытного варианта, где всегда наблюдалось увеличение рецессивных аллелей. Вероятно, при доопылении пыльцой, убитой теплом, происходит селективная или же более сильная стимуляция прорастания и роста генетически сходных рекомбинантов. Этот прием может быть широко использован в селекционных

программах при создании устойчивых сортов.

Длительное действие температурного фактора на пыльцу вызывает ее частичную или полную гибель в зависимости от генотипа и времени воздействия. Так, пыльца сорта Молдавский ранний оказалась менее устойчивой, чем пыльца сорта Нистру при воздействии температуры 32°C в течение 60 часов. Число проросших пыльцевых зерен на искусственной среде у последнего оказалось больше почти в 4 раза, чем у первого. Анализ некоторых морфологических и цитохимических параметров ядер вегетативной и генеративной клеток пыльцы этих сортов на установке «Морфоквант» показал различную динамику их изменчивости.

Исследования по отбору на гаметтах проводились на межвидовых гибридах томатов следующих комбинаций скрещивания: Мо 500×*L. minutum*, Мо 500×*L. hirsutum*, Мо 500×*S. pennellii*. Пыльцу гибридов прогревали в течение 3 часов при температуре 58°C и в дальнейшем использовали для опыления и получения F_2 и BC_1 . Контроль — вариант без температурной обработки. Параллельно с опылением пыльцу высевали на искусственную питательную среду для определения фертильности и измерения длины пыльцевых трубок. Действие отбора в F_1 учитывали по изменению: а) фертильности пыльцы; б) длины пыльцевых трубок *in vitro*; в) состава популяций в F_1 и BC_1 ; г) спектра генотипической изменчивости в F_2 по жаростойкости, которую определяли на стадии проростков и 4—6 листьев.

В результате проведенных исследований было установлено, что 3-часовое температурное воздействие снижало жизнеспособность пыльцы изученных гибридов F_1 с 20—30% в контроле до 2—5% в опыте в зависимости от комбинации скрещивания. Обработка пыльцы высокими температурами по-разному влияла на длину пыльцевых трубок. Если у первых двух гибридов длина пыльцевых трубок уменьшалась почти в 2 раза (например, у F_1 Мо 500×*L. minutum* с $28,5 \pm 2,9$ в контроле до $14,7 \pm 1,2$ в опыте), то для F_1 Мо 500×*S. pennellii* раз-

личия между опытными и контрольными вариантами были незначимыми (длина пыльцевых трубок дана в делениях окуляр-микрометра через 3 часа после посева пыльцы на среду).

Снижение жизнеспособности пыльцы в опытных вариантах всех гибридов сопровождалось уменьшением дисперсии по длине пыльцевой трубки, что, по-видимому, указывает на отбор генотипов со сходной реакцией на данный фактор.

Маркерный анализ растений F_2 и BC_1 вариантов с температурной обработкой пыльцы не обнаружил существенных отличий от контроля в частотах аллелей диких видов томатов для генов *aw*, *d*; *e*, *ful*, *hl*, *a*, маркирующих хромосомы 2, 4, 11. Эта же обработка пыльцы в течение 3 часов приводила к отклонению моногибридных соотношений от контроля по локусу *c* (6-я хромосома). Относительное увеличение доминантных по локусу *c* генотипов указывает на более высокую теплоустойчивость пыльцевых зерен дикого типа по сравнению с мутантными.

Оценка жаростойкости популяций F_2 , полученных от опыления пыльцой, подвергнутой температурной обработке, показала повышение их устойчивости к этому фактору на 8—10% (контроль $61,4 \pm 1,85$, опыт $77,1 \pm 2,12\%$) при фоновом воздействии высоких температур на стадии 4—6 листьев. Жаростойкость, определяемая на стадии проростков, в опытных популяциях F_2 также оказалась несколько выше, чем в контроле. Таким образом, отбор пыльцы в F_1 позволяет повышать устойчивость популяций F_2 , что может быть использовано в селекции растений.

На этапе эмбриогенеза у межвидовых гибридов отмечается значительная (до 20% и более) элиминация генотипов, причем частота элиминации рецессивных гомозигот значительно выше, чем у других генотипов. При использовании культуры *in vitro* удается сохранить часть рекомбинантов и расширить спектр генотипической изменчивости. На процесс элиминации рекомбинантов на этапе эмбриогенеза влияют многие экзогенные факторы, а также генотип. Так, одинаковая повышенная температура вызывает у

разных гибридов F_1 неодинаковую гибель зародышей на этом этапе. Наиболее температурочувствительным оказался эмбриогенез гибрида с участием вида *L. hirsutum*. У этого гибрида элиминация и в нормальных условиях значительно выше, чем у остальных. Дифференциальная чувствительность эмбриогенеза к температуре фактору позволяет вести отбор устойчивых рекомбинантов к данному фактору на ранних этапах эмбриогенеза.

Таким образом, полученные экспериментальные данные подтверждают сам факт существования элиминации рекомбинантов и на модельных объектах показывают пути их сохранения. Отсюда следует также, что интересам адаптивной селекции отвечает искусственный отбор на разных этапах формирования мужского гаметофита, роста пыльцевых трубок, раннего эмбриогенеза и др. При этом отбор гамет на температурных и других фонах приводит к отбору устойчивых к этому фактору генотипов.

Для получения новых, «нетрадиционных» рекомбинантов и их выделения можно использовать и другие пути клеточной селекции. Так, выявлена строгая специфичность генотипа в культуре *in vitro* к гормональной среде. При этом гибридные генотипы давали незначительный рост каллуса на средах, оптимальных для родительских форм. Отобрать рекомбинантные формы удалось на двухуровневых средах, сочетающих селективность по гормонам и лимитирующему фактору. На таких средах возможен отбор рекомбинантов, сочетающих устойчивость дикой формы и хозяйственно ценные свойства сорта (Смирнов, Жученко, 1982).

Таким образом, принципиально доказана осуществимость клеточной селекции, которая дает возможность создавать формы с новыми адаптивными свойствами. Полученные результаты также свидетельствуют о том, что интенсификация процесса селекции за счет выращивания нескольких поколений в год в условиях фитотрона, теплиц приводит к снижению эффективности естественного отбора на устойчивость к нерегулируемым факторам среды и адаптивности. Поэто-

му при «тиражировании» растений отдельных чистых линий, созданных в комфортных условиях, на большие площади наблюдается резкое уменьшение их устойчивости и продуктивности.

Вероятно, чтобы не получить сорта с заведомо пониженной устойчивостью к абиотическим стрессам, чтобы использовать естественный отбор, который действует в общем случае независимо от селекционера, необходимо широкое применение методов гаметной селекции.

В стратегии поиска путей увеличения адаптивного потенциала большое значение приобретают исследования устойчивости растений к вредным микроорганизмам: грибам, вирусам и т. д. По приблизительным подсчетам, во всем мире теряется около 50% урожая в результате поражения растений вредителями и болезнями несмотря на применяемые меры борьбы. Селекция на устойчивость к вредным организмам, особенно в сочетании с интегрированной защитой растений, оправдала себя, хотя и поставила ряд вопросов, связанных с современным интенсивным производством. Один из главных — кратковременность этого показателя в условиях применения генетически однородных сортов в промышленном сельском хозяйстве. Рассмотрим некоторые подходы к селекции на долговременную устойчивость к патогенам с позиций взаимосвязи и взаимодействия устойчивости к биотическим и абиотическим факторам среды.

Как известно, устойчивость растений к патогенам и способность патогенов поражать растения взаимосвязаны прежде всего через систему «генотип—среда», в которой для растения и патогена абиотическая среда выступает в качестве общего фактора. Поэтому устойчивость растений к поражению патогенами следует рассматривать с учетом особенностей адаптивных реакций, в основе которых лежат эволюционно сложившиеся блоки коадаптированных генов и коадаптированные блоки генов адаптации, обеспечивающие кумулятивный эффект действия генетической системы растения-хозяина. Следовательно, и селекция, направленная на создание

форм с комплексной устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам среды, в наибольшей степени отвечает требованиям адаптивного растениеводства. В серии лабораторных, полевых и вегетационных опытов на сое нами установлено, что фузариоустойчивость согласуется с адаптивной реакцией этой культуры на факторы среды. Так, при первом сроке сева на инфекционном фоне группа холодостойких образцов была поражена меньше, чем группа засухоустойчивых, а при втором наблюдалось обратное соотношение, соответственно у холодостойких процент развития болезни составил $P_1=32,7$ и $P_2=29,54$, а у засухоустойчивых — $P_1=37,88$ и $P_2=27,76$. Анализировали 120 сортов сои по признаку фузариоустойчивости при трех сроках сева в условиях естественного заражения. Интервалы между сроками сева выбраны согласно адаптивным возможностям культуры и грибов возбудителей фузариоза — 2—13 апреля и 10 мая, температура почвы на глубине заделки семян составила соответственно 5—6°C, 8—9 и 18—19°C. Было установлено, что по мере повышения температуры почвы во время посева и снижения влажности уменьшался и средний процент развития болезни на поле в целом по всей коллекции от 35,4% при 5—6°C до 13,3% при 18—19°C. Из 22 сортов, проявивших устойчивость при первом сроке сева, 19 оказались резистентными и в последующих сроках. Следовательно, сверхранний срок (2 апреля, температура почвы 5—6°C) является дифференцирующим как по холодостойкости, так и фузариоустойчивости.

Аналогичные данные получены на фасоли овощного использования в МНИИОЗиО, где также дифференцирующим по признаку устойчивости к бактериозу (листовой форме) и холодостойкости был сверхранний срок. В этом случае доля влияния срока сева на устойчивость к бактериозу 14 генотипов составляла 0,46, тогда как доля влияния сорта — только 0,29.

Поражаемость бактериозом бобов у одних сортов уменьшилась при более позднем сроке сева, а у других увеличилась. В последнем варианте

наибольшее значение имеет генотип сорта (доля влияния сорта — 0,47, срока сева — 0,07). Сорт *Valja* является в местных условиях донором устойчивости к бактериозу, холоду и в ГДР — к вирусным инфекциям. Если рассматривать в динамике появление фузариоустойчивых образцов на сое в зависимости от срока сева, то количество их возрастало по мере создания оптимальных условий для ее адаптации: процент высокоустойчивых сортов возрастал с 2,5 до 33,3. Сроки посадки оказывают, как известно, значительное влияние на поражаемость болезнями и продуктивность и у других культур. Так, при испытании 8 сроков для посадки лука 2-го года оптимальной, по данным, полученным в МНИИОЗиО, оказалась 1 декада апреля. При более поздних сроках посадки продуктивность падала, хотя растения были устойчивыми к пероноспорозу. В данном случае также выделился сверхранний срок как дифференцирующий по признаку устойчивости к пероноспорозу и холоду.

При изучении 20 сортов, репродуцированных в разных экологических условиях (Дальний Восток, Кубанская, Ворошиловградская опытные станции ВИРа, Ташкент, Мексика), отмечалась значительная вариабельность поражаемости образцов в зависимости от места репродукции и срока сева. Например, поражаемость 3 образцов при репродукции в Ташкенте и на фузариозном фоне в местных условиях практически не менялась как при первом, так и при втором сроках сева. Наиболее неблагоприятное влияние на фузариоустойчивость сои в Молдавской ССР оказала репродукция тех же образцов в условиях Мексики. В этом случае растения первого и второго сроков сева поразились в 3—5 раз больше, чем растения местной репродукции.

Как видно из предыдущих результатов, отбор на устойчивость к абиотическим факторам среды повышал резистентность к патогенам. Значительный интерес представляют данные, иллюстрирующие влияние отбора на устойчивость к патогенам на проявление реакции адаптивности к абиотическим факторам. На томатах нами было показано, что устойчивость

к пониженной освещенности коррелирует с резистентностью к мозанке. В свою очередь формы, отобранные на фоне искусственного заражения вирусом табачной мозаики и смеси с синергидным эффектом (ВТМ+ХВК), отличаются повышенной завязываемостью в условиях пониженной освещенности (24—27% — восприимчивые к ВТМ генотипы и 27—38% — устойчивые).

Отбор из расщепляющейся популяции F₂ (Линия 34×*L. esculentum* var. *pimp.*) форм томатов, устойчивых к прорастанию при пониженной температуре, привел к одновременно повышенному устойчивости к расе T₀ возбудителя фитофтороза, а 18% форм — и к специфической томатной расе T₁.

Большое значение для селекции будущих более адаптивных сортов сельскохозяйственных растений имеет выявление зависимости между устойчивостью к патогенам, абиотическим факторам среды и продуктивностью. Экспериментальные данные показали, что засухоустойчивый и продуктивный сорт томата для открытого грунта Колокольчик не реагирует на резкое понижение влажности почвы (45% ППВ), в то же время влаголюбивый тепличный образец *Maneymaker* дает в этих же условиях всего 32,2% урожая по сравнению с контрольным вариантом (80% ППВ). При заражении фузариозом засухоустойчивый сорт томатов Колокольчик не снижает урожай в оптимальных условиях и незначительно уменьшает в стрессовых. Реакция влаголюбивого сорта *Maneymaker* на заражение тем же патогеном резко отрицательная, продуктивность падает на 50%, индекс развития болезни составляет 55%.

Изучение различающихся по устойчивости к азоту и продуктивности сортообразцов А₂-99 и *Danische export* показало, что малоотзывчивый на удобрение А₂-99 слабо реагирует на 5-кратное увеличение дозы этого макроэлемента на естественном и инфекционном фонах. Оба образца одинаково индифферентны к увеличению дозы калия без заражения фузариозом и повышают продуктивность на 19—20% при увеличении ее в 5 раз на инфекционном фоне. Индекс раз-

вития болезни в данном случае малоинформативен: на индифферентном к азоту образце А₂-99 он невелик и малоизменчив (7,5—10%), но сорт резко (на 34%) снижает продуктивность по сравнению с контролем. В то же время у образца *Danische export* индексы развития к болезни особенно велики на фоне повышенных доз азота (60%). Однако и в этих условиях по продуктивности данный образец заметно превосходит устойчивый А₂-99.

Исследовали и влияние отбора на инфекционном фоне на устойчивость растений к абиотическим факторам среды и продуктивность. Полученные результаты свидетельствуют о том, что отбор на фитофтороустойчивость у томатов приводит к коррелированным реакциям по продуктивности и устойчивости к абиотическим факторам среды. Например, к хлоридному засолению более адаптивен восприимчивый к фитофторозу сортообразец Новинка Приднестровья. Его продуктивность в этих условиях достигает 84,2% от контроля, тогда как продуктивность сорта с горизонтальной устойчивостью к *Ph. infestans* — Нистру составляет 78%, а образца с вертикальной устойчивостью к расе T₀ *Ph. infestans* — всего 61%. Однако на дефицит влаги в почве (30% от ППВ) Нистру реагирует менее всего, его продуктивность составляет 71% от контроля, тогда как у Новинки Приднестровья — 38%, а у образца Оттава — 30—61%. Нистру отмечен как жаростойкий образец и в исследованиях по гаметной селекции. В то же время на последовательное внесение азотных удобрений более отзывчив сорт Новинка Приднестровья, при трех дозах азота его урожай составляет 112% от контроля. У изученных фитофтороустойчивых образцов в этом случае продуктивность несколько уменьшается.

Представляют интерес исследования аналогичного плана на линиях томата, различающихся по генам, контролирующим устойчивость к вирусу табачной мозаики. Восприимчивый сорт — Тепличный 200 без заражения вирусами и в условиях дефицита влаги более продуктивен. На повышенные в 5 раз дозы минерального питания этот образец менее отзывчив, чем устойчивые генотипы. При

заражении ВТМ,0 и в особенности ВТМ,0+ХВК во всех вариантах на устойчивых генотипах продуктивность увеличивалась на 52—78%, а на восприимчивом уменьшилась более чем в 2 раза.

Таким образом, анализ экспериментальных материалов последних лет показал, что существует тесная взаимосвязь и взаимодействие устойчивости к патогенам и абиотическим факторам среды. Отбор на комплексную устойчивость к биотическим и абиотическим факторам среды дает наиболее адаптивные образцы. Направленность отбора на устойчивость только к одному фактору снижает долговременность этого признака. Поэтому чередование фонов отбора (инфекционного и абиотического), гибридизация форм, различающихся по типам устойчивости, а также использование гаметной селекции на устойчивость к нерегулируемым факторам среды на инфекционных фонах позволяют создавать адаптивные сорта сельскохозяйственных растений.

Конечно, в селекционной программе план исследований должен быть конкретизирован с учетом экономики возделывания сорта, культуры, длительности вегетационного периода сорта, скорости дивергенции популяции паразита, его паразитической активности. Например, при селекции устойчивых к вирусным болезням сортов, очевидно, необходимо учитывать эффект интерференции, а возможно, и расширение адаптивной способности растений за счет интеграции вирусного и растительного геномов. Устойчивые к фузариозу скороспелые сорта сон должны быть одновременно холо-

достойными, в то же время для позднеспелых сортов предпочтительнее устойчивость к жаре.

Нами рассмотрены некоторые новые подходы к стратегии адаптивной селекции с учетом будущего развития сельскохозяйственного производства, необходимости снижения его энергоемкости и увеличения природоохранности. Они обеспечивают возможность более полного использования генетического потенциала культурных растений и их диких сородичей для решения кардинальной проблемы современной селекции — повышения адаптивности растениеводства. Полученные результаты свидетельствуют о том, что на современном этапе адаптивный потенциал растений реально и значительно может быть увеличен за счет создания качественно новых форм при индуцировании генетических рекомбинаций, сохранении рекомбинантных гамет и зигот, повышении эффективности процесса выделения искомым генотипов в расщепляющихся поколениях межвидовых гибридов с помощью маркерных, электрофоретических и других способов и системы фоновых оценок. Новые методы, созданные на основе изучения фундаментальных проблем индуцированного рекомбиногенеза, элиминации гамет и зигот на различных этапах репродуктивного развития, изучения взаимосвязи и взаимодействия устойчивости растений к патогенам и абиотическим факторам среды, могут использоваться уже в настоящее время и далее развиваться в практической селекции.

Поступила 15.IV 1983

С. И. ТОМА, М. Д. КУШНИРЕНКО, Г. Т. БАЛМУШ, Д. П. ПОПА

ПУТИ ЭКЗОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ АДАПТИВНОСТИ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

Для реализации Продовольственной программы современное сельское хозяйство выдвигает на передний план решение такой важной проблемы, как обеспечение стабильности высоких урожаев хорошего качества. Проблема очень сложная, так как требует

совмещения положительной корреляции между потенциальной продуктивностью, качеством получаемого урожая и экологической устойчивостью растений (Жученко, 1980).

Чтобы добиться взаимосвязи этих показателей необходимо проводить

детальное изучение физиологических функций, метаболизма растений в условиях экологического стресса (засуха, экстремальные условия увлажнения и температуры, их колебания), раскрытие характера репарационных процессов после устранения повреждающих факторов, а также природы защитноприспособительных реакций.

В современных условиях, когда стало возможным применение высоких доз удобрений, выявлено, что их роль в повышении урожайности не беспредельна, а грубые нарушения в технологии внесения (сроки, дозы, сочетания) приводят даже к снижению урожая. Так, в полевом опыте, проведенном в Болгарии, вызвали появление симптомов пожелтения листьев подсолнечника путем внесения возрастающих доз аммиачной селитры (NO_3-640) и испытывали возможность предотвращения заболевания внесением P_{160} и обработкой семян молибденом на фоне K_{120} . На основании опытов авторы [22] пришли к выводу, что причиной заболевания является взаимодействие между кислотностью почвы и аммиачной селитрой. Это обусловило токсическое действие марганца и других микроэлементов на растения. Роль молибдена в предотвращении указанного заболевания объясняется подавлением токсической гиперфункции марганца путем регулирования окислительно-восстановительного равновесия в метаболизме растений [22].

Поступление минеральных удобрений в растения и включение в метаболизм определяется условиями их произрастания. Под влиянием неблагоприятных внешних факторов (засоление, засуха, высокие и низкие температуры и др.) происходят нарушения в структуре, метаболизме и физиологических функциях растений, что в конечном счете приводит к значительному снижению их продуктивности.

При засолении отмечено увеличение концентрации ионов в тканях растений [23], снижение функциональной активности фотосинтетического аппарата, изменение его структуры [9].

Обезвоживание при снижении температуры до отрицательной и ее повы-

шению до предельных уровней также приводит к изменению концентрации ионов в растениях [20]. Многими авторами отмечено в этих же условиях снижение активности и подвижности воды и увеличение абсолютных значений осмотического и водного потенциалов в клетке. Сохранение осмотического равновесия в клетке является важнейшим условием ее нормального функционирования [18].

При низких температурах почв (в пределах $3-4^\circ$) растения в значительной мере теряют способность поглощать фосфор [8], а если погода еще и пасмурная, то они плохо усваивают калий, особенно нужный им в данных условиях. Поэтому регулированием минерального питания (на 1 дозу азота вносят 2-3 дозы фосфора и 1,5-2 дозы калия) можно значительно повысить эффективность использования органических ресурсов тепла.

Большую роль в повышении устойчивости растений к низким и высоким температурам играет применение микроэлементов, которые, увеличивая содержание углеводов в растениях, способствуют повышению их адаптивного потенциала [3-5, 24].

Показано [12], что в период воздействия повышенных температур в листьях роз происходит накопление растворимых углеводов, которые при более продолжительном воздействии подвергаются окислительным превращениям, что обусловлено увеличением энергетических затрат в системе защитно-адаптационных процессов, и поддержание активной жизнедеятельности растений.

Микроудобрения могут оказывать положительное влияние и на репарационные процессы. Так, пострадавшие от мороза виноградники необходимо опрыскивать раствором микроэлементов в начале вегетации [25]. Рекомендуется применение внекорневых подкормок виноградников во всех стрессовых ситуациях, и при наличии явного или латентного недостатка элементов питания [27].

Сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами повышает устойчивость их не только к засухе, пониженным и высоким температурам, но и к различным заболе-

ваниям. При этом особенно велика роль фосфора и калия.

Обработка виноградных насаждений растворами микроэлементов повышает устойчивость растений к холоду [11].

Особого внимания заслуживает возможность преодоления с помощью микроэлементов «потолка» действия НРК-удобрений на урожай и качество важнейших культур [6].

Отмеченное особенно важно, так как при высоком уровне урожайности наблюдается отрицательная корреляция между величиной урожая и качеством продукции [1, 10, 13, 16, 21]. Однако Коданев [7] приводит данные, когда из семи лет полевых исследований в одном году наблюдалась прямая корреляция между этими показателями. Это было вызвано тем, что в этом году пшеницу высевали на поле, где в предыдущие три года было внесено 40 т/га навоза $+N_{165}P_{165}K_{165}$ и один год высевали вику на зерно, что положительно сказалось на балансе азота почвы и обусловило повышение урожайности с одновременным повышением белковости зерна.

Таким образом, анализ литературных данных показывает, что регулируя формы, дозы, соотношения и сроки внесения макро- и микроудобрений, учитывая их физиологическую роль при неблагоприятных условиях, можно изменить обмен веществ в растениях. Это будет способствовать усилению деятельности корневой системы и листового аппарата, улучшению общей оводненности листьев, повышению степени гидратации хлоропластов, продуктивности транспирации, активизации ферментных систем с целью повышения адаптивного потенциала и продуктивности растений.

Для поддержания необходимого уровня жизнедеятельности культурных растений в агрофитоценозе успешно используются физиологически активные вещества, в том числе синтетические регуляторы роста. Воздействуя этими химическими средствами на механизмы развития растений, можно добиться более полной утилизации ими естественных и искусственных энергоресурсов, активизировать приспособи-

тельные реакции организма растений к неблагоприятным факторам внешней среды, таким как засуха, переувлажнение, экстремальные температуры и др., а следовательно, обеспечить получение устойчивых стабильных урожаев в любых погодных условиях.

Современная химия обладает достаточно большим арсеналом рострегулирующих веществ, однако на практике используются лишь немногие из них. Это связано с низкой рентабельностью многих препаратов, высокой токсичностью, вызываемыми побочными эффектами и другими причинами. Кроме того, синтетические регуляторы роста обладают более или менее ограниченным спектром действия, они часто оказываются активными лишь для определенных видов или сортов растений, что объясняется механизмами их действия, затрагивающими ферменты, нуклеиновые кислоты и другие специфические системы метаболизма [19].

Поэтому поиск новых высокоэффективных веществ, обеспечивающих более полную реализацию адаптивного потенциала культивируемых растений, остается главной стратегической задачей химиков и физиологов, работающих в этой области. Вероятно, в перспективе целесообразно говорить о создании и введении в систему возделывания наиболее важных культур «своих» синтетических регуляторов, обеспечивающих возможность управления процессами развития в онтогенезе данного растения в зависимости от условий его произрастания.

В настоящее время наиболее полезными и перспективными регуляторами роста являются ретарданты — вещества, тормозящие рост растений главным образом за счет замедления процесса растяжения и деления клеток субапикальной меристемы [17]. С химической точки зрения это соединения, содержащие в молекулах положительно заряженный атом или способные легко превращаться в подобные формы, оказывающие влияние на энергетику клетки. Это в основном ряд четвертичных аммониевых и фосфониевых соединений, производных гидразина и др.

Сдерживая вегетативный рост, ретарданты способствуют перераспреде-

лению энергии растения, направляя ее на более интенсивное формирование определенных органов или признаков организма. Они вызывают укорачивание и утолщение стебля, способствуют росту корневой системы, улучшают закладку цветочных почек, способствуют оттоку ассимилятов в репродуктивные и запасные органы, что в конечном счете ведет к повышению экологической устойчивости растений, повышению полезного урожая и улучшению его качества.

Среди известных ретардантов, нашедших применение в современном растениеводстве, можно отметить хлорохлорид (ССС, тур), используемый против полегания озимой пшеницы и ржи, диметилгидразид янтарной кислоты (алар, ДЯК), применяемый в садоводстве, морфол, который в отличие от ССС является активным на ячмене и хлопчатнике, анцимидол и фосфоны, эффективные на цветочных культурах и некоторые другие препараты [15, 17].

В Институте химии АН МССР синтезированы и проходят испытания новые четвертичные аммониевые соединения, значительно превышающие по своей ретардантной активности такие эталоны, как тур и алар. Их действие детально изучается на ряде овощных, плодовых и полевых культур, возделываемых в республике.

В адаптивной системе ведения растениеводства большое значение приобретают физиологически активные вещества, влияющие на водный обмен растений. Они способствуют повышению устойчивости их к засухе за счет снижения интенсивности транспирации или перераспределения водного баланса (антитранспираты), или увеличивают их сопротивляемость к действию высоких и низких температур (протекторы), не снижая при этом интенсивности фотосинтеза. Применением этих веществ можно предохранить растения в сухую погоду от излишней потери влаги, сократить расход воды на полив, улучшить приживаемость рассады, уменьшить поражаемость посевов озимых и садов морозами, что в целом положительно скажется на продуктивности растений даже в самых неблагоприятных условиях их выращивания.

В настоящее время пока нет эффективных препаратов этого типа для широкого пользования. Можно упомянуть лишь некоторые производные пиридазона, которые уменьшают транспирацию растений кукурузы и проса, повышая их засухоустойчивость [14]. В некоторых случаях удастся несколько повысить устойчивость отдельных видов растений к дефициту влаги действием ретардантов [17]. Однако известные препараты малоэффективны в этом плане и обладают очень узким спектром действия. Обнадеживают данные по антитранспиратам гормонального действия, синтезированным в Институте химии АН МССР. Они значительно снижают потерю влаги растениями, сохраняя при этом высокую продуктивность многих культур.

В перспективе исключительный практический интерес представляют синергисты фитогормонов. Эти вещества непосредственно не участвуют в регуляции физиологических процессов, но усиливают действие природных, эндогенных регуляторов, активизируют деятельность фитогормонов в процессах развития. Механизм такой активации в деталях еще не ясен, но известно, что каждому фитогормону соответствуют свои синергисты. Иногда в роли таких веществ выступают микроэлементы, многие соли металлов, удобрения или другие фитогормоны.

Исследования последних лет показали, что синергистами гиббереллинов являются некоторые синтетические производные изомочевины и изотиомочевины [26]. Это открывает новые практические возможности: недостаток гормона, возникший при неблагоприятных условиях развития растений, или потеря его активности могут быть «возмещены» путем активации имеющегося его количества в клетках.

Таким образом, можно избежать непосредственного химического воздействия на растение искусственным регулятором, заменив его синергистами, усилив естественные процессы обмена. Синергисты могут найти применение и как добавки к экзогенно применяемым препаратам, повышая их качество.

Большие возможности современной химии позволяют сегодня получить регуляторы самого разнообразного назначения, способствующие получению устойчивых урожаев в любых условиях возделывания культур.

По мере накопления практического опыта и данных об эффективности и свойствах регуляторов роста будет обновляться и пополняться ассортимент препаратов, на смену устаревшим малоэффективным для данных конкретных условий должны прийти новые соединения избирательного действия.

Институт физиологии и биохимии растений АН МССР проводит фундаментальные и прикладные исследования, направленные на раскрытие физиолого-биохимических механизмов экзогенного регулирования адаптивного потенциала основных сельскохозяйственных культур. Большое внимание уделяется выявлению путей управления эндогенными процессами, установлению влияния на растения удобрений, орошения, физиологически активных веществ с целью разработки путей управления ростом, развитием, продуктивностью и устойчивостью растений, устранения отрицательного воздействия экзогенных экстремальных факторов в условиях промышленных технологий их возделывания.

Сотрудники лаборатории роста и развития растений уделяли большое внимание выявлению путей управления эндогенными процессами, установлению влияния на растения физиологически активных веществ с целью разработки способов управления ростом и развитием, а также и продуктивностью растений, устранения отрицательного воздействия экстремальных факторов в условиях промышленных технологий возделывания растений.

Выявлено, что соотношение различных классов фитогормонов в листьях яблони значительно зависит от фазы онтогенеза, функции листа, сортовых особенностей и др. Эти факторы обуславливают большие изменения в качественном и количественном составе ауксинов и ингибиторов роста.

В условиях межколхозного предприятия по производству плодов «Памяти Ильича» (Слободзейский район), установлено, что обработка де-

ревьев яблони сортов Велспур и Мантуанское растворами β -нафтоксикусусной кислоты (БНОК) и некоторыми препаратами, синтезированными в Институте химии АН МССР, оказывают положительное влияние на завязываемость плодов, снижают предуборочное их опадение, повышают среднюю массу одного плода. Прибавка урожая составила около 30%.

Обработка деревьев яблони сортов Банан зимний, Слава победителям, Старкримсон и Рихард делишес ретардантами — производными янтарной кислоты — аларом и его аналогами, полученными также в Институте химии АН МССР, показала эффективность действия данных препаратов на закладку цветочных почек. Выявлены сортовые различия на действие данных соединений. Прибавка урожая от применяемых регуляторов роста по сравнению с контролем составила около 35% в зависимости от сорта.

Выявлено, что более устойчивыми к проявлению хлороза оказались подвой слаборослого клона яблони М26 на серой лесной почве при двух уровнях карбонатности почвы.

Исследования лаборатории питания растений направлены на изучение влияния макро- и микроэлементов и новых видов органических удобрений на физиолого-биохимические процессы в растениях, а также агрохимические изменения в почве с целью повышения адаптивной способности и продуктивности растений.

Изучая влияние внекорневых подкормок микроэлементами марганца, цинка, бора и молибдена на нитратредуктазную активность листьев сахарной свеклы выявлено, что активность фермента под влиянием микроэлементов в оптимальных условиях увлажнения (80% от ППВ) выше, чем при стрессовых условиях увлажнения (35% от ППВ) (табл. 1).

Внекорневые подкормки бором (H_3BO_3 — 0,05%) и в особенности молибденом $(NH_4)_2MoO_4$ — 0,025% способствовали поддержанию на более высоком уровне активности нитратредуктазы по сравнению с контролем (опрыскивание водой). Активность АТФ-азы при недостатке влаги выше только в листьях растений, обработанных 0,025% молибденовокислым ammo-

Таблица 1. Влияние внекорневых подкормок микроэлементами на активность нитратредуктазы и АТФ-азы в листьях сахарной свеклы в зависимости от увлажнения

Вариант	Активность нитратредуктазы, ммоль NO ₂ ⁻ сырого вещества		Активность АТФ-азы, мкг Р _{ii} /г сырого вещества	
	80 % ППВ	35 % ППВ	80 % ППВ	35 % ППВ
Контроль	209,6±0,76	176,6±4,64	56,39±1,17	60,53±1,85
N ₃ P ₃ K ₃	240,0±2,19	176,6±7,09	64,26±1,55	54,71±1,71
N ₃ P ₃ K ₃ +Mn	341,3±5,07	211,8±8,90	66,35±1,13	71,78±4,96
N ₃ P ₃ K ₃ +Mo	248,1±6,00	196,5±8,06	64,42±2,08	52,19±2,15
N ₃ P ₃ K ₃ +B	225,6±5,30	172,2±9,00	66,70±3,19	43,48±1,77
N ₃ P ₃ K ₃ +Zn				

нием. Возможно, что некоторое снижение активности АТФ-азы в листьях по сравнению с контролем при стрессовых условиях увлажнения под влиянием микроэлементов (за исключением обработки растений молибденовокислым аммонием) связано с более эффективным использованием энергии АТФ в синтетических процессах. Все микроэлементы при стрессовых условиях увлажнения способствовали повышению средней массы одного корнеплода.

Так, под влиянием молибденовокислого аммония средняя масса одного корнеплода повысилась на 21,1%, под действием сернокислого цинка — на 16,7% и борной кислоты — на 13,3% (средняя масса одного корнеплода в контрольном варианте 1,5 кг). Внесенные микроэлементы как при оптимальном обеспечении растений влагой, так и при стрессовых условиях увлажнения способствовали повышению сахаристости корнеплодов. При этом наибольший положительный эффект оказал бор: содержание сахара в корнеплодах в этом варианте по сравнению с контролем повысилось на 1,88% и составило 17,47.

Исследования по внекорневой подкормке озимой пшеницы [2] показали (табл. 2), что для получения стабильного высококачественного урожая зерна необходимо проводить двукратную внекорневую подкормку мочевиной в сочетании с микроэлементами (бор, медь, цинк).

Изучение роли микроэлементов в повышении адаптивной способности винограда показало, что предпосадочное внесение микроудобрений оказывает положительное влияние на зимостойкость саженцев винограда, изменяя углеводный обмен, концентрацию

элементов питания в органах растений и улучшая рост и вызревание побегов.

При исследовании причин проявления хлороза виноградных растений в Молдавии выявлено, что опрыскивание насаждений солями микроэлементов марганца и цинка до цветения предупреждает хлороз, в связи с чем улучшается работа фотосинтетического аппарата растений. Под влиянием этих микроэлементов снижается степень повреждения винограда серой гнилью. Эффективность внекорневых подкормок микроэлементами выше в экстремальных условиях произрастания растений. Аналогичный эффект оказал и специально синтезированный в Институте химии АН МССР препарат для профилактики и лечения хлороза.

В опытах с соей впервые для условий Молдавии показано, что применение микроудобрений, содержащих цинк, медь и марганец является надежным приемом повышения урожайности и улучшения качества этой

Таблица 2. Эффективность двукратной внекорневой подкормки озимой пшеницы микроудобрениями в сочетании с мочевиной

Вариант опыта	"Сырая" клейковина, %		"Сырой" белок, %		Урожай, ц/га	
	среднее	прибавка	среднее	прибавка	среднее	прибавка
Мочевина (контроль)	27,8	—	13,38	—	29,6	—
Мочевина + бор	31,3	3,5	14,23	0,85	30,1	0,5
Мочевина + медь	31,8	4,0	14,42	1,04	29,7	0,1
Мочевина + цинк	31,8	4,0	14,06	0,68	32,9	3,3

Примечание. Опыты проводили в совхозе-техникуме им. Г. И. Котовского Оргеевского района, 1978—1980 гг.

культуры. Наиболее эффективным оказалось двойное (марганец+цинк) и тройное (марганец+цинк+медь) сочетание элементов, обеспечивающих получение прибавки урожая семян в размере 3,4—3,8 ц/га. Под влиянием этих микроэлементов увеличилось содержание белка и аминокислот, в том числе и незаменимых: лизина, валина, лейцина, изолейцина.

При разработке физиологических и агрохимических основ применения новых видов органических удобрений под озимую пшеницу выявлено, что внесение НРК на фоне органики поддерживает на высоком уровне фотосинтетическую активность до молочной спелости. Установлены оптимальные дозы новых органических удобрений в комплексе с минеральными: 1) под озимую пшеницу — 400 м³/га бесподстилочного навоза +P₉₀; 2) под кукурузу — твердая фракция бесподстилочного навоза 40 т/га+N₆₀P₉₀K₆₀.

Исследования по водному обмену, адаптации и устойчивости к засухе и жаре, физиологии орошаемых плодовых и других культур, а также по разработке и применению в производстве способов и приемов, повышающих засухо- и жароустойчивость, и методов диагностики, проводились в лаборатории устойчивости и водного режима растений.

Выявлена различная природа адаптации к засухе у плодовых растений. У них имеется определенное сходство с растениями засушливых местобитаний. Установлены типы адаптации к засухе. При изучении устойчивости к засухе было показано, что засухоустойчивые растения при водном стрессе характеризуются относительной стабильностью структурных белков и углеводов, снижением активности воды при сравнительно постоянном ее уровне, большей изменчивостью низкомолекулярных углеводов и растворимых белков, накоплением пролина, аланина, аспарагиновой кислоты, что рассматривается как адаптивные реакции. У неустойчивых растений в период засухи происходил распад сложных белков и углеводов и увеличивалось количество амидов — вплоть до появления аммиака.

Впервые установлена роль хлоропластов в засухоустойчивости. Выяс-

нено, что в хлоропластах листьев, адаптированных к засухе растений, при водном дефиците наблюдается большая стабильность воды, повышается содержание белков, увеличивается число компонентов легкорастворимых белков. При их электрофорезе в полиакриламидном геле меньше изменяются труднорастворимые белки. Высказано предположение о регуляторной роли хлоропластов в водном режиме листа, что подтверждается и данными по водному обмену хлоропластов устьиц.

На основании результатов исследований по раскрытию отдельных механизмов адаптации и устойчивости растений к засухе и жаре разработаны и защищены авторскими свидетельствами методы диагностики засухо- и жароустойчивости по состоянию пигмент-белковых комплексов, характеру изменения водоудерживающих сил по электрическому сопротивлению тканей листьев (А.С. СССР № 512736; 615417, 858677). Эти методы внедряются в ряде научно-производственных объединений республики и страны. Дана оценка засухоустойчивости сортов и перспективных форм плодовых культур, пшеницы, гибридов кукурузы. Эти работы выполняются совместно с НПО «Кодру» и «Гибрид».

В связи с широким развитием орошаемого земледелия в республике разрабатывались физиологические основы орошения плодовых культур в интенсивных садах промышленного типа. Изучен водный обмен и метаболизм растений в зависимости от влажности и системы содержания почвы. Выявлена неодинаковая физиологическая реакция сортов яблони на полив. Показано, что плодовые растения адаптируются к орошению и повреждаются засухой в межполивной период в большей степени, чем те, которые выращиваются в неорошаемых условиях.

Культура винограда занимает одно из ведущих мест в сельском хозяйстве Молдавской ССР. Виноград — весьма пластичное растение, в сильной степени реагирующее на условия произрастания, однако его адаптивные возможности к отрицательным температурам ограничены довольно узким интервалом. Температура явля-

ется одним из основных лимитирующих факторов, определяющих ареал культуры винограда, и оказывает существенное влияние на способы его возделывания.

Исследования морозо- и зимостойкости виноградных растений в условиях Молдавии позволили выявить основные причины их повреждения и вымерзания, а также сортовые различия в устойчивости.

Было установлено, что развитие морозоустойчивости винограда происходит ступенчато с постепенным уменьшением необходимой продолжительности воздействия пониженных температур. Выявлено, что глубина и продолжительность органического покоя, формирование и физиологическое вызревание тканей лозы зависит от условий вегетации (и технологии возделывания) и влияет на закаливание виноградных растений к низким температурам, на их морозоустойчивость.

Установлен характер водного, углеводного, белкового, фосфорного, липидного метаболизма, содержания экзогенных факторов, определяющих морозостойкость растений. Обнаружен ряд компонентов в электрофоретическом спектре легкорастворимых белков, а также липидов виноградной лозы, характерных для морозостойкого состояния. Выявлены приспособительные признаки на клеточном и тканевом уровнях. Дана характеристика повреждений тканей лозы различных сортов низкими температурами и их регенерационной способности при оптимизации условий. Установлено положительное влияние высокой интенсивности света в период закалки-консервации на регенерационную способность прививочных компонентов и формирование проводящей системы. Предложена характеристика морозостойкости ряда интродуцируемых сортов и форм винограда, а также методика диагностики морозостойкости винограда и плодовых растений.

Внекорневая подкормка бором и смеси с другими элементами питания для повышения морозостойкости и качества ягод и урожая виноградной лозы внедряется в производство.

Исследования лаборатории агроэкологической физиологии растений связаны с изучением физиологической

природы морозостойкости и изменчивости этого свойства под влиянием микроклиматических и экологических факторов отдельных зон, микрорайонов, хозяйств.

Дана характеристика зимостойкости более 30 сортов винограда в условиях пересеченного рельефа.

Получены данные по экзогенной регуляции ростовых процессов, продуктивности и зимостойкости винограда в условиях пересеченного рельефа путем оптимизации минерального питания, а также обработки насаждений ретардантом тур, который по предварительным результатам повышает урожайность на 5—10% и сахаристость на 1,5—2%.

Таким образом, для успешной реализации Продовольственной программы и улучшения снабжения трудящихся сельскохозяйственными продуктами важную роль должны сыграть фундаментальные исследования Института физиологии и биохимии растений АН МССР в области адаптации растений к экстремальным условиям и Института химии АН МССР в области синтеза биологически активных веществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Ю. В. Качество растениеводческой продукции. Л.: Колос, Ленинград. отд., 1978, с. 254.
2. Баранина И. И., Тома С. И., Унку И. М., Ващенко Р. Г. — В кн.: Вопросы физиологии пшеницы. Кишинев: Штиинца, 1981, с. 90—95.
3. Васильева И. М., Лебедева Л. А. — В кн.: Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. Киев: Наукова думка, 1963, с. 171—176.
4. Володько Н. К., Школьник М. К. — Физиол. и биохим. культ. растений, 1981, 13, № 4, с. 374—381.
5. Гирфанов В. К., Володько М. М., Файзуллин А. Д., Савко В. Г. — Физиол. и биохим. культ. растений, 1978, 10, № 4, с. 375—382.
6. Дубиковский Г. П. — Агрохимия, 1980, № 10, с. 121—125.
7. Коданев Н. М. Повышение качества зерна. М.: Колос, 1976, с. 304.
8. Коровин А. И. Роль температуры в минеральном питании растений. Л.: Гидрометиздат, 1972, с. 282.
9. Лапина Л. П., Попов Б. А. — Физиол. раст., 1971, 18, № 2, с. 409—414.
10. Минеев В. Г. — Удобрение озимой пшеницы. М.: Колос, 1973, с. 207.
11. Накодзе Н. А. Почвенные условия и хлороз виноградной лозы в Грузии. Автореф. докт. дис. Тбилиси, 1980.

12. Носоненко Н. А. — Физиол. и биохим. культ. растений, 1981, 13, № 15, с. 536—539.
13. Павлов А. Н. Накопление белка в зерне пшеницы и кукурузы. М.: Наука, 1967, с. 338.
14. Пат. ФРГ. № 2805878 (1979). РЖХим., 140352П (1980).
15. Попа Д. П., Кример М. З., Кучкова К. И. и др. Применение регуляторов роста в растениеводстве. Кишинев: Штиинца, 1981.
16. Ремесло В. Н. — Науч. тр. ВАСХНИЛ. Селекция и сортовая агротехника озимой пшеницы. М.: Колос, 1979, с. 8—19.
17. Регуляторы роста растений / Под ред. Г. С. Муромцева. М.: Колос, 1979, с. 157—167.
18. Ригель Дж. Энергия, жизнь и организм. М.: Мир, 1967, 168.
19. Рост растений: Первичные механизмы / Под ред. В. И. Кефели. М.: Наука, 1978.

20. Самыгин Г. А. Причины вымерзания растений. М.: Наука, 1974, с. 192.
21. Созинов А. А. — Науч. тр. ВАСХНИЛ. Селекция и сортовая агротехника озимой пшеницы. М.: Колос, 1979, с. 42—46.
22. Стоиленов С. — Почвоведение агрохимия, 1978, 13, № 2, 78—86.
23. Удовенко Г. В. Солеустойчивость культурных растений. Л.: Колос, 1977, с. 216.
24. Школьник М. Я. — Тр. Ботан. Ин-та АН СССР, сер. IV. Экспериментальная ботаника, 1955, 10, с. 228.
25. Becker T. — Dt. Weinbau, 1979, 34, N 18, S. 1040—1041.
26. Ogawa F., Ogamada K., Matsui T. et al. — Phytochemistry, 1976, 15, N 12, p. 1829—1835.
27. Rasp H. — Blattdüngung für, Dt. Weinbau, 1979, 34, 18, S. 1037—1039.

Поступила 12.IV 1983

Ф. И. ФУРДУИ, Е. И. ШТИРБУ, С. Х. ХАЙДАРЛИУ,
В. В. КРАКАТИЦА, А. И. НАДВОДНИК, В. П. ФЕДОРЯКА,
Л. П. МАРИН, М. А. ТИМОШКО, В. П. ТОНКОГЛАС, С. Е. КИЛИМАР

ПРОБЛЕМА АДАПТАЦИИ И ПРОМЫШЛЕННОЕ ЖИВОТНОВОДСТВО

Продовольственная программа СССР предусматривает значительное увеличение производства продукции животноводческих ферм и комплексов. Реализация этих планов возможна только при ведении животноводства на промышленной основе. Для этого повсеместно в сельском хозяйстве осуществляется процесс специализации и концентрации отраслей животноводства и постепенный перевод производства продуктов животноводства на промышленную основу. Это создает организационные и технические возможности для комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, применения рациональной промышленной технологии, внедрения достижений науки и техники и тем самым для существенного повышения производительности труда и снижения себестоимости продукции.

Опыт Молдавской ССР и других республик по переводу животноводства на промышленную основу показал, что на крупных предприятиях по производству говядины, свинины, мяса птицы, молока можно достичь высоких показателей. Так, на свиноводческих промышленных комплексах среднесуточный прирост массы животных в 1,5 раза выше, а расход кормов на единицу продукции почти в 2 раза ниже,

чем на фермах совхозов. Расход кормов в комплексах по производству молока снизился на 10%, а производительность труда возросла на 30% по сравнению с совхозными фермами.

Анализ работы специализированных промышленных комплексов показывает, что им принадлежит будущее. Вместе с тем новая промышленная технология содержания животных несет в себе целый ряд новых проблем. В частности, она не позволяет массово использовать потенциальные возможности организма сельскохозяйственных животных, о чем свидетельствуют результаты сравнения показателей продуктивности животных-рекордистов и животных, содержащихся в условиях современной технологии ведения животноводства. Практика показывает, что в условиях индустриализации производства невозможен индивидуальный подход к животным. В связи с этим часть их не может в полной мере адаптироваться к промышленной технологии, в результате чего потенциальная продуктивность и воспроизводительные возможности реализуются не полностью.

Анализ данных о молочной продуктивности скота по стране за последние две пятилетки показывает, что средний годовой удой от одной коровы во

всех категориях хозяйств с 1970 г. почти не изменился, сохраняется на уровне 2100—2200 кг. При этом надо иметь в виду, что за эти же годы значительно улучшился породный состав стад в стране и увеличилась доля концентратов в кормовых рационах.

Низкие удои обычно связывают с недостатком кормов. Однако если сопоставить объем валового сбора кормовых культур в целом по стране на одну корову со средним удоем при учете общего поголовья молочных коров, видно, что наивысший средний удой не соответствует наивысшему валовому сбору кормовых культур. Наибольшее производство продукции кормовых культур имело место в 1976 и 1980 гг. (соответственно 458,2 и 455,6 млн. т.), а средняя молочная продуктивность коров в эти годы была наименьшей (соответственно 2179 и 2143 кг). В 1979 г. собрано наименьшее количество кормовых культур (402,8 млн. т., что на 42,8 млн. т. меньше, чем в 1980 г.), а средний удой был 2207 кг на корову, т. е. на 64 кг больше, чем в 1980 г.

Причина того, что в условиях современной технологии ведения животноводства массово не проявляются потенциальные продуктивные возможности организма сельскохозяйственных животных, заключается не только в кормовой базе, но и в перенапряжении функций отдельных органов и систем животных, приводящем к развитию стресса [1—3]. Одновременно промышленная технология ведения животноводства вызывает заболевания, ранее редко встречавшиеся в ветеринарной практике (кетоз, гиперкетоз рубца, язва желудка и кишечника, острое расстройство пищеварения, инфаркт миокарда, остеодистрофия и др.). Под воздействием стресс-факторов промышленных комплексов (скученность, перегруппировка, сквозняки, экстремальные температуры, недостаточность кормления, шум и др.) повышается восприимчивость животных к относительно авирулентным микроорганизмам. Эти же стресс-факторы играют значительную роль в этиологии трансмиссивного гастроэнтерита, болезни Ньюкасла и Марека, транспортной лихорадки и др.

Современные методы ведения промышленного животноводства включают такие способы содержания животных, которые вступили в противоречие с их естественными физиологическими особенностями, сложившимися в ходе эволюции. Так, в естественных условиях животные добывали пищу, воду, оборонялись и убежали от опасности и т. д. благодаря активности двигательного аппарата, теперь же — в промышленных комплексах — фактически отпали многие биологические мотивации движений. В своем историческом развитии животные приспособились к такому типу кормления, при котором состав пищи и ее консистенция изменялись в зависимости от времени года, климатических и других условий. Само по себе кормление было продолжительным, поскольку оно обязательно включало выпас на пастбище.

В современных животноводческих комплексах не только выпадает один из компонентов эволюционно сложившегося кормления — пищедобывание, но кроме того, состав и консистенция готовых кормов почти одинаковы, и они быстро поедаются животными. Если при этом учесть изменение условий воспроизводства, микроклимата, формирование неестественно больших групп животных, малый фронт кормления, перегруппировку при комплектовании производственных групп, ранний отъем поросят и телят и др., то станет понятным, насколько остра проблема стресса в промышленном животноводстве. Только от стресса, вызванного, например, транспортировкой свиней на мясокомбинат, в ФРГ убытки достигают 500 млн. марок в год, а потери от транспортировки скота в США составляют более 20 долларов на голову.

Ежегодные убытки вследствие проявления у свиней стрессового синдрома составляют в США более 300 млн. долларов, а в Великобритании — около 1 млн. фунтов стерлингов. Нет сомнений в том, что убытки, наносимые стрессом сегодня в условиях промышленного животноводства, превосходят ущерб от инфекционных и инвазионных заболеваний.

Между тем, проблемам стресса и адаптации в животноводстве еще уде-

ляется неоправданно мало внимания, о чем свидетельствует, в частности, малочисленность докладов по данной тематике, представляемых на всесоюзные симпозиумы по стрессу, организуемые Институтом зоологии и физиологии АН МССР с 1973 г.

Особенно сильно дадут о себе знать отрицательные последствия стресса при переводе животноводства на интенсивные методы ведения, когда преобладающими заболеваниями сельскохозяйственных животных станут вызванные им функциональные болезни. Уже сейчас на фоне значительного сокращения потерь животноводства от инфекционных и инвазионных заболеваний заметен ущерб от незаразных болезней, на долю которых приходится 96—98% заболеваний животных. Следовательно, стрессовые факторы, неизбежно сопутствующие современному промышленному животноводству, являются одним из основных препятствий на пути дальнейшего повышения эффективности индустриального животноводства.

Острота проблемы адаптации в промышленном животноводстве и необходимость повышения адаптивного потенциала сельскохозяйственных животных возрастают в связи с высокой энергоемкостью промышленного животноводства, так как расчеты энергозатрат показывают, что для получения одной пищевой калории в условиях промышленного животноводства необходимо затратить пять калорий.

Анализ имеющихся научных данных; как и практика эксплуатации промышленных комплексов, выявил настоятельную необходимость изменения многих компонентов существующих технологий. Установлено, что при оптимальном обеспечении кормами только за счет недостаточного соответствия технологии физиологическим особенностям животных разница их продуктивности в пределах даже одной популяции достигает 20—40%.

Совершенствование технологии, на наш взгляд, следует вести с учетом биологических особенностей животных, сложившихся и закрепленных в процессе эволюции под влиянием конкретных экологических условий среды. На протяжении жизненного цикла

сельскохозяйственных животных происходят определенные сдвиги физиологического состояния организма, период роста сменяется продуктивным периодом, при этом в зависимости от возраста и конечной цели выращивания максимальная интенсивность деятельности наблюдается в различных системах организма.

Наиболее полной реализации возможностей каждой системы можно добиться лишь при целенаправленном варьировании экологических факторов, которые становятся экзогенными стимуляторами более полного развития и раннего созревания соответствующих систем. Внешние факторы и активация неспецифических систем организма могут воздействовать на генетический аппарат клеток и приводить к инициации синтеза специфических белков-ферментов, лимитирующих процессы созревания или определяющих направленность и характер метаболических реакций.

В процессе эволюции возникли и генетически закрепились суточные, месячные и окологодные биоритмы, которые столь же сложны и важны для жизни, как и пространственная структура организма. Нарушение ритма жизненных процессов приводит к заболеваниям животных и даже к летальному исходу. В зависимости от периодов биологических ритмов меняется чувствительность организма к внешним воздействиям.

Особый интерес при изучении проблемы адаптации представляют так называемые экологические ритмы: суточные, сезонные, лунные и другие, т. е. те ритмы, у которых во внешней среде имеются корреляты астрономического характера. Эти ритмы строго соответствуют периодическим изменениям факторов внешней среды. Они имеют большое значение для адаптации организма к факторам внешней среды, поскольку наличие в организме ритмов функций с различными периодами дает ему больше возможностей приспособляться к множеству периодических изменений в окружающей среде.

При переводе животноводства на промышленную основу животные оказываются в измененной внешней среде по сравнению с условиями естест-

венного содержания. Солнечно-суточные, лунно-суточные, лунно-месячные и другие ритмы становятся «около»-солнечно-суточными, «около»-лунно-суточными и т. д. Относительно постоянные условия, которые создаются в промышленных комплексах, будучи неестественными, деформируют параметры биологических ритмов. Это разобщает циклы разной продолжительности и нарушает временную координацию с внешними периодическими колебаниями.

Поскольку параметры разных ритмов обладают разной степенью устойчивости, то ясно, что даже моделирование периодичности астрономических ритмов не всегда сможет поддержать ритмику биологических процессов, так как разные биологические ритмы не могут одновременно и однонаправленно синхронизироваться. В то время, когда начинается моделирование действия астрономических ритмов, в каждом биологическом ритме могут либо быть, либо отсутствовать предпосылки изменения периода.

Другими словами, биологический ритм может быть преадаптирован или неадаптирован к синхронизации и приобретению нового периода. Адаптация организма к вновь созданным внешним условиям содержания может наступить лишь при успешной перестройке всего комплекса ритмов, имеющих разную скорость перестройки, а не одного какого-либо ритма.

Современные технологии промышленного выращивания и содержания сельскохозяйственных животных со стационарными экологическими условиями приводят к противоречию филогенетически закрепленных типов физиологических реакций организма с новыми внешними факторами, вследствие чего возникает физиологический дискомфорт. При этом нарушение какого-либо одного звена регуляции гомеостаза непременно приводит к изменению деятельности других звеньев, которые, в свою очередь, могут влиять на другие компоненты функциональной системы [4]. Все это отрицательно сказывается на здоровье, продуктивных и репродуктивных способностях животных.

Дальнейший рост продуктивности будет обеспечен не столько за счет

повышения механизации ферм, сколько вследствие внедрения достижений биологической науки по вопросам повышения и реализации продуктивного потенциала, профилактики вредных последствий стресса, ускорения и улучшения переваривания пищи животными.

В первую очередь, основные усилия ученых и практиков должны быть направлены на повышение продуктивности в расчете на одно животное и продолжительности продуктивного периода. Созданные отечественной селекцией породы и линии сельскохозяйственных животных с высоким продуктивным потенциалом свидетельствуют о реальности решения этого вопроса в настоящее время.

Высокая продуктивность животных отмечена в ряде крупных промышленных комплексов различных климатических зон. Однако продуктивность скота по стране с 1970 г. фактически не повысилась. Причиной этого, на наш взгляд, является отсутствие достаточно эффективных методов и способов, позволяющих реализовать продуктивные возможности животных в условиях промышленного производства. Такие разработки задерживаются прежде всего отставанием исследований по физиологии продуктивности сельскохозяйственных животных от нужд практики.

Для получения высокой и устойчивой продуктивности в условиях промышленного ведения животноводства, естественно, необходимо определенное разнообразие новых пород, линий и гибридов животных, приспособленных к местным условиям, устойчивых к болезням и резким изменениям экологических факторов. Ученые-селекционеры и практики животноводства стремятся к созданию пород животных с высоким адаптивным потенциалом, устойчивых к заболеваниям, хорошо переносящих стресс, характерный для промышленного ведения отрасли.

Ведущая роль в повышении эффективности животноводства принадлежит генетике и физиологии. Если генетика вооружает селекцию методами, позволяющими создать новые линии и формы животного с необхо-

димым набором ценных признаков и свойств, то физиология продуктивных качеств — методами максимальной реализации в фенотипе тех потенциальных возможностей генотипа, которые соответствуют конечной цели выращивания животных. Однако сегодняшний уровень развития физиологии продуктивности сельскохозяйственных животных недостаточен для резкого повышения эффективности животноводства.

Серьезные недоработки в этой области отрицательно сказались на эффективности скотоводства. Практически мы не располагаем фундаментальными работами по физиологии их продуктивности. Одна из главных причин — отсутствие научного сотрудничества между селекционерами, генетиками и физиологами. В селекционных центрах должны быть организованы подразделения по физиологии продуктивности сельскохозяйственных животных.

Решающее значение в реализации адаптивного, продуктивного и репродуктивного потенциала сельскохозяйственных животных в промышленных комплексах, и тем самым в повышении эффективности животноводства, имеет его перевод на преимущественно адаптивную систему [4, 5].

Адаптивная система животноводства предусматривает:

— периодизацию технологии выращивания и содержания животных в соответствии с основными физиологическими этапами роста, развития, воспроизводства и стадиями продуктивного периода;

— целенаправленные и периодически меняющиеся экологические условия в зависимости от возраста и физиологического состояния организма с учетом биоритмов для достижения доминирования отдельных функциональных систем организма на определенном отрезке времени, что обеспечит достижение конечных целей выращивания и содержания сельскохозяйственных животных экономными методами;

— дифференцированно-групповое кормление животных в целях стимулирования на разных этапах роста, развития и эксплуатации тех функцио-

нальных систем, которые обеспечивают проявление адаптивных способностей и максимальных продуктивных возможностей;

— целенаправленное регулирование количественного и качественного состава бактериальной флоры организма для оптимизации деятельности желудочно-кишечного тракта и поддержания гомеостаза дыхательной системы;

— комплектование групп животных с генетически детерминированными и выравненными стрессоустойчивостью, адаптивными и продуктивными способностями с учетом их физиологического состояния и годовых физиологических циклов;

— ведение селекции не только на продуктивность и плодовитость, но и на стрессорезистентность, адаптивную пластичность и экологическую валентность к условиям промышленного содержания;

— отбор, подбор и выращивание животных в условиях, приравненных к промышленным, а оценку генетических норм реакции осуществлять не только по продуктивным и репродуктивным способностям, но и по стрессоустойчивости и адаптивным возможностям животных;

— создание животноводческих комплексов, обеспечивающих проявление природных форм поведения и поддержания здоровья, а также биолого-технических систем, обеспечивающих взаимную адаптацию биологических и технических звеньев и способствующих наиболее полному проявлению потенциальных адаптивных и репродуктивных возможностей организма животных.

Адаптивные технологии позволят не только обеспечить проявление адаптивных способностей и резистентности, профилактику стресса, но и реализовать потенциальные продуктивные возможности и увеличить сроки эксплуатации животных.

Хотя адаптивная система ведения промышленного животноводства находится еще в стадии разработки, уже сейчас на основе имеющихся данных для дальнейшего подъема животноводства целесообразно осуществить следующие мероприятия.

Пересмотр стратегии и тактики выращивания молодняка сельскохозяйственных животных на разных этапах онтогенеза и производственного цикла. Проведенные нами исследования показали, что в условиях промышленных комплексов значительный процент молодняка рождается функционально недостаточно зрелым. Функциональная незрелость важнейших систем организма — главная причина низкой адаптивной способности животных в раннем постнатальном периоде и, как следствие, высокого уровня заболеваемости и падежа. Например, у телят, полученных от коров, содержащихся в промышленных комплексах, выявлена функциональная незрелость многих образований мозга, играющих значительную роль в формировании узловых механизмов адаптации животных к факторам окружающей среды.

В первые дни постнатальной жизни, когда телята должны адаптироваться к экологическим условиям комплексов, большинство образований мозга еще не в состоянии перестроить свою деятельность адекватно изменениям окружающей среды. Отставание в развитии нервной системы этих телят приводит к тому, что поддержание гомеостаза деятельности систем организма осуществляется ценой длительного перенапряжения многих нервных образований. Это приводит к истощению функциональных возможностей структур мозга и является причиной нарушений механизмов адаптации животных на ранних этапах постнатальной жизни. У многих телят, полученных в условиях промышленных комплексов, обнаружена также функциональная незрелость гипофиза, надпочечников, тимуса, печени и других органов. Отсюда возникает необходимость определения на каждом этапе развития животного, с одной стороны, критических, лимитирующих, с другой — приоритетных факторов обеспечения промежуточной и конечной цели выращивания.

На основании структурно-элементного анализа существующей системы промышленного выращивания крупного рогатого скота показано, что наиболее уязвимым ее звеном является техническое решение и технологический регламент содержания телят молочно-

го периода до 4—6-месячного возраста, поскольку в их основу положены почти исключительно циклограммы точно-конвейерного способа решения технологии.

Существующая система выращивания молодняка сельскохозяйственных животных направлена на получение максимальных среднесуточных приростов массы с первого дня рождения и не предусматривает мер по реализации адаптивного потенциала животных.

Оценка адаптивных возможностей организма животных на базе анализа отклонений семейства кривых выброса адаптивных гормонов от уровня нормы в разные периоды их постнатальной жизни показала, что наращивание резерва адаптации идет по кривой Ферхюльста с перегибом в точке, соответствующей 15-дневному возрасту телят и выходом на плато к 2-месячному возрасту. Данные возрастной гравидометрии показали, что тренировка сердечно-сосудистой системы и опорно-двигательного аппарата телят наиболее эффективна в возрасте 1,5—3 месяцев. Анализ функции распределения среднесуточных приростов массы позволил установить, что максимум достигается в возрасте 3—6 месяцев. Разработан физиологически обоснованный вариант периодизации целенаправленного выращивания телят до 6-месячного возраста.

Основной целью выращивания молодняка на первом этапе постнатальной жизни должно быть обеспечение функционального дозревания жизненно важных органов и систем организма, на втором — импринтирование экологических условий промышленного содержания, на третьем — протерение путей адаптивных реакций на действие стрессовых факторов, на четвертом — тренировка сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Лишь после этого технология содержания должна быть направлена на стимулирование анаболических процессов.

Уточнение норм питания и структуры рационов для обеспечения не только продуктивных, но и репродуктивных и адаптивных способностей животных с учетом экологических осо-

бенностей и кормовых ресурсов регионов. Подбор ингредиентов рационов должен осуществляться обязательно с учетом стрессового состояния животных, ибо, как показано исследованиями Института зоологии и физиологии АН МССР (ИЗиФ), даже лимитирующие аминокислоты на определенных стадиях стресса могут стать избыточными и оказывать отрицательное влияние не только на адаптивные способности организма, но и на анаболические процессы. В условиях промышленного содержания животных необходимо предусмотреть включение в состав рационов антистрессовых и лактогенных средств.

Расчеты показывают, что без увеличения валового сбора кормовых корнеплодов, который в 1980 г. составлял по стране лишь 41,6 млн. т, невозможно добиться резкого повышения продуктивности молочного скота. Дача корнеплодов не только обеспечивает животных сахарами, гидропектинами, необходимыми для устранения вредных последствий стресса, вызванного избытками нитратов, зачастую неизбежными при интенсивном внесении азотных удобрений под кормовые культуры, но и позволяет лучше сбалансировать рационы. Даже при переходе на умеренно-концентратный кукурузно-люцерновый силосный тип кормления в течение года, обеспечивающий получение от коровы в год 4 тыс. кг молока жирностью 3,6%, являющийся, на наш взгляд, неизбежным из-за ограниченных возможностей выделения необходимого кормового зерна, для сбалансирования сахарно-протеинового соотношения рационов требуется использование корнеплодов.

Установлено, например, что снижение уровня энергии рационов в среднем на 10% во второй половине лактации и повышение его на 35% за 10 дней от отела и в первый период после отела по сравнению с рекомендуемыми нормами ВИЖ может привести не только к повышению продуктивности коров черно-пестрой породы, но и положительно повлиять на физиологический статус приплода. Хотя после снижения уровня энергии рационов имело место некоторое снижение удоев (на $0,7 \pm 0,3$ кг/сут на голо-

ву при общей молочной продуктивности коров 3800 кг в год), то сразу после отела и на протяжении последующих 4 месяцев среднесуточные удои были выше в среднем на 2,5 кг.

Ранжировка производственных групп животных с учетом степени их стрессоустойчивости. Исследованиями ИЗиФ установлено, что разница в продуктивности животных с высокой и низкой стрессоустойчивостью незначительна в условиях традиционной технологии, когда обеспечивается индивидуальный подход к кормлению и содержанию, и весьма существенна в промышленных комплексах, где условия для всех животных одинаковы. Животные с низкой стрессоустойчивостью непригодны для условий промышленной технологии из-за высокой чувствительности к малейшим нарушениям кормления, содержания и эксплуатации, вызывающих потери продуктивности до 20%. У них, особенно у первотелок, легко возникает и закрепляется отрицательная реакция на машинное доение. Приручение их после ручного доения в родильном отделении к машинному требует дополнительных усилий и времени, приводит к снижению надоев, а в некоторых случаях вообще невозможно. При этом, чем продолжительнее и энергичнее проводится ручное доение, тем стабильнее становятся выработанные рефлексы и тем труднее переводить коров на доение аппаратами. Поэтому правильное доить коров машиной с первого дня после отела и до запуска, если животные не болеют маститом.

Исследованиями на модельных объектах было показано, что одинаковые по силе и продолжительности факторы для одних животных являются стрессовыми, для других — индифферентными. Животные с высокой стрессоустойчивостью обладают большими возможностями поддержания гомеостаза, меньше теряют в массе при воздействии стресс-факторов.

Целесообразно осуществить ранжировку животных с низкой стрессоустойчивостью и содержать их по технологии, обеспечивающей индивидуальный подход.

Поскольку существующие методы определения стрессоустойчивости не

позволяют дифференцировать в общей реакции организма на воздействия внешней среды элементы адаптивного и патологического характера, в ИЗиФ разрабатываются доступные и информативные способы определения стрессоустойчивости и адаптивных способностей, а также тесты-индикаторы начала развития патологической реакции.

В таких способах и методах особенно остро нуждается промышленное животноводство в связи с необходимостью определения способности домашних животных приспосабливаться (во времени) к промышленной технологии и возможности приспособления (в пространстве) к разным экологическим условиям.

Породы с высокой устойчивостью к разным экологическим условиям возможно получить путем селекции. В массовом производстве и особенно при неблагоприятных условиях среды реализуются лишь 10—20% потенциальной продуктивности. Поэтому экологическая устойчивость наряду с технологическими факторами выступает как важнейший фактор продуктивности. Современное промышленное животноводство базируется на породах, недостаточно приспособленных к промышленной технологии, не обладающих должной устойчивостью к экстремальным экологическим воздействиям и возбудителям болезней.

Программа селекционной работы должна быть дополнена аттестацией животных по степени стрессорезистентности, адаптационной пластичности и экологической валентности к новым условиям промышленного выращивания. Экологически устойчивые виды более способны противостоять нерегулируемому экстремальным факторам среды и поэтому имеют решающее значение в обеспечении устойчивой продуктивности. Поскольку экологическая устойчивость каждого вида животных эволюционно обусловлена и изменить ее методами селекции чрезвычайно трудно, районирование и использование большого разнообразия пород и дифференцированных технологий становятся важнейшими факторами интенсификации животноводства.

Организация производства ассоциаций живых культур микроорганизмов-симбионтов и «защищенных» белков для подкормки жвачных животных. Дальнейшее повышение продуктивности жвачных, как и других видов животных, в плане улучшения кормления в настоящее время планируется лишь за счет оптимизации структуры рационов. Вместе с тем известно, что микрофлора преджелудков жвачных — своеобразной экологической ниши, включающей около 120 видов инфузорий и более 50 видов бактерий, — играет важную роль в трансформации питательных веществ корма, синтезе высокоценного белка из небелковых источников азота, образовании аминокислот, витаминов, различных биологически активных веществ и метаболитов, используемых жвачными. В процессе эволюции между простейшими, бактериями и организмом хозяина сложились определенные взаимоотношения. С помощью микрофлоры можно направленно воздействовать на обменные процессы в преджелудках и питании животных.

Возможность улучшения пищеварения животных путем создания оптимальных условий для симбионтных микроорганизмов (бактерий, инфузорий, грибов), населяющих преджелудки и обеспечивающих у жвачных переваривание целлюлозы и усвоение небелковых азотсодержащих веществ (мочевину, аммиак), фактически выпала из поля зрения ученых и практиков. Значение этого пути улучшения переваривания и усвоения компонентов корма у жвачных обусловлено тем, что в условиях промышленного ведения животноводства с неизбежным стрессированием животных, с однотипным кормлением и узким набором кормовых средств микрофлора рубца обедняется количественно и качественно, что отрицательно сказывается на усвояемости кормов.

Поскольку быстрое обсеменение вновь принятого корма симбионтными микроорганизмами является необходимым условием для последующего активного течения микробиологического гидролиза питательных веществ, необходима регулярная подкормка жвачных животных соответствующей

симбионтной микрофлорой и микрофауной. Их производство может быть обеспечено за счет создания специальных кормоцехов, оборудованных соответствующими ферментерами. Постоянное поддержание симбионтных микроорганизмов в преджелудках и создание оптимальной среды для их активности (существования) одновременно предотвратит нарушения пищеварительной деятельности преджелудков, столь часто имеющих место в промышленных комплексах.

Поскольку в ближайшие годы будет весьма трудно обеспечивать жвачных животных высокобелковыми кормами, а основным источником протеина будут азотистые добавки в виде карбамида, остро встает вопрос о более эффективном использовании имеющихся источников аминокислот. Одним из путей предохранения аминокислот от их разрушения является развитие промышленности «защищенных» белков, т. е. обработка белков корма различными химическими веществами, понижающими их доступность для микроорганизмов преджелудков, но не влияющими отрицательно на переваримость в кишечнике. Это позволит сохранить до 30—35% аминокислот кормов от дезаминирования, повысить полноценность питания и продуктивность животных.

Пересмотр системы племенных хозяйств. Осуществляется с целью размещения хозяйств по характерным для соответствующих регионов экологическим зонам и получения на их базе популяций (стад), наиболее приспособленных к конкретным условиям выращивания и эксплуатации. Оценку продуктивности племенных животных следует проводить дополнительно на тех типах кормления и в тех экологических условиях, которые характерны для соответствующих регионов. Ремонтный молодняк необходимо выращивать также в условиях, аналогичных комплексу, где он будет использоваться.

Строительство тренажеров при промышленных комплексах. Целесообразно построить тренажеры на комплексах по производству молока и выращиванию нетелей, технология которых рассчитана на круглогодое

содержание животных в помещениях. В этих комплексах, как показано исследованиями ИЗиФ, одним из основных стресс-факторов, отрицательно действующих не только на адаптивные, но и продуктивные и репродуктивные способности животных, является гипокинезия. Наиболее эффективным способом борьбы с ее вредными последствиями является принудительный моцион на тренажерах специальной конструкции, обеспечивающих естественную мотивацию движений. Как показали наши исследования, использование принудительного моциона крупного рогатого скота позволяет значительно увеличить выход жизнеспособных телят, обеспечить более устойчивые привесы и профилактику функциональных нарушений. Наиболее перспективной в целях профилактики гипокинезии телят, вызванной их содержанием в клетках Эверса, является замена клеткой для индивидуально-группового содержания, позволяющей обеспечить естественную потребность телят в движениях.

Увеличение сроков эксплуатации молочных коров. В настоящее время имеет место значительное недополучение продукции и перерасход кормов из-за комплектования промышленных комплексов без строгой выбраковки и ранжирования животных по пригодности к использованию их в условиях промышленной технологии, что приводит к ускоренному обновлению молочного стада через 3,5—4 года. Расчеты затрат на производство молока показывают, что молочное скотоводство становится рентабельным при пополнении стада первотелками с удоями не менее 3500 кг молока за первую лактацию и хозяйственном использовании животных на протяжении не менее 6—7 лактаций.

Анализ данных о практике ведения различных отраслей промышленного животноводства показывает, что для каждого вида животных должна быть разработана своя технология содержания. Если при производстве яиц и мяса птицы использование, например, системы закрытого содержания в

ЛИТЕРАТУРА

1. Фурдуй Ф. И., Бабарэ Г. М., Марин Л. П. и др. — В кн.: Тез. докл. II съезда физиологов Молдавской ССР. Кишинев, Штеница, 1980, с. 141—142.
2. Фурдуй Ф. И., Штирбу Е. И., Хайдариу С. Х., Надводнюк А. И. — Изв. АН МССР. Сер. биол. и хим. наук, 1982, № 1, с. 3—10.
3. Фурдуй Ф. И., Штирбу Е. И., Хайдариу С. Х. и др. — В кн.: Стресс и животноводство. Кишинев: Штеница, 1982.
4. Фурдуй Ф. И., Штирбу Е. И., Надводнюк А. И. и др. — Изв. АН МССР. Сер. биол. и хим. наук, 1982, № 3, с. 13—16.
5. Фурдуй Ф. И., Надводнюк А. И., Штирбу Е. И. и др. — В кн.: Матер. XXXIII ежегодной конф. Европейской ассоциации по животноводству. Л., 1982, с. 1—6.

Поступила 12.IV 1983

И. М. ГАНЯ, А. И. МУНТЯНУ, В. Г. ОСТАФИЧУК

ЗНАЧЕНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЛОС КАК РЕЗЕРВАТОВ
ПОЛЕЗНОЙ ФАУНЫ

Происходящие в антропогенном ландшафте экологические изменения приводят к резкому снижению разнообразия животного населения, повышению биоценотической роли и усилению вредоносности отдельных видов. Этот процесс особенно усиливается в условиях интенсификации и специализации сельскохозяйственного производства, где резко нарушается экологическое равновесие, способность к саморегуляции компонентов агробиоценозов. Все это приводит к снижению численности полезных животных (пчелиных, наездников, кокцид, журулиц, муравьев, земноводных, пресмыкающихся, насекомоядных птиц, млекопитающих) при одновременном усилении агрессивности вредных видов. Для подавления последних применяется большой арсенал химических препаратов, что еще больше упрощает структуру зооценозов. В связи с этим особенно возрастает значение защиты сельскохозяйственных растений от вредителей как фактора обеспечения запрограммированных устойчивых урожаев и высококачественной продукции.

Один из основных путей сохранения и увеличения численности полезной фауны — создание различных типов резерватов, близких по своим экологическим условиям к естественным

биоценозам. К ним можно отнести защитные лесополосы.

Мировой и отечественный опыт создания лесных полос насчитывает около 100 лет [6]. За этот период были предложены различные типы конструкций в зависимости от их назначения. Более распространенными из них оказались полевые, противозеронозные, садовозащитные, приводомные, привражные лесополосы и др.

Известно, что лесополосы положительно влияют на урожай сельскохозяйственных культур. Прибавка урожая под защитой даже молодых лесополос в условиях Молдавии составляет по зерновым — от 1 до 4 ц/га, по пропашным — до 9 ц/га. С возрастом эффективность этих насаждений заметно повышается.

В южных районах СССР в годы засухи на полях с развитой системой полевых защитных лесных полос урожайность буквально всех культур увеличивается на 60—75% [7, 9].

Однако во многих случаях значение лесополос недооценено. Не всегда обеспечивался надлежащий уход за ними, допущены ошибки в подборе пород, в размещении лесополос на площади. Лесополосы были рассчитаны чаще всего на выполнение одной ка-

кой-либо роли, но только не как регулятора нарушенного равновесия вредной и полезной фауны в агроценозах.

Наличие такого узкого технического подхода к проблеме конструирования лесных полос достаточно убедительно подтверждается количеством работ по этим вопросам. Так, если по проблемам лесокультуры и микроклимата полевых защитных лесных полос начиная со второй половины XIX в. и кончая 1980 г. (включая и переводы с иностранных языков) издано не менее 450 работ, по вопросам улучшения урожайности сельскохозяйственных культур в системе полевых защитных лесных полос на население животных, полезных и вредных для сельского хозяйства, написано около 50 работ, посвященных главным образом роли птиц в этих насаждениях [1—5, 11—13 и др.].

В Молдавии специальные комплексные исследования фауны лесополос не проводились, если не считать работ орнитологов, которые имели целью выявить закономерности формирования фауны птиц искусственных насаждений [4]. С 1981 г., поставив изучение биоценоза лесополос в качестве одной из стержневых проблем научно-исследовательской работы отдела зооценологии Института зоологии и физиологии АН МССР, мы избрали для постоянного исследования лесополосы совхозов «Правда» и «Южный» Чадыр-Лунгского района и совхоза «Виноградарь» Кагульского района. Для сравнения были взяты под наблюдение также лесополосы Тараклийского, Леовского и Слободзейского районов. Всего обследовано 22 лесополосы. Основными породами искусственных насаждений являются ясень, акация, вяз, клен татарский; сопутствующими — жардель, дуб, грецкий орех; подлесок чаще всего развит слабо или отсутствует.

В результате наших исследований выяснена роль различных типов древесных насаждений Молдавии в поддержании видового разнообразия наземной и почвенной фауны. Данные по видовому составу различных систематических групп животных (табл. 1) показывают, что ближе всего

Таблица 1. Влияние антропогенного фактора на видовой состав фауны Молдавской ССР

Группы животных	Лес	Лесополосы	Сады старшего типа	Интенсивные типы	Полевые культуры
Птицы					
всего	78	31	25	11	7
из них:					
вредные	0	0	0	1	2
полезные	78	31	25	10	5
Млекопитающие					
всего	46	19	16	7	17
из них:					
вредные	6	9	6	5	11
полезные	40	10	10	2	6
Почвенные беспозвоночные (суммарное количество особей на 1 м ³)					
всего	1450	924	551	250	205—360
из них:					
вредные	220	109	157	156	97—170
Почвенная мезофауна					
всего	360	92	51	18	—
из них:					
вредные	20	10	12	4	13—15
нейтральные	120	20	14	2	—
полезные	220	62	25	12	40—60
Пчелиные	62/15	43/9	41/8	34/5	—
Мухи-тахины					
полезные	22	12	7	4	—
Тли (на плодовых розовых)					
вредные	15/2	9/4	11/6	5/4	—

Примечание. В числителе — число видов; в знаменателе — число массовых видов.

к естественным лесным биоценозам по числу видов стоят лесополосы. Здесь обитает около 40% видов птиц, 41% — млекопитающих, 70% — пчелиных от общего числа видов этих же групп животных, встречающихся в лесах. По мере усиления степени влияния антропогенного фактора на природную среду возрастает роль вредных для сельскохозяйственных культур видов животных. Особенно это наблюдается в садах интенсивного типа и на полевых культурах. На последних вредные виды млекопитающих составляют около 65% по сравнению с лесом, где встречается лишь 13% от общего числа обитающих там видов.

Результаты наблюдения, а также анализ количественных учетов, проведенных в лесных полосах, позволили установить наиболее характерные черты населения птиц исследуемых ста-

ций. В молодых лесополосах гнездятся до 10—12 видов птиц, при общей плотности около 200 пар на 100 га. В средневозрастных насаждениях наблюдается увеличение числа видов и повышение их плотности. В частности, в лесополосе вдоль железной дороги «Тирасполь—Одесса» в 1982 г. был зарегистрирован 31 вид птиц с общей численностью 350 пар на 100 га. Здесь отмечены представители всех гнездовых ниш — кронники (10 видов), кустарниковые (9), дуплогнездники (6) и наземники (6 видов). По численности большинство представляют наземно-кустарниковые виды (55,8%), на втором месте кронники (30,4%), на третьем — дуплогнездники (14%).

Большинство отмеченных птиц полезные и оказывают значительный пресс на вредителей сельскохозяйственных культур. Если учесть, что одна пара насекомоядных птиц (с четырьмя птенцами) в среднем за сутки приносит птенцам от 4 тыс. до 8 тыс. экз. беспозвоночных, то за период гнездования (14—15 дней) истребляется 56—120 тыс. экз. насекомых, соответственно указанные 350 пар пернатых на 100 га лесополосы могут уничтожить за этот же период до 35 млн. экз. насекомых.

Полезационные лесные полосы характеризуются также обилием населяющих их видов мелких млекопитающих. Это единственная стация, где обитают и соприкасаются между собой почти все виды мелких зверьков, свойственные как лесным и кустарниковым стациям, так и открытым пространствам [8].

Из млекопитающих преобладает лесная мышь, которая встречается в течение всего года и составляет более 50% общего числа обитающих здесь мелких видов зверей. Желтогорлая мышь использует лесополосы как переходную стацию от леса к агроценозам. Домовая мышь и обыкновенная полевка не являются постоянными обитателями названной стации. Они редко используют лесополосы в качестве мест проживания [10]. В приопушечном шлейфе встречаются крапчатый суслик и хомяк. Из насекомоядных обычен крот, реже встречается ёж. Были зарегистрированы также мелкие хищники — ласка,

стенной хорек, а из более крупных млекопитающих — заяц, барсук, лисица и косуля.

Наиболее активные насекомые — долгоносики, жужелицы, стафилиниды, чернотелки — появляются на юге Молдавии уже в начале марта, листоеды-блошки — со второй половины марта и в первой половине апреля, клопы — в первой половине апреля. Установлено, что во всех типах (кроме однопорядных — акациевых, ореховых) лесополос южных районов Молдавии, преобладают полезные виды насекомых (табл. 2). Например, среди двукрылых и перепончатокрылых число полезных видов превышает число вредных в несколько десятков раз. Однако отмечено и преобладание вредных насекомых, в частности среди жесткокрылых, прямокрылых и равнокрылых. Это происходит за счет специализированных вредителей основных пород деревьев, составляющих различные типы лесополос. Большинство из них не являются вредителями возделывания полевых культур.

В процессе становления биоценоза лесополос в целом большое значение имеет не только состав древостоя, структура и возраст насаждений, но и общее увеличение их площади и густота сети полос. Во многих странах этому вопросу уделяется особое внимание. В Дании, например, разработан проект, по которому вся территория страны должна быть покрыта сетью защитных лесных полос, размещенных на расстоянии 300—500 м друг от друга (цит. по [6]). В Великобритании при посадке защитных полос центральные 1—3 ряда создаются из деревьев первого класса по величине. Крайние ряды состоят из кустарников, устойчивых против повреждения дикими животными, в том числе и грызунами. Расстояние между лесными полосами в зависимости от высоты деревьев и рельефа устанавливается в 200—350 м. Под размещение защитных лесных полос отводится 2% защищаемой территории, что составляет 20 га лесополос на 1000 га пашни [14, 15].

В Молдавии — в условиях крупномасштабной концентрации и специализации сельского хозяйства (переход на монокультуру на больших площа-

Таблица 2. Число видов основных групп насекомых, отмеченных в лесополосах юга Молдавии

Место сбора	Тип лесополос	Вредные и полезные насекомые	Отряды						Итого
			Жесткокрылые	Двукрылые	Прямокрылые	Перепончатокрылые	Равнокрылые	Прочие	
Совхоз «Правда» с. Томай	Ясеневая	Полезные	11	8	0	12	0	8	39
		Вредные	3	0	3	6	0	12	30
Чадыр-Лунгского района	Акациевая	Полезные	13	13	4	14	0	19	63
		Вредные	30	0	4	0	8	14	56
Совхоз «Южный» с. Джолтай	Ясеневая	Полезные	5	8	0	13	0	4	30
		Вредные	6	0	4	0	4	4	18
Чадыр-Лунгского района	Акациевая	Полезные	6	7	0	11	0	5	29
		Вредные	11	0	6	0	0	3	20
Совхоз «Виноградарь» с. Бураки	Акациевая	Полезные	10	10	1	11	0	10	42
		Вредные	16	2	3	0	0	8	29
Кагульского района	Вязевая	Полезные	5	7	0	25	4	9	50
		Вредные	14	0	4	0	0	7	25
	Дубовая	Полезные	6	6	0	8	2	6	28
		Вредные	15	0	4	0	0	6	25
	Всего	Полезные	56	59	25	94	16	51	
Вредные	95	2	28	6	16	54			

дях, сплошная распахка всех земель, интенсивное применение ядохимикатов, уничтожение местообитания и размножения полезной фауны) — возникла необходимость по-новому оценить значение и роль искусственных лесонасаждений (полосных и массивных на неудобьях) в агробиоценозах для поддержания необходимого биологического равновесия. В связи с этим возникает потребность в разработке новых принципов конструирования, размещения и использования лесных полос.

При создании и использовании полезационных лесных полос как мощного агробиологического фактора важно учитывать не только условия и сложившиеся законы полосного лесоразведения как такового (тип древостоя, конструкция лесополос, техника посадки, ухода, а также то воздействие, которое оказывают они на микро- и мезоклимат окружающих полей), но и значение их как мест обитания полезной фауны, что очень важно для обеспечения сбалансированного равновесия в агроценозах. Важно также продумать подбор древесных пород, чтобы обеспечить их депрессирующее действие на комплекс вредных видов, как в самих лесополосах, так и на смежных территориях, занятых сельскохозяйственными культурами.

При проектировании лесных полос следует предусматривать создание условий, затрудняющих развитие вре-

дителей сельскохозяйственных культур и в то же время благоприятствующих развитию полезных видов энтомофагов и опылителей. Это в значительной мере может быть достигнуто за счет создания смешанных насаждений с участием максимального разнообразия видов древесных и кустарниковых пород. Следует исключить из лесополос те деревья, которые являются резерватами наиболее опасных вредителей сельскохозяйственных культур (например, диких плодовых пород в садовозащитных лесополосах). При создании лесных полос важно приблизиться к условиям естественной лесной среды, что особенно благоприятствует накоплению насекомых почвенно-подстилочного комплекса. Такой комплекс будет способствовать привлечению различных видов насекомоядных птиц. Известно, что чем богаче видами биоценоз, тем он более устойчив и тем больше его влияние на окружающую среду.

Необходимо предусмотреть в защитных лесонасаждениях создание участков с насыщением определенными видами травянистых растений, которые бы являлись местом скопления и дополнительного питания насекомых-опылителей и энтомофагов. Для этой цели, видимо, могли бы служить закрайки лесополос, в других случаях — специальные отдельные участки с травянистой растительностью.

внутри полос, а также поляны в массивных лесонасаждениях. Существенное значение для развития полезной фауны будет иметь предпочтительное включение в состав лесополос растений-медоносов: липы, клена, белой акации, софоры, смородины, калины и др. Возможно даже включение в состав, например, приовражных полос, терна, шиповника, которые создают благоприятные условия для гнездования многих полезных птиц.

Полезнозачитные насаждения должны быть сконструированы таким образом, чтобы они стали элементом адаптивной системы сельского хозяйства и создавали желаемое равновесие полезной и вредной фауны в новых условиях агроценозов.

Для достижения поставленной цели необходимо:

— разработать оптимальные размеры и структуру агроценозов и лесополос, обеспечивающих нормальное функционирование зооценоза;

— произвести поиск оптимального сочетания сельскохозяйственных культур, создающих условия для существования многообразной полезной фауны как важнейшего компонента саморегулирующейся устойчивой экосистемы (формирование целенаправленных регулируемых агробиоценозов не представляется возможным без создания условий для воспроизводства полезной фауны);

— включить в защитные лесонасаждения достаточное число видов древесных и кустарниковых пород, учитывая при этом сроки цветения и плодоношения каждой из них;

— учитывать при подборе ассортимента видов деревьев и кустарников природные особенности Молдавии и специфику культивируемых растений в каждом районе (для этого целесообразно использовать в первую очередь аборигенные и хорошо адаптированные интродуцированные виды);

— предусмотреть выполнение специальных исследований существую-

щих лесополос для выявления их оптимальных вариантов, норм полезной лесистости, формирования и роли фауны в лесополосах различных видов для обеспечения требуемого равновесия в агроценозах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Будниченко А. С. Птицы искусственных лесонасаждений, ч. 1. Воронеж: Центрально-Черноземное книжное изд-во, 1965.
2. Будниченко А. С. Птицы искусственных лесонасаждений, ч. 2. Воронеж: Центрально-Черноземное книжное изд-во, 1968.
3. Волчанецкий И. Б. — Тр. НИИ биол. и биол. ф-та ХГУ, 1954, 20, с. 9—32.
4. Ганя И. М. Птицы сухопутных биотопов Молдавии. Кишинев: Штиинца, 1978.
5. Ганя И. М., Курганова Т. Н., Бучуцану Л. С. Птицы лесополос в Молдавии. М.: Наука, 1982, с. 155.
6. Жиганов Ю. И. Защитное лесоразведение в странах Европейского континента. М., 1973.
7. Карузин Б. В. Итоги трехлетнего исследования влияния Тимашевских полезозачитных полос на урожай различных сортов сельскохозяйственных культур. Куйбышев, 1936.
8. Кучерук В. В., Петров В. Г., Дунаева Т. И. и др. — В кн.: Вопросы краевой, общей и экспериментальной паразитологии и медицинской зоологии, т. IX. М.: Медгиз, 1965, с. 140—152.
9. Мельниченко А. Н. Полезозачитные полосы и размножение животных, полезных и вредных для сельского хозяйства. М.: изд. МОИП, 1949.
10. Мунтяну А. И., Савин А. И., Есауленко В. А. и др. — В кн.: Экология птиц и млекопитающих Молдавии. Кишинев: Штиинца, 1981.
11. Пузанов И. И. — Тр. НИИ биол. и биол. ф-та ХГУ, 1954, 20, с. 137—147.
12. Спангенберг Е. П. Птицы полезозачитных насаждений. М.: изд. МОИП, 1949.
13. Таращук В. И. Птицы полезозачитных насаждений степной зоны УССР и возможности использования их для борьбы с вредителями. Киев: Изд-во АН УССР, 1953.
14. Grohs H. — Forstzeitung, 1950, 81, N 5, p. 630—635.
15. Hadson N. W. Why don't we have soil erosion in England. — Proceedings of Agriculture, Engg. Symposium, 1969.

Поступила 12.IV 1983

И. И. ЛИБЕРШТЕЙН, Г. В. МЕРЕНЮК, В. И. САБЕЛЬНИКОВА

АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОЧВЕННОЙ МИКРОФЛОРЫ И ЕГО РОЛЬ В ПРОЦЕССЕ СТАБИЛИЗАЦИИ И ПОВЫШЕНИИ БИОГЕННОСТИ ПОЧВ

Под биологической активностью почвы понимают совокупность происходящих в ней биологических процессов. Она определяет интенсивность мобилизации и возобновления запасов элементов питания в количествах и формах, необходимых для возделываемых растений. Направленность и скорость этих процессов — важный фактор реализации потенциального плодородия почвы и оптимизации условий выращивания сельскохозяйственных культур.

Биологическая активность почвы зависит не только от общей численности микроорганизмов, но и особенно от их видового состава. Однако решающими являются направленность и интенсивность биохимической деятельности населяющих почву микроорганизмов.

Динамичность этих процессов определяется комплексом естественных условий — составом почвы, климатическими, географическими факторами, взаимодействием с растениями и др. В связи с этим на территории каждого региона и района формируются экологические макро- и микронизи, определяющие, с одной стороны, состав почвенной микрофлоры, с другой — ее метаболическую деятельность.

Поэтому можно предположить, что разностороннее изучение этих показателей и выявление закономерностей, определяющих формирование микробных ценозов, направленность и напряженность микробиологической деятельности в почвах на типичных для определенных территорий эконизишах, в увязке с условиями произрастания и продуктивностью возделываемых растений, позволит на первом этапе исследований дать дифференцированную характеристику биогенности почв Молдавии и ее роли как одного из факторов мобилизации природных ресурсов для оптимизации и стабилизации уровня эффективного почвенного

плодородия в системе адаптивного ведения растениеводства.

Интенсификация земледелия республики, включающая наряду с возделыванием относительно узкого набора растений, частые разноглубинные обработки почвы и орошение, а также такие сильнодействующие факторы, как систематическое применение во все возрастающих дозах минеральных удобрений и химических средств защиты растений, оказывает исключительно большое влияние как на состав и соотношение отдельных групп микроорганизмов почвы, так и на происходящие в ней биологические процессы.

Многочисленные исследования, проведенные за последние годы в СССР и за рубежом, а также анализ производственной практики показывают, что применение интенсивных методов в современном растениеводстве не всегда способствует оптимизации микробиологических процессов в почве. Более того, отмечено, что как отдельные мероприятия, так и целые их системы, характерные для индустриальных технологий, приводят к обеднению почвенной микрофлоры и подавлению ее полезной деятельности. В результате, возможности, заложенные в биогенности почвы, эксплуатируются недостаточно полно, что, в свою очередь, вызывает необходимость существенного увеличения затрат энергии, направленных на создание благоприятных почвенных условий для возделываемых растений.

Накоплено много фактов, указывающих на ингибирование активности почвенной микрофлоры некоторыми пестицидами, относящимися к различным классам химических соединений. Это явление особенно четко проявляется при многократном наложении на протяжении ряда лет суммы пестицидов, предназначенных для подавления жизнедеятельности различных вредных организмов.

Наряду с этим серьезный ущерб мобилизации деятельности азотфиксирующих микроорганизмов наносит применение минеральных азотных удобрений во все увеличивающихся дозах.

Отсюда вторая задача по данному блоку исследований — изучить роль основных агроприемов как отдельно взятых, так и в технологических системах (включая и относящихся к химизации) на показатели биогенности почвы и выявить возможные сочетания интенсивных методов ведения растениеводства с сохранением высокого уровня и благоприятной направленности процессов, определяющих биологическую жизнь почвы.

Систематизация результатов исследований по названным направлениям позволит выявить роль экологических и географических факторов, четко определяющих показатели биогенности почв Молдавии. Рассматривая ее как индикатор реализации в конкретных условиях потенциального плодородия почв, можно будет по степени проявления биологической активности (выраженной в показателях специально разработанных оценочных шкал), судить о соответствии принятых технологий задачам оптимизации почвенных условий за счет мобилизации в первую очередь полезной деятельности почвенной микрофлоры.

Конечной задачей исследований по данному блоку должно стать изыскание путей управления и активизации биогенности почв в системе адаптивного земледелия в Молдавии.

Формирование и функционирование почвенного микробсообщества играет важную, если не ведущую роль в почвообразовательном процессе, превращении, фиксации и накоплении биогенных элементов — азота, фосфора, калия, углерода и их соединений, а также других веществ, необходимых для питания растений. Почвенной микробиологии как науке более 100 лет, и к настоящему времени накоплен огромный фактический материал о составе микрофлоры, роли отдельных видов, родов, семейств в почвенных процессах и круговороте веществ в природе, влиянии климатических и

экологических факторов на формирование и активность почвенных микробсообществ. Имеются многочисленные данные о влиянии антропогенных факторов на почвенную микрофлору как положительного, так и отрицательного характера. Е. Н. Мишустинным разработан эколого-географический принцип распространения почвенных микроорганизмов. Им установлен количественный и качественный состав этих микроорганизмов, преобладающие виды и соответственно активность почвенной микрофлоры в основных 7 почвенных зонах СССР.

Несмотря на сравнительно небольшую территорию Молдавии, ее почвенный покров очень разнообразен: встречаются различные подтипы чернозема, серые и бурые лесные, пойменно-луговые почвы, солончаки и т. д. Исследования состава и активности микрофлоры почв республики были развернуты в начале 50-х годов.

Накоплены некоторые данные о видовой характеристике почвенной микрофлоры, роли отдельных групп и видов в процессах превращения веществ. Установлена прямая зависимость между деятельностью микроорганизмов, разлагающих растительные остатки, и образованием гуминовых веществ, что коррелирует с урожайностью сельскохозяйственных культур. Определены состав и активность почвенной микрофлоры в зависимости от растительного покрова и различных агротехнических приемов, в том числе химизации сельского хозяйства.

Проведенные до настоящего времени исследования, к сожалению, решали локальные задачи, при этом изучались отдельные систематические или физиологические группы микроорганизмов, деятельность которых в почве рассматривалась вне общих экологических закономерностей, которым подчиняются протекающие в экосистемах процессы. Выполненные работы не дают исчерпывающих данных об экологии микрофлоры, ее функционировании в различных почвенно-климатических условиях и при разной антропогенной нагрузке.

В целом, несмотря на обилие публикаций о составе и активности почвенной микрофлоры отдельных регионов страны, влиянии агротехнических

мероприятий; в том числе и при загрязнении химическими веществами, проводимые исследования носят в основном описательный, констатирующий характер. По существу, до настоящего времени отсутствуют показатели и критерии оценки адаптивного потенциала почвенной микрофлоры к экологическим и антропогенным факторам с позиций плодородия почвы.

Например, при определении допустимых нагрузок пестицидов, гербицидов и других химических веществ некоторые исследователи предлагают принять в качестве допустимых такие нагрузки, которые подавляют численность почвенной микрофлоры на 50% в течение 7 суток. При этом набор тестов включает десятки показателей, определение которых под силу только крупным научно-исследовательским подразделениям с современными приборами и высококвалифицированными кадрами.

За последние несколько лет делаются попытки, в частности Д. Г. Звягинцевым, разработать оценочные схемы биологической активности почвы по некоторым интегральным показателям, таким как ферментативная активность, накопление энергии в органическом веществе почвы.

В условиях дальнейшей концентрации и специализации, а главное — интенсификации сельскохозяйственного производства, увеличения антропогенной и технической нагрузки на почвенный покров — одной из основных задач почвенной микробиологии является установление адаптивного потенциала почвенной микрофлоры под влиянием как отдельных агроприемов, так и целых систем земледелия в конкретных экологических условиях отдельных регионов. При этом необходимо решить важные теоретические аспекты: обосновать систему оценки адаптивного потенциала — показатели, критерии и собственно оценочную шкалу; определить значимость экологических факторов (осадки, температуры, физико-химические свойства почвы, растительный покров и т. д.) в адаптации почвенного микробсообщества; оценить различные антропогенные факторы на адаптивный потенциал почвенной микрофлоры. За-

дачи весьма сложные, требующие крупных сил, длительных наблюдений и накопления большого экспериментального материала.

Исходя из этого, в комплексе исследований по проблеме адаптации Отделом микробиологии АН МССР развернуты работы по блоку «Эколого-географическое изучение биогенности почв Молдавии и изыскание резервов ее активизации в системе интенсивного земледелия Молдавской ССР».

В соответствии с этим на первом этапе проведения исследований по этому блоку ставилась задача изучить состав почвенной микрофлоры, включая и ответственную за биологическое азотонакопление, в эколого-географическом разрезе на территории Молдавской ССР, а также влияние различных естественных и антропогенных факторов на состав, соотношение почвенных микроорганизмов и их активность в течение вегетационного периода.

Для реализации этой задачи на пяти полигонах, представляющих соответствующие почвенно-климатические зоны республики: колхоз им. С. М. Кирова Рышканского района (Северная степная зона), колхоз «Цветущая Молдавия» Каларашского района и лесной заповедник «Кодры» (Центральная зона), межколхозный сад «Памяти Ильича» Слободзейского района (Юго-восточная зона) и совхоз-техникум «Светлый» Тараклийского района (Южная степная зона), в одни и те же сроки отбирались почвенные пробы на участках, занятых естественной растительностью и под агрофитоценозами с различной антропогенной нагрузкой (орошение, удобрение, пестициды) для выявления влияния эколого-географических факторов на комплекс взаимосвязанных объектов и процессов, определяющих направленность и интенсивность биологической активности почвы: состав, динамику и активность основных физиологических и систематических групп микроорганизмов, процессы симбиотической азотфиксации, формирование ценозов свободноживущих азотфиксирующих микроорганизмов, а также на показатели миграции и деструкции пестицидов в почве.

Таблица 1. Характеристика микрофлоры почв разных климатических зон Молдавии

Район исследования	Общее количество микроорганизмов, млн/г	Бактерии на МПА, млн/г	Спорообразующие бактерии, тыс./г	Бактерии и актиномицеты на КАА, млн/г	Бактерии на почвенном агаре, млн/г	Микроскопические грибы, тыс./г	Нитрифицирующие бактерии, тыс./г	Денитрифицирующие бактерии, млн/г	Нитрифицирующая активность почвенного дихрогена, мг CO ₂ /100 г почвы	Дегидрогеназная активность, мг формазана/10 г почвы	Инвертазная активность, мг глюкозы/г почвы
Дондюшанский	9,32	7,14	30	2,14/0,56	4,34	12,0	1,28	0,64	6,39	0,71	16,3
Рышканский	9,32	6,6	84	2,64/1,01	3,93	2,4	0,02	0,55	8,33	0,44	10,5
Қаларашский	7,82	5,45	124	2,23/0,76	3,63	17,0	0,08	0,12	7,4	0,70	10,4
Слободзейский	5,51	5,23	106	0,16/0,44	3,04	4,6	2,41	0,63	5,87	0,61	14,7
Тараклийский	6,09	4,65	7	1,41/0,49	5,29	8,0	4,40	0,69	5,90	0,77	10,9

Анализ полученных данных (табл. 1) указывает на определенные закономерности количественного и качественного состава почвенной микрофлоры с севера на юг (Дондюшанский — Тараклийский районы). Общая численность микроорганизмов в этом направлении снижается почти в 2 раза, аналогичная, хотя выраженная и в меньшей степени закономерность, выявлена и в отношении других групп — общего числа бактерий, в том числе спорных, актиномицетов, почвенных грибов и денитрифицирующих бактерий. В отношении нитрифицирующих бактерий установлена обратная зависимость. Эти данные в целом согласуются со снижением плодородия почвы с севера к югу республики.

В ряде случаев численность микроорганизмов под естественными фитоценозами выше, чем под искусственными. Особенно четко эта разница регистрируется по активности почвенной микрофлоры. В частности, дегидрогеназная и протеазная активности почв под кукурузой, пшеницей, садами, ви-

Таблица 2. Ферментативная активность почв естественных и культурных фитоценозов

Фитоценоз	Дегидрогеназная активность, мг формазана/г почвы	Протеазная активность, мг глицина/г почвы	Катализная активность, мг О ₂ /г почвы	Инвертазная активность, мг глюкозы/г почвы
Естественный травостой	0,88	5,4	7,8	13,5
Люцерна	0,80	4,9	7,4	12,5
Кукуруза	0,46	1,4	8,0	15,2
Пшеница	0,36	0,8	7,3	10,9
Лес	0,91	3,4	8,0	15,1
Сад	0,54	0,9	7,1	14,0
Виноградник	0,23	0,4	5,3	7,1

ноградниками в 2—8 раз ниже, чем под естественным травостоем и лесом (табл. 2).

Исследования 1981 г. по изучению влияния засухи на почвенную микрофлору показали, что в почве большинства исследуемых участков регистрировалось снижение общего количества микроорганизмов, а также и таких важных для плодородия групп, как целлюлозоразрушающие и нитрифицирующие бактерии. На орошаемых участках численность и активность почвенной микрофлоры в течение вегетационного периода постоянно находится на довольно высоком уровне.

Такой прием, как сжигание стерни, приводит к резкому (в десятки раз) снижению численности основных систематических и физиологических групп микроорганизмов, причем полное восстановление почвенной микрофлоры не наступает даже через длительное время.

Наряду с этим в комплексе с НПО «Виерул» начаты исследования, имеющие целью изучить состав микробиоселения почв и основные микробиологические процессы в связи с современной интенсивной системой виноградарства и ее ведущих элементов.

Учитывая многолетнее возделывание виноградных растений на тех же участках и связанное с этим многократное наложение одноименных приемов, представляется возможным на этом объекте отработать основные методические вопросы и получать необходимый материал по реализации задач, предусмотренных первым этапом исследований по изучению биогенности почв Молдавии. Накопленный в первом году исследований материал на фоне постепенно нарастающих доз минеральных удобрений, гер-

бицидов и различных комплексных систем защиты растений свидетельствует о наличии определенной зависимости между видом и уровнем антропогенных нагрузок и показателями состава и активности почвенного биоценоза.

Внесение минеральных удобрений приводит к некоторой перестройке почвенного микробиоценоза, выражающаяся в увеличении количества бактерий и грибов и росте дегидрогеназной активности.

Применение гербицидов симметризиновой группы (в первую очередь симазина) приводит к повышению инвертазной активности и ингибированию таких важных физиологических групп почвенной микрофлоры, как нитрифицирующие и денитрифицирующие микроорганизмы.

Сравнение существующей и перспективной системы защиты виноградников от вредителей и болезней показало, что обе системы, судя по ферментативной активности, оказывают определенное влияние на почвенный микробиоценоз.

На основании полученных данных можно предположить, что наиболее чувствительным показателем изменения биологической активности почв под влиянием химического воздействия является ферментативная активность.

Дана первичная токсикологическая оценка 11 пестицидов трех химических групп — триазинов, карбаматов, фосфорорганических соединений; выявлены наиболее чувствительные виды почвенной микрофлоры. Параллельно велись опыты по определению влияния гербицидов симметризиновой группы на почвенный биоценоз. В результате получены предварительные данные о возможности переноса результатов опытов *in vitro* с чистыми культурами микроорганизмов на почвенный биоценоз, что позволило разработать классификационную схему оценки антимикробных свойств пестицидных соединений.

Начаты исследования по подбору и разработке новых методов интегральной оценки влияния химических веществ на чистые культуры микроорганизмов. Определение антибактериальных свойств максимального чи-

сла пестицидов по отношению к наиболее значимым микроорганизмам почвенного биоценоза позволит выявить основные закономерности — наиболее биологически активные соединения, чувствительные группы и виды микроорганизмов, а также определяющие эти моменты факторы: химическая структура и физико-химические свойства пестицидных соединений, особенности питания, дыхания, ферментативной активности различных видов микроорганизмов.

Результаты этих исследований дадут возможность перейти к углубленному изучению механизма взаимодействия пестицидов и микробной клетки, определению точки приложения биоцида с применением морфологических, культуральных, биохимических, генетических методов исследований. В первую очередь будут изучены новые и перспективные пестицидные соединения как отдельно, так и в комбинациях.

Параллельно будет проведен поиск микроорганизмов, разрушающих пестицидные соединения и сделана попытка создания высокоактивных штаммов с применением селекционных и генетических методов.

В последующем наряду с исследованиями по оценке новых препаратов и систем защиты растений предполагается создать ряд систем для ускоренного изучения антимикробных свойств пестицидов.

В этом направлении предполагается разработать математические основы создания и воспроизведения в экспериментальных условиях основных почвенных микробиологических процессов — распад и минерализация белков (аммонификация и нитрификация); распад углеродсодержащих веществ, гумификация и т. д. Если эти биологические модели будут адекватны процессам в естественных условиях, то они могут быть применены для ускоренной оценки действия токсических веществ на почвенный биоценоз.

Весь комплекс этих исследований позволит разработать классификацию химических, токсических для микробиологических процессов веществ, а также схему ускоренного изучения и нормирования пестицидов в почве по микробиологическому показателю вре-

доносности, создать биологические препараты, предназначенные для детоксикации почвенного покрова.

Изучение процессов и закономерностей, определяющих миграцию, трансформацию и деструкцию пестицидов в почве и растениях в условиях основных экологических зон Молдавии, включено в этот же блок исследований и реализуется на названных выше экологических полигонах.

Результаты проведенных анализов свидетельствуют о закономерных, хотя и не очень резких, различиях в динамике поведения изучаемых пестицидов в зависимости от комплекса условий, характерных для каждой экологической зоны, в первую очередь от типа почвы, ее механического состава и содержания органического вещества. Исходя из типичных для каждой экологической зоны условий по названным параметрам, представляется возможность прогнозирования поведения разных пестицидов в почве в зональном аспекте и в последующем — микротерриториальном разрезе.

Эти данные будут использованы для введения соответствующих поправочных коэффициентов при разработке информационно-поисковой системы (ИПС), предназначенной для составления дифференцированных планов использования пестицидов для различных полей каждого хозяйства.

В последние годы практически во всех странах мира все больше возрастает интерес к азотфиксирующим микроорганизмам, и особенно симбионтам — клубеньковым бактериям. Им отводят большую роль в преодолении трудностей, вызванных экологическим кризисом, дефицитом белка и необходимостью охраны окружающей среды от загрязнения.

Активность биологической азотфиксации зависит от большого количества биологических и абиотических факторов, изучение, учет и частичное управление которыми способствовали бы оптимизации этого процесса.

Наши многолетние исследования, их критический анализ свидетельствуют, что на фиксацию молекулярного азота в условиях сложного и разнообразного почвенного покрова и своеобразных климатических условий Мол-

давии существенное и разностороннее влияние оказывают макро- и микроудобрения, химические средства защиты растений, орошение и другие агроприемы. Результативность применения различных агрохимикатов в большой степени зависит от их сочетаний, правильности подбора доз, а также состояния сообществ свободноживущих микроорганизмов и популяций клубеньковых бактерий, естественно обитающих и вносимых с био-препаратом.

За годы исследований разработаны теоретические основы и практические мероприятия, повышающие адаптивный потенциал бобово-ризобияльного симбиоза, поддерживающие его активность на высоком уровне, обеспечивающие рациональное и эффективное использование биологического азота в земледелии республики. В ходе этих работ выявлено, что важное значение имеет обеспеченность почв высокоэффективными штаммами, вносимыми в виде био-препаратов. В связи с этим были проведены поиск и селекция высокоактивных местных штаммов клубеньковых бактерий сои и люцерны, так как специфичные для них бобовые культуры являются наиболее важными для Молдавии. В результате подобраны штаммы, имеющие преимущества по сравнению со стандартными штаммами-эталоном, по ведущим физиологическим свойствам — активности, вирулентности, конкурентной способности. Важно, что для ряда из них характерна высокая технологичность. Четыре наиболее перспективных штамма *Rh. japonicum* проходят опытно-промышленное испытание в хозяйствах разных районов республики. Эффективность молдавских экотипов *Rh. japonicum* 47 и *Rh. meliloti* 12 проходят испытание в географической сети опытов страны. По решению межведомственной комиссии при ВНИИСХМ штамм *Rh. japonicum* 9 рекомендован для производства.

Важная задача при интенсивной химизации земледелия — подбор и селекция высокоактивных штаммов клубеньковых бактерий, устойчивых к повышенным дозам азота, гербицидов, обладающих высокой конкурентной способностью и экономным расхода-

нием углеводов — ассимилятов, используемых на фиксацию азота.

В доминирующих черноземах Центральной и Северной зон МССР изучено влияние комплексного применения нитрагинизации, орошения, микро-, макроудобрений, гербицидов и на формирование и активность бобово-ризобияльного симбиоза, уровень симбиотической азотфиксации, урожай и его качество. Выявлены оптимальные сочетания, позволяющие существенно повысить продуктивность бобовых и активность симбиотической азотфиксации. Установлено, что внесение повышенных доз азота на посевах сои свыше N_{60} и люцерны свыше N_{60-90} нецелесообразно и экономически неоправдано, даже в условиях орошения.

В наших исследованиях большое внимание уделено изучению роли сортовых особенностей растения-хозяина в активности бобово-ризобияльной системы. Изучены разные сорта сои, люцерны, фасоли, отличающиеся по биологическим, генетическим и хозяйственным признакам. На примере сравнительного изучения 59 сортов сои, включающих образцы из стран разных континентов, а также районированные и перспективные сорта из разных краев, областей и республик Советского Союза, установлено, что их отзывчивость на инокуляцию одним и тем же штаммом была разной. При инокуляции у сопоставляемых сортов количество клубеньков варьировало от 8 до 105 шт. на растение, их масса — от 0,48 до 3,60 г, содержание азота в клубеньках — от 4,29 до 5,57%, вес вегетативной массы — 37,0—110,8 г (контроль 24,0—78,8 г); повышалось содержание белка в надземной массе — 0,2—3,5%, увеличивался урожай зерна на 16,4—68,3%. Фиксация молекулярного азота составляла от 17 до 135 кг/га.

Накопленный материал позволил выявить высокопродуктивные сорта сои, способные формировать активную бобово-ризобияльную систему, интенсивно фиксирующие азот атмосферы. Они могут служить исходным материалом для селекции кормовых и зерновых сортов сои интенсивного типа, отвечающих требованиям современного сельскохозяйственного производства.

Разработаны научные основы и первичный регламент получения био-препарата типа нитрагин-ризобия на основе местных экотипов клубеньковых бактерий, ризосферных микробов-стимуляторов, нового наполнителя лигнина — бросового отхода гидролизной промышленности. Осваивается полупромышленное производство ризобия для нужд хозяйств республики в этом препарате на посевах сои и люцерны.

В последние годы большое внимание уделяется изучению в почвах основных эколого-географических зон республики, жизнедеятельности свободноживущих азотфиксирующих микроорганизмов при разной антропогенной нагрузке под естественными и искусственными фитоценозами.

Выявлено существенное влияние на формирование азотфиксирующих сообществ растительного покрова, применения удобрений и гербицидов. На посевах бобовых культур, особенно люцерны, значительно повышается численность и азотфиксирующая способность свободноживущих азотфиксаторов.

Впервые установлено, что в условиях Молдавской ССР на корнях люцерны и кукурузы, культивируемых в черноземных почвах Центральной зоны республики, обитают значительные количества активных азотфиксаторов рода *Azospirillum*.

С целью выявления условий, способствующих активизации процессов азотфиксации за счет деятельности свободноживущих микроорганизмов, предусматривается значительное расширение и углубление исследований новых групп азотфиксирующих микроорганизмов, особенно обитающих на корнях пшеницы, кукурузы, находящихся в тесном взаимодействии с растением и влияющих друг на друга продуктами метаболизма.

Важнейшей задачей дальнейших исследований по этому блоку должно стать сопряженное изучение динамики, количества и состава почвенных микроорганизмов, их активности и обусловливаемых ими процессов, определяющих биологическую жизнь почвы, как показатель ее плодородия, в зависимости от эколого-географиче-

ских условий отдельных элементов и комплекса антропогенного воздействия в современном земледелии.

Эти показатели должны быть доведены до уровня индикаторов, подтверждающих обоснованность применения отдельных приемов и комплексных систем в растениеводстве и зем-

леделии по их воздействию на интенсивность и эффективность мобилизации почвенного плодородия в современном сельскохозяйственном производстве с целью его перевода на адаптивную основу.

Поступила 12.IV 1983

М. Ф. ЛУПАШКУ, М. Ф. ЛАЛА, В. М. БОГУСЛАВСКИЙ

РЕЗЕРВЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВОГО БЕЛКА

Одной из наиболее важных задач, выдвинутых XXVI съездом и майским (1982 г.) Пленумом ЦК КПСС в области развития кормопроизводства и повышения продуктивности животноводства, является решение проблемы растительного белка. В связи с интенсификацией животноводства проблема обеспечения сельскохозяйственных животных протеином приобретает все большую значимость.

В условиях Молдавии, где степень распаханности земель очень высока, основным источником увеличения производства кормов и сбора протеина является полевое кормопроизводство. Основные резервы повышения сбора протеина в полевом кормопроизводстве — совершенствование структуры посевных площадей; создание высокоурожайных сортов с повышенным содержанием протеина; выращивание злаковых культур в смешанных посевах с бобовыми и другими высокобелковыми культурами; сбалансированное внесение удобрений; применение орошения; своевременное проведение других агротехнических мероприятий и уборки урожая, создание интенсивных кормовых севооборотов на орошаемых землях и др.

Совершенствуя структуру посевных площадей, следует отдавать предпочтение бобовым культурам. Они содержат в 2—3 раза больше белка, чем злаковые, характеризуются относительным его избытком в расчете на одну кормовую единицу. Белок бобовых более полноценен по аминокислотному составу, чем белок злаковых, он больше содержит незаменимых аминокислот; у бобовых культур в

расчете на единицу площади выход белка значительно больше, чем у злаковых, растительный белок бобовых культур самый дешевый; эти культуры при благоприятных условиях выращивания усваивают азот воздуха, недоступный другим полевым культурам. Бобовые, особенно многолетние травы, являются прекрасными предшественниками для большинства полевых культур, так как с их корневыми и пожнивными остатками в почве остается значительное количество азота и других элементов питания.

Восполнение белкового дефицита и проблема снабжения растениеводства азотом в значительной степени сводится к максимально возможному увеличению размеров фиксации атмосферного азота бобовыми растениями в симбиозе с клубеньковыми бактериями. Биологический азот является основой естественного плодородия почв, повышает урожай бобовых и последующих за ними культур, способствует накоплению высококачественного белка растениями.

В Отделе микробиологии АН МССР впервые в Молдавии разработаны теоретические основы комплексного применения ряда агротехнических мероприятий для конкретных экологических зон, обеспечивающие эффективное и рациональное использование симбиотической азотфиксации и значительное повышение продуктивности основных бобовых культур в условиях интенсивной химизации земледелия. Обращено внимание на совместное использование нитратов с умеренными дозами минеральных удобрений, особенно азотных,

микроэлементами.

В течение ряда лет ведется подбор и селекция новых высокоактивных и конкурентноспособных штаммов клубеньковых бактерий, изыскиваются сорта бобовых, характеризующихся не только хозяйственно ценными свойствами, но и отзывчивые на инокуляцию клубеньковыми бактериями при культивировании их на богаре и орошении.

На их основе разработаны практические мероприятия, которые успешно внедряются в республике, а также проходят опытно-производственную проверку.

Из зернобобовых культур наиболее ценными в условиях Молдавии являются соя и горох, а из многолетних трав — люцерна и эспарцет. Используя эти культуры, можно решить проблему растительного белка в кормопроизводстве. Задача состоит в том, чтобы путем дальнейшей интенсификации их возделывания добиться стабильной по годам урожайности сои 18—20 ц/га, гороха 25—30 ц/га, а зеленой массы люцерны и эспарцета 400—500 ц/га.

Нашими многолетними опытами установлено, что на регулируемых фонах уже в первый год жизни травостой люцерны способен обеспечить 440—470 ц зеленой массы, что эквивалентно 79—85 ц кормовых единиц и 15—17 ц переваримого протеина с каждого гектара.

В условиях орошения при 4—5 укосах люцерны дает урожай зеленой массы 800—900 ц и более.

Результаты научных исследований, подтвержденные производственной практикой, указывают, что оптимальная структура посевных площадей кормовых культур должна включать 45—50% площадей многолетних бобовых трав (главным образом люцерну), 12—15% площадей однолетних кормовых культур и их смеси (для получения двух-трех урожаев в год), 30—35% кукурузы на силос и 5—7% кормовых корнеплодов. Однако в зависимости от экологических зон республики и специфики хозяйств данная структура посевных площадей кормовых культур будет изменяться.

Одним из резервов повышения сбора протеина в полевом кормопро-

изводстве является создание сортов кормовых культур интенсивного типа — с высокой урожайностью, устойчивостью к болезням, повышенным содержанием протеина. За последние годы в республике создан целый ряд таких сортов.

Лаборатория программирования урожая кормовых культур Отдела микробиологии АН МССР в настоящее время проводит исследования по созданию высокоэффективных агрофитоценозов на основе подбора наиболее продуктивных видов и сортов кормовых растений; изучения их компенсаторно-адаптивных возможностей, коэффициента использования приходящей ФАР, конструирования интенсивных кормовых севооборотов для различных экологических зон республики.

Важным резервом увеличения производства кормов и улучшения их качества прежде всего за счет повышения содержания в них протеина являются промежуточные, уплотненные и поукосные посевы, позволяющие на орошении получать с одной площади два-три урожая в год.

Экспериментальными исследованиями с последующей проверкой их результатов практикой установлено, что при использовании двух культур (перко и кукурузы на силос), суммарная их продуктивность достигала 1200—1500 ц зеленой массы, или 200—250 кормовых единиц и 25—30 ц переваримого протеина с гектара.

При трех урожаях в год высокие результаты получены при включении в агрофитоценозы следующих культур: озимой ржи с озимой викией, кукурузы с соей, гороха с подсолнечником или викией с овсом, или озимого рапса.

За счет рационального сочетания культур в основных и промежуточных посевах и освоения интенсивных кормовых севооборотов в условиях Молдавии можно бесперебойно получать зеленую массу с низкой себестоимостью в течение всего периода вегетации.

Большое значение для увеличения содержания протеина в зеленой массе кормовых культур, а также в сене и силосе имеет возделывание одно-

летних злаковых культур (кукуруза, сорго, рожь, райграс, овес) с бобовыми (горох, соя, вика). Смешанные посевы дают возможность собрать с 1 га на 40—60% протенна больше, по сравнению с одновидовыми их посевами.

Мощным фактором, определяющим уровень урожая кормовых культур и их качество, является орошение, а также применение органических и минеральных удобрений.

Многолетними исследованиями установлено, что наиболее ценными для возделывания на орошаемых землях являются люцерна, соя, кормовая свекла, кукуруза на силос. Так, люцерна при орошении дает 130—180 ц/га сена высокого качества.

При возделывании высокобелковой культуры сои при орошении получают по 35 ц/га зерна, а однолетних кормовых культур в двух-трех урожаях по 600—900 ц/га зеленой массы.

Значительно возрастает продуктивность кормовых культур при орошении в сочетании с использованием удобрений, особенно возделываемых на бедных эродированных почвах. Каждый внесенный килограмм действующего вещества удобрений на фоне орошения обеспечивает дополнительное получение 10—25 кормовых единиц и увеличение содержания протенна на 1—3%.

Согласно экспериментальным данным и экономическим расчетам, внесение под кормовые культуры 100—120 кг действующего вещества органических и минеральных удобрений на гектар даст дополнительно по республике свыше 90 тыс. т переваримого протенна.

В условиях интенсификации производства важнейшим резервом увеличения производства кормового протенна является разработка и внедрение специализированных кормовых севооборотов с основами программирования урожая.

Исходя из этого в лаборатории конструирования агрофитоценозов кормовых культур и программирования их урожая в АН МССР разрабатывают модели программирования урожая кормовых культур для получения в среднем за одну ротацию се-

вооборота 1700—2000 кг переваримого протенна с гектара в год, повышения коэффициента использования приходящей энергии ФАР растениями до 2,5—3,0% (против 0,6—1,2%, достигнутого в производственных условиях). Выход кормовых единиц при этом должен составить 15—17 тыс. с гектара в год.

В конечном счете будут разработаны конкретные модели программирования урожая кормовых культур, охватывающие комплекс агротехнических приемов и использование наиболее продуктивных видов и сортов кормовых культур, регулирование водного и пищевого режимов, определение оптимальной продуктивности в зависимости от агрофона. Так, в звене получения трех урожаев в год в среднем за 1980—1982 гг. суммарный сбор составил 1736 ц/га зеленой массы, что соответствует 282 ц/га кормовых единиц и 3798 кг/га переваримого протенна. В двух звеньях с включением зерновых при уплотнении пожнивными культурами (1-й год: озимая пшеница на зерно, поукосно — кукуруза на силос, 2-й год: перко на зеленый корм, соя на зерно, 3-й год: кукуруза на зерно) собрано в среднем 144 ц/га кормовых единиц и 1413 кг/га переваримого протенна.

Для звена люцерны в среднем за три года (в 3-м году получен один укос люцерны, поукосно кукуруза на силос, поукосно перко (РУН) урожай зеленой массы достиг 1035 ц/га, кормовых единиц 160 ц/га и переваримого протенна 2973 кг/га при КПД ФАР в среднем 2,0—2,8%. Таким образом, программирование урожая кормовых культур позволяет получать высокие и стабильные урожаи даже в годы с экстремальными условиями климата (какими явились 1981 и 1982 гг.).

Существенным резервом укрепления кормовой базы общественного животноводства является повышение эффективности использования высокобелковых зеленых растений. Это в первую очередь относится к зеленой массе люцерны. При этом следует обратить внимание на разработку энергоэкономных технологий заготовки, переработки и хранения, обеспечивающих максимальное сохранение питательных веществ.

При существующих традиционных способах заготовки зеленой массы наблюдаются большие потери питательных веществ. Так, при заготовке сена обычным способом они достигают 35—50%, методом активного вентилирования — 20—25%, при приготовлении сенажа — 7—10%, витаминно-травяной муки — 5—8%.

Применение химических консервантов — эффективное средство сокращения потерь при хранении, однако его распространение сдерживается их недостаточной доступностью.

Известно, что уровень потерь и качество получаемого корма во многом определяется направленностью и интенсивностью микробиологических процессов, что в свою очередь значительно зависит от микробной обсемененности заготавливаемой массы, совершенства и степени соблюдения применяемой технологии.

Учитывая большое влияние, оказываемое эпифитной микрофлорой на микробиологические и биохимические процессы, происходящие при хранении кормов, в Отделе микробиологии АН МССР изучается влияние эколого-географических, погодных, антропогенных и других факторов на ее количественный и качественный состав. Установлены некоторые закономерности ее динамики, учет которых позволит прогнозировать оптимальные технологии заготовки.

Результаты трехлетних исследований по направленному воздействию на эпифитную микрофлору непосредственно растущих растений показали возможность ее изменения в сторону увеличения количественного и качественного состава полезных и уменьшения вредных и нежелательных видов.

Особое значение придается разработке микробиологических и биохимических основ использования одного из ценнейших компонентов высокобелковых растений — протенна. В зеленой массе люцерны, например, в среднем по республике на одну кормовую единицу приходится около 180 г переваримого протенна. В рационах крупного рогатого скота потребность переваримого протенна на одну кормовую единицу составляет в среднем 110 г.

Таким образом, летние рационы крупного рогатого скота, в которых значительный удельный вес занимает люцерна, перенасыщены протенном, что ведет не только к нерациональному его расходованию, но и влечет за собой снижение продуктивности из-за белкового перекорма. В этот же период моногастричные животные и птица испытывают в нем острый недостаток. Недостаток протенна ощущается и в зимних рационах всех видов сельскохозяйственных животных.

Одним из технологических приемов, обеспечивающих повышение эффективности использования протенна зеленых растений, а также сокращение потерь при заготовке, является так называемое влажное фракционирование, конечная цель которого — получение высококачественного белково-витаминного концентрата. Для его приготовления зеленую массу дополнительно измельчают и с использованием прессования разделяют на две фракции — пресс-остаток с повышенным содержанием клетчатки и зеленый сок с повышенным содержанием протенна, каротина и водорастворимых биологически активных веществ. Пресс-остаток может быть использован для приготовления витаминно-травяной муки. При этом производительность высокотемпературных барабанных сушилок увеличивается в 1,8—2,0, раза, сокращаются затраты электроэнергии на 1 т муки на 80 кВт/ч и горючего на 70—75 кг.

В травяной резке из отжатой массы содержится 77% сухого вещества, 16% протенна, 24% клетчатки, 2,7% жира. Содержание каротина превышает 100 мг/кг, витамина Е — 150 мг/кг, витамина С — 50 мг%.

Отжатая зеленая масса — отличное сырье для производства сенажа. Ферментативные процессы в данном случае прекращаются на несколько дней раньше, что сокращает потери питательных веществ.

Пресс-остаток в свежем виде охотно поедается крупным рогатым скотом, а содержание в нем протенна, хотя и меньше, чем в зеленой массе, но вполне достаточно для сбалансирования рациона. При использовании пресс-остатка исключаются нежела-

тельные явления, часто встречающиеся при кормлении свежей травой — расстройство желудочно-кишечного тракта, тимпания, белковый перекорм и др. Имеются литературные данные о том, что использование пресс-остатка при откорме крупного рогатого скота способствует увеличению приростов массы за счет большего потребления сухих веществ.

Зеленый сок, полученный после прессования зеленой массы, содержит 10—12% сухих веществ, свободные аминокислоты, сахара, витамины, минеральные вещества, а также значительное количество легкоусвояемого белка, что придает ему значительную ценность, как кормовому средству. Однако следует иметь в виду, что в люцерновом соке наряду с этим имеются сапонины и другие ингибиторы продуктивности животных.

В свежем виде зеленый сок может быть использован в кормлении подсосных свинок живой массой 30—60 кг в количестве до 3 кг на голову в сутки. Это позволяет экономить в их рационах обрат, рыбную муку и способствует получению беконной свинины.

Для получения белково-витаминного концентрата зеленый сок подвергают термической обработке для коагуляции белка, затем полученный коагулят отделяют и сушат. По такой технологии работает экспериментальный цех в производственном объединении «Колхозживпром» Комратского района.

В создании этого цеха и отработке технологии участвовали ученые различных подразделений Академии наук Молдавской ССР, специалисты Совета колхозов Молдавской ССР и Комратского района, Госкомсельхозтехники, а также специалисты из других республик. В 1982 г. в цехе произведено около 12 т сухого препарата, который содержал в абсолютно сухом веществе 61,9% «сырого» протеина и 570 мг/кг каротина.

В настоящее время в АН МССР разрабатываются методы коагуляции белка с применением управляемого культивирования микроорганизмов в анаэробных условиях. Это позволит отказать от термической коагуляции, что приведет к снижению энергоемкости процесса и, кроме этого,

повысит качество получаемого концентрата, освободит его от сапонинов и других ингибиторов продуктивности животных.

В качестве отхода производства белково-витаминного концентрата получают так называемый коричневый сок, богатый питательными веществами, витаминами, микроэлементами и т. д. Достаточно сказать, что в нем содержится 1,5—4,0% сахаров, а в абсолютно сухом веществе 23—27% белка. Однако он не может быть использован непосредственно в рационах животных из-за токсичности.

С целью перевода производства ЛПК на безотходную технологию коричневый сок был использован при силосовании соломы с применением микроорганизмов молочнокислого брожения, микробных метаболитов и различных биологически активных веществ.

В результате установлена возможность получения качественного сочного корма. При этом обеспечивается эффективная утилизация коричневого сока и безотходность производства. В производственных условиях Комратского района способ проходит производственную проверку. По своему биохимическому составу коричневый сок может быть использован в качестве питательной среды микроорганизмами для получения белка и других кормовых средств.

Исследования показали возможность получения на коричневом соке молочнокислых заквасок для силосования и сенажирования. В данном случае оказалось эффективным использование культуры № 10, выделенной из эпифитной микрофлоры.

Из всех изучаемых культур дрожжей для получения биомассы наиболее перспективными оказались *Hansenula anomala*, *Rhizobium gracilis* и *Candida rugosa* № 176, выделенная из эпифитной микрофлоры.

Способность к накоплению биомассы дрожжей *Rh. gracilis* можно значительно повысить путем адаптации к специфическим условиям культивирования на коричневом соке путем многократных пассажей на твердой среде. Эта же культура дрожжей обладает наибольшей сапониноразрушающей способностью, что коррелирует с

повышенной β-гликозидазной активностью.

Применение метода влажного фракционирования позволит получить из каждой тонны зеленой массы люцерны 20—25 кг белково-витаминного концентрата с содержанием 55—60% белка и, кроме этого, на отходе производства — коричневом соке — до 15 кг микробного белка, а также более рационально использовать в кормлении животных ценнейшую белковую культуру люцерну.

Совершенствование организационной структуры полевого кормопроизводства, укрепление материально-технической базы, внедрение новых сортов и видов кормовых культур, комплексных технологий, достижений науки и передового опыта способствовали значительной интенсификации отрасли.

В десятой пятилетке по сравнению с девятой при уменьшении площадей кормовых культур на 11% валовое производство кормов увеличилось на 17,6%, растительного белка — на 21, а выход с гектара соответственно на 24 и 33%. Рост производства и улучшение качества кормов в значительной мере произошли за счет совершенствования структуры посевных площадей кормовых культур, прежде всего расширения более чем в 2 раза площадей под люцерной, усовершенствования системы семеноводства, подбора сортов, увеличения посевов кормовых культур

на орошаемых землях, внедрения прогрессивных технологий их возделывания.

Проблема повышения производства белка требует всестороннего комплексного подхода. В научном плане решение проблемы увеличения производства и повышения эффективности использования белка должно идти по следующим направлениям:

— интродукция новых высокобелковых кормовых культур;

— создание новых высокопродуктивных сортов и гибридов кормовых культур;

— совершенствование технологии возделывания кормовых культур на богаре и на орошении с применением методов программированного выращивания урожая;

— выращивание двух-трех урожаев кормовых культур с единицы площади;

— эффективное использование органических и минеральных удобрений под кормовые культуры;

— совершенствование структуры посевных площадей в кормовом клине с учетом зернофуражных культур;

— разработка интенсивных кормовых севооборотов на орошаемых землях;

— разработка энергоэкономных технологий заготовки, переработки и хранения высокобелковых кормов.

Поступила 12.IV 1983

А. И. БАЛАШОВ, Э. И. ЗЕЛИКОВСКИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для экспериментального изучения адаптивных реакций растений в условиях регулируемой внешней среды в лаборатории экологической генетики Академии наук Молдавской ССР в 1980—1982 гг. был создан экспериментальный автоматизированный проблемно-ориентированный комплекс «Фитотрон-1» (рис. 1). Разработка комплекса, его внедрение и опытная эксплуатация велась коллективами ученых и инженеров лаборатории экологической генетики, отдела биологического приборостроения

СКТБ Института прикладной физики АН МССР и Центра автоматизации научных исследований и метрологии АН МССР [1—3].

Экологическая генетика предъявляет более высокие требования к инструментальному оснащению экспериментальных исследований, поскольку они несравненно шире и сложнее, чем традиционные исследования, выявляющие зависимости отдельных физиологических процессов от факторов внешней среды. Современный экологи-

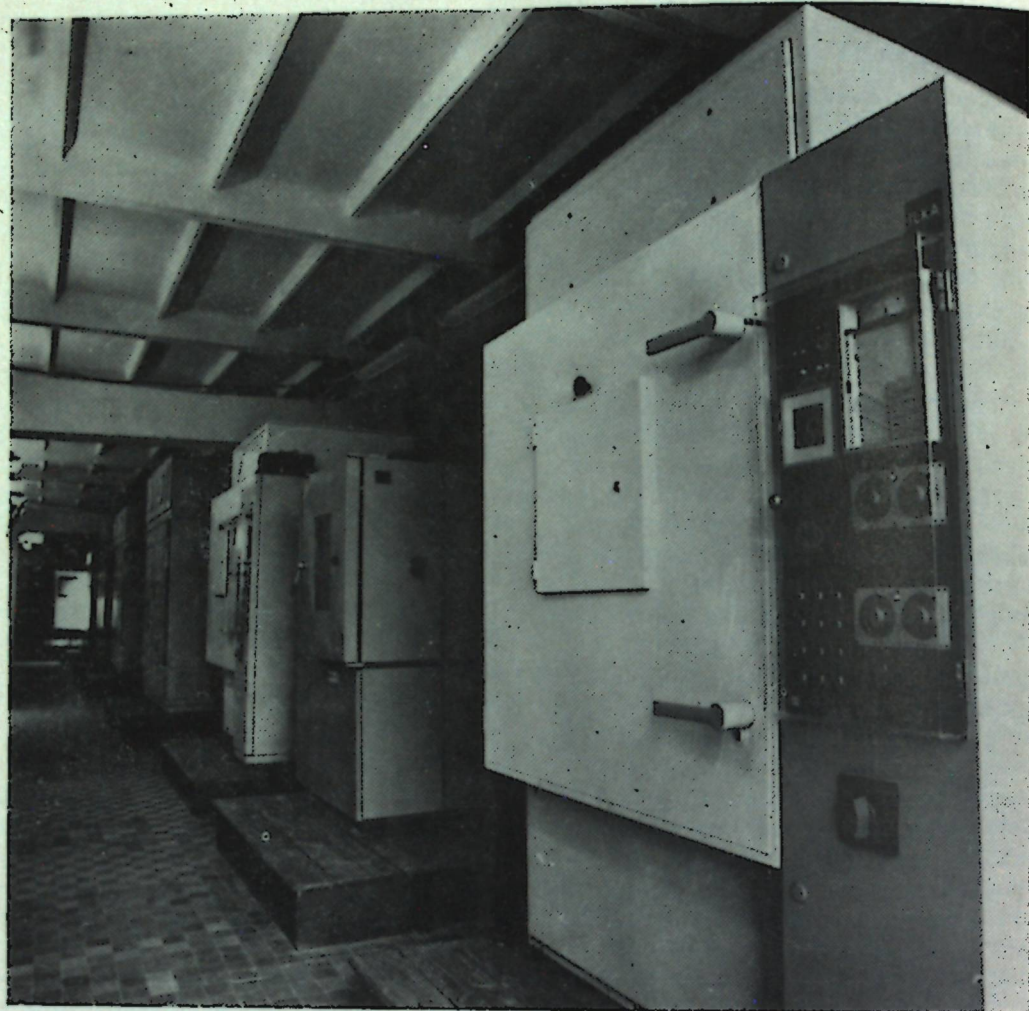


Рис. 1. Общий вид комплекса «Фитотрон-1»

генетический эксперимент, объектом которого является сложная многофункциональная система объект—среда, требует одновременного измерения большого числа разнообразных физиологических, биофизических и биохимических параметров. Провести эксперименты на таком уровне сложности возможно только при создании автоматизированных измерительно-вычислительных систем.

Проблемно-ориентированный комплекс для эколого-генетических исследований должен обеспечивать решение нескольких классов нетрадиционных задач таких, как нахождение оптимальных соответствий генотип—среда, экологическая паспортизация сортов, идентификация генотипов в расщепляющихся популяциях, выяв-

ление физиологических и биофизических механизмов саморегуляции растений и др.

Наряду с решением научных задач на экспериментальном комплексе отрабатываются технические и методические решения для строящегося «Фитотрона-2» Биологического центра АН МССР.

В настоящей работе дано описание экспериментального комплекса, приведены варианты информационно-измерительных систем на его базе, рассмотрены некоторые особенности его эксплуатации. Экспериментальный комплекс — динамическая, постоянно развивающаяся структура, поэтому приведенное описание соответствует состоянию ввода комплекса в опытную эксплуатацию (январь, 1983 г.).

Устройство комплекса и его основные технические характеристики

Рассматриваемый комплекс представляет собой совокупность архитектурно-технических средств (специальные помещения, технологические, измерительные и вычислительные устройства) и видов обеспечения (энергетическое, агротехническое, методическое, программное, метрологическое и др.), используемых совместно для организации одной или нескольких одновременно действующих информационно-измерительных систем различной структуры, определяемой научным экспериментом. Основными техническими средствами комплекса являются установки искусственного климата, фитометрическая и аналитическая аппаратура, измерительно-вычислительный центр с линиями связи.

Структура и размещение основного научного оборудования комплекса представлены на рис. 2. В комплекс входит стандартная аппаратура, специально приспособленная и доработанная для решения эксперименталь-

ных задач по той или иной проблеме. Исключение составляет фитометрическая аппаратура, особенно в части первичных измерительных преобразователей и систем сопряжения с объектом, которые разработаны и изготовлены с учетом базового объекта научных экспериментов (томаты).

Набор установок искусственного климата включает пять вегетационно-климатических шкафов ВКШ-73, две вегетационно-климатические камеры КВ-1Р, две климатермосветокамеры КТЛК-1250 и климатизационная камера типа КВК-250-1. Некоторые узлы серийных климатических камер в процессе создания комплекса подверглись модернизации с целью улучшения их функциональных и метрологических характеристик [4]. Общая рабочая площадь регулируемой среды — около 25 м². Используемые установки искусственного климата обеспечивают проведение экспериментов при температурах от — 20 до 60°С, влажности от 30 до 97% и освещенности до 50 клк. Автономная система контроля и регулирования параметров среды в климокамерах и програм-

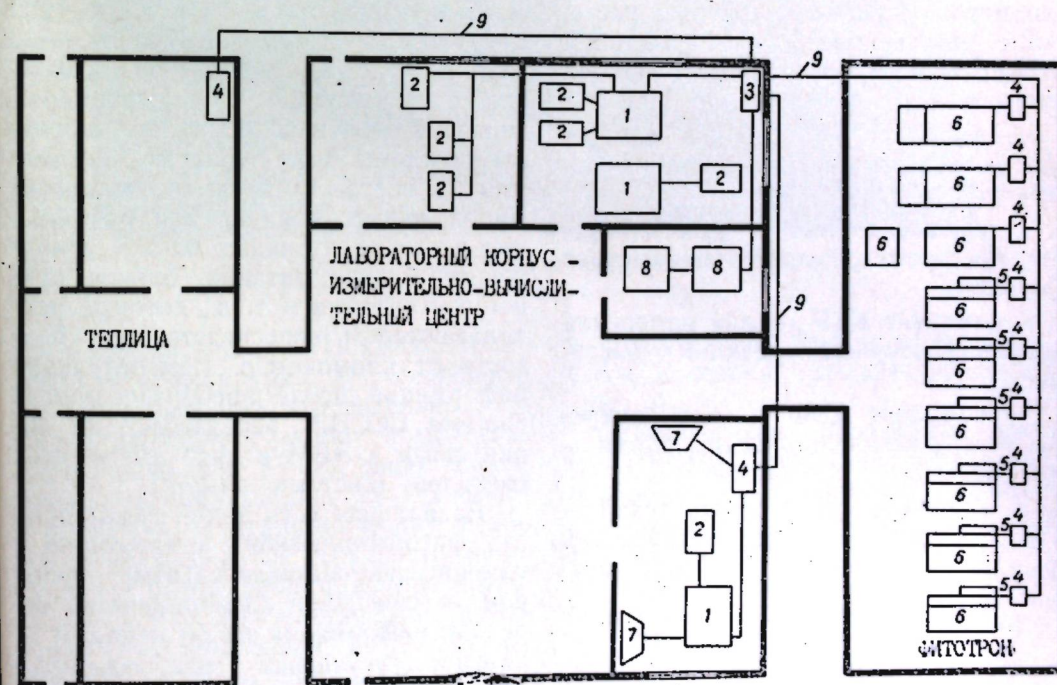


Рис. 2. Схема размещения основного оборудования и линий связи экспериментального комплекса «Фитотрон-1»:

1 — измерительно-вычислительный комплекс ИВК; 2 — дисплей; 3 — шкаф кроссовый; 4 — коробка кроссовая; 5 — комплект фитометрической аппаратуры; 6 — установки искусственного климата; 7 — комплект аналитической аппаратуры; 8 — комплект «Морфоквант»; 9 — кабель связи

Технические характеристики фитометрических средств

Фитометрические средства	Диапазон измерения	Погрешность	Количество
Первичные измерительные преобразователи температуры листьев и воздуха разности температур листа и воздуха температуры почвы относительной влажности воздуха скорости кислородного потока тургесцентности осевых органов растения биопотенциалов влажности почвы освещенности (интегральной)	- 5 ÷ + 60°C	1°C	24
	- 10 ÷ + 10°C	0,2°C	10
	- 10 ÷ + 50°C	1°C	8
	40 ÷ 95%	10%	5
	0 ÷ 5 мл/ч		24
	(-1 ÷ +1) · 10 ⁻³ м	2%	5
	- 0,2 ÷ + 0,2 В	5%	48
	10 ÷ 35% абс. вл.	5%	5
	10 ÷ 100 клк	5%	5
	<i>Приборы и измерительные системы</i>		
Биомассометр	0,1 ÷ 5 кг	2 г	1
Ауксонометр	0 ÷ 150 мм	1 мм	2
Фарометр	250 Вт/м ²	5%	1
Измеритель площади листьев	10 ÷ 150 см ²	2,5%	1

мно-задающие устройства обеспечивают изменение температуры, влажности и освещенности по суточному графику.

Фитометрическая аппаратура комплекса позволяет получать измерительную информацию от растений *in vivo* и внешней среды при проведении экспериментов. Аппаратура включает пять базовых комплектов:

— комплект ККС — для изучения параметров корневой системы растений с независимым регулированием влажностно-температурного режима почвы;

— комплект КФТ — для измерения фотосинтеза и транспирации целого растения;

— комплект КБА — для измерения ауксонометрических параметров растения;

— комплект КТР — для измерения терморегуляторных реакций растения;

— комплект КЭФ — для измерения электрофизиологических параметров растения.

В таблице приведены технические характеристики фитометрических средств, входящих в базовые комплекты.

Фитометрическая аппаратура частично располагается внутри установок искусственного климата (первичные измерительные преобразователи — датчики) и снаружи (вторичные измерительные преобразователи — электронные блоки).

Для пространственного размещения первичных измерительных преобразователей в объеме климокамер и на органах растений, а также для обеспечения помехозащищенности измерительной информации по тракту датчик-электронный блок разработана унифицированная система сбора и сопряжения (ССС-12), позволяющая одновременно подключать до 24 измерительных каналов. В каждой климокамере типа ВКШ-73 и КТЛК-1250 могут быть установлены две системы СССР-12 (рис. 3), а для сбора информации с растений в климокамерах типа КВ-1Р и в теплицах, разработаны системы типа «Паук». Помимо этого в состав системы сбора информации входят корпуса для размещения в них электронных блоков сопряжения, блоков питания, блоков ручной коммутации и т. д., которые располагаются в непосредственной близости от климокамер. Измерительная информация после преобразования в системе СССР-12 передается по линии связи в ЭВМ в виде аналоговых сигналов (система *on-line*).

Радиальная сеть линий связи между фитометрической аппаратурой и измерительно-вычислительным центром обеспечивает одновременную передачу информации по 50 каналам от каждой установки искусственного климата и 125 каналам от тепличного комплекса.

Метрологическое обеспечение комплекса распространяется на измерительные каналы от датчика до цифро-

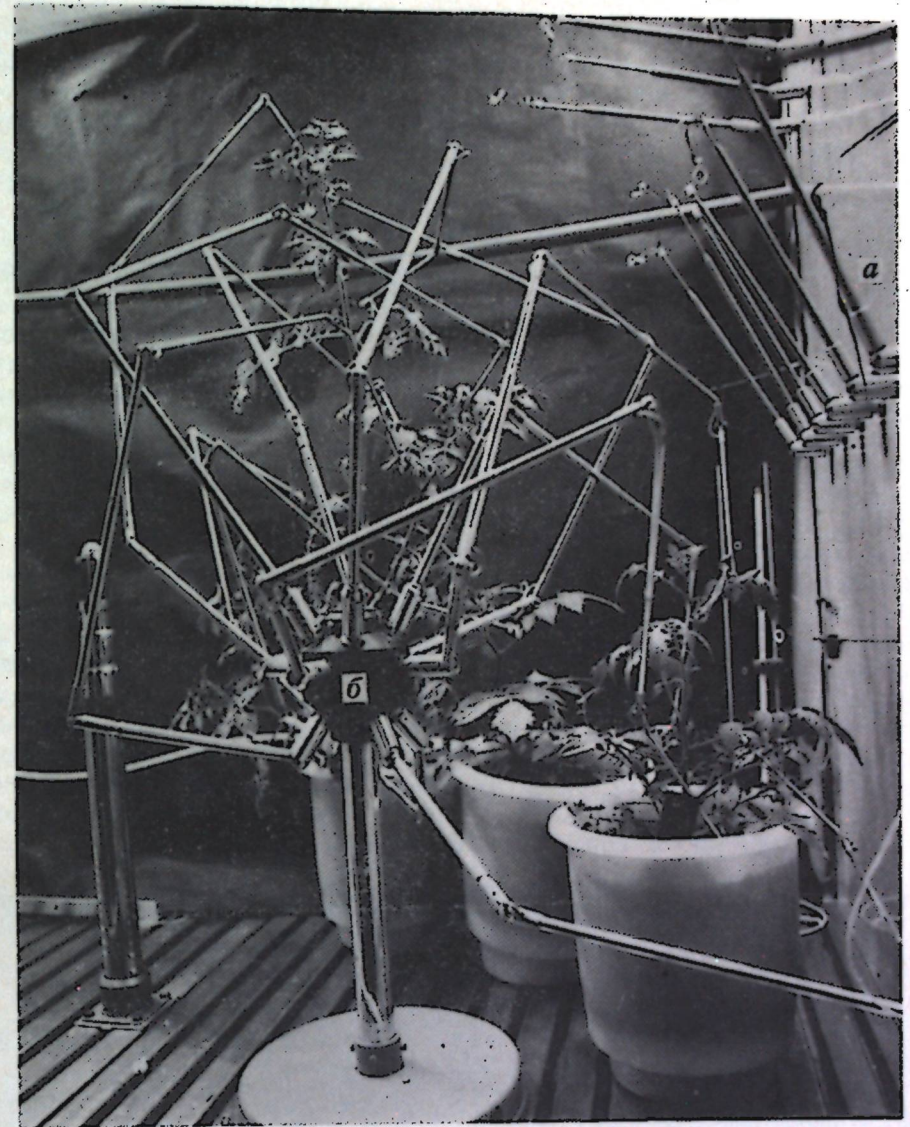


Рис. 3. Система сбора и сопряжения СССР-12:
а — «Панель»; б — «Паук»

вого вольтметра (АЦП) вычислительного комплекса (рис. 4). Метрологическая аттестация измерительных каналов проводится либо комплексно (преобразование $X-N$), либо поэлементно (преобразование $X-Y$ и $Y-N$) в статическом и динамическом режимах. Наибольшую трудность представляет собой аттестация преобразования $X-Y$. Метрологическая аттестация преобразования $Y-N$ для экспериментального комплекса была проведена Госстандартом МССР.

Измерительно-вычислительный центр включает три отечественных измерительно-вычислительных комплекса ИВК-7, ИВК-8 и ИВК-3, в состав

которых входят ЭВМ серии СМ-3 и СМ-4 и стойки аппаратуры АСЭТ (рис. 5).

Программное обеспечение (система ДОРЭД-2) реализует организацию процессов сбора, хранения, обработки и визуализации экспериментальных данных и функционирует под управлением операционной системы РАФОС. Оно разработано по модульному принципу с применением идеи структурного программирования и нисходящего проектирования и тестирования. Документация изготовлена на машинных носителях.

Система ДОРЭД позволяет накапливать до 700 тыс. измерений от 250

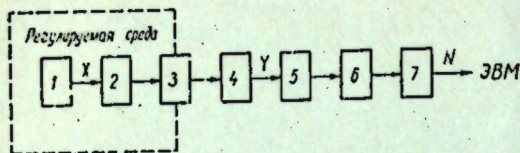


Рис. 4. Структурная схема фитометрического канала комплекса «Фитотрон-1»:

1 — объект; 2 — первичный измерительный преобразователь; 3 — система съема и сопряжения; 4 — вторичный измерительный преобразователь (электронный блок); 5 — линия связи; 6 — коммутатор; 7 — аналого-цифровой преобразователь

экспериментов с минимальным периодом регистрации 1 с. Система позволяет выбирать «зону интереса» в любом экспериментальном материале, строить зависимость параметра от параметра, вычислять значения основных статистических параметров эксперимента, обеспечивает визуализацию результатов на экране алфавитно-цифрового дисплея и распечатывать результаты на твердую копию. Система обеспечивает многопользовательский режим работы. Для удобства работы пользователей дисплеи вынесены в отдельный дисплейный зал [5].

Разработанные технические и фитометрические средства в сочетании

с измерительно-вычислительной техникой и разработанным программным обеспечением позволяют при проведении экспериментов организовать различные варианты информационно-измерительных систем.

Информационно-измерительная система ИИС-1. Предназначена для изучения терморегуляторных реакций растений (измерение разности температур лист-воздух, скорости водных потоков, уровня транспирации, тургесцентности и др.). При этом она обеспечивает одномоментное измерение температур (до 24 точек контроля) и водных потоков по отдельным органам целого растения и позволяет сопоставлять реакции генотипов на воздействие среды.

Информационно-измерительная система ИИС-2. Предназначена для изучения параметров корневой системы растений в условиях раздельного регулирования параметров среды надземной и подземной частей растений. Разработанная для комплекса ризокамера обеспечивает создание градиентов температуры в почве, характерных для весенне-летнего и осенне-



Рис. 5. Общий вид измерительно-вычислительного центра

зимнего периода, т. е. имитирует условия «физиологической засухи».

Информационно-измерительная система ИИС-3. Предназначена для изучения фотосинтеза и транспирации целых растений в условиях регулируемых параметров внешней среды. При этом система позволяет контролировать температуру, отдельных органов растения, водные потоки, тургесцентность и др. (до 8 параметров).

Информационно-измерительная система ИИС-4. Предназначена для изучения ауксонометрических и биомассометрических показателей в условиях регулируемых параметров внешней среды. Разработанный для системы биомассометр обеспечивает динамическое измерение сырой биомассы вегетирующего растения. Одновременно учитывается количество транспирационной воды.

Информационно-измерительная система ИИС-5. Предназначена для изучения электрофизиологических параметров растений. Одномоментно с различных органов растений при помощи неполяризуемых электродов можно осуществлять 48 отведений экстраклеточных биопотенциалов.

Все перечисленные системы работают под программным обеспечением системы ДОРЭД-2 на комплексы ИВК-7 и ИВК-8.

Для измерительно-вычислительного комплекса ИВК-3 разработана программа автоматической регистрации и обработки термограмм с микробомбовых калориметров МК-2 и программа для автоматического анализа денситограмм электрофоретической оценки генотипов.

В состав экспериментального ком-

плекса включен автоматический анализатор микрообъектов «Морфоквант» (производство ГДР), позволяющий кроме цитологического и гистохимического анализов хромосом проводить исследование по пыльцевой селекции. Для расширения функциональных возможностей анализатор подключен к измерительно-вычислительному комплексу ИВК-7.

Автоматизированный проблемно-ориентированный экспериментальный комплекс «Фитотрон-1» введен с 1983 г. в опытную эксплуатацию. Проводимые на комплексе эксперименты позволяют кроме получения научных результатов выявить необходимость доработки отдельных технических, метрологических и организационных решений и наметить программу дальнейших работ по инструментальному оснащению биологических исследований, проводимых Академией наук МССР по комплексной проблеме «Биологические основы адаптивной системы сельского хозяйства в условиях его интенсификации и крупномасштабной концентрации».

ЛИТЕРАТУРА

1. Жученко А. А., Зеликовский З. И., Балашов А. Н. и др. — В кн.: Приборное оснащение и автоматизация научных исследований в биологии, ч. 1. Кишинев: Штиинца, 1981, с. 3—5.
2. Жученко А. А., Зеликовский З. И., Балашов А. Н. и др. — Тр. Международной школы по автоматизации научных исследований, ч. 2. Пуцшино, 1982, с. 82.
3. Жученко А. А., Казанцев Э. Ф. — В кн.: Тез. I Всесоюз. съезда биофизиков. М., 1982, — с. 128.
4. Клаузман М. М., Коган Н. С., Полевой М. В., Чебанюк В. Ф. — Бюл. ВИРА, 1982, вып. 125, с. 23—26.
5. Кузьменко С. Д. — Там же, с. 64.

Поступила 15.IV 1983

В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ШТИИНЦА» ГОТОВИТСЯ К ВЫПУСКУ В 1984 ГОДУ

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЛОДОВЫХ И ВИНОГРАДА В СВЯЗИ С УСЛОВИЯМИ ПРОИЗРАСТАНИЯ. Коллектив авторов (под ред. академика АН МССР С. И. Тома). — На русском языке. — 10 л. — 1 р. 60 к.

Освещены особенности фотосинтетической деятельности (интенсивность усвоения углекислоты, содержание и динамика пигментов, углеводный и азотный обмен, активность окислительных ферментов, продуктивность фотосинтеза и урожай) плодовых культур, винограда и пшеницы, выращенных в различных условиях минерального и органического питания, в связи с совместимостью прививочных компонентов. Сборник рассчитан на биологов, физиологов и биохимиков растений, специалистов сельского хозяйства.

Индивидуальные, а также обобщенные (организации и предприятия оформляют гарантийные письма) заказы просим направлять по адресу: 277012, Кишинев, пр. Ленина, 148, магазин «Академкинга».

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

ВАЛЕНТИН А. КОВАРСКИЙ, Г. М. КИТРАРЬ

АЛГОРИТМ КОРМЛЕНИЯ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ГОМЕОСТАЗА ТЕПЛОКРОВНЫХ ЖИВОТНЫХ

Максимальный коэффициент продукции, т. е. отношение чистой энергии к обменной энергии пищи одновременно характеризует состояние организма, при котором производство тепла минимально [6].

На основе известной теоремы Пригожина такое состояние может быть охарактеризовано как стационарное [7, 1]. Естественно, очень важна разработка алгоритмов кормления животных, обеспечивающих длительное стационарное состояние организма и максимальную эффективность использования пищи животным. Для определения рациона питания животного следует подобрать такие пропорции, которые поддерживают гомеостаз взрослого организма. По определению, гомеостаз — это устойчивость подвижного равновесия организма при достижении им стационарного состояния и предполагает возможность его восстановления, т. е. регуляции при нарушении этого равновесия [9, 8].

Пример рациона, обеспечивающего гомеостаз и максимальный коэффициент продукции лактирующего животного (опыты Денисова) [2]. Рацион кормления для поддержания гомеостаза лактирующих коров (живая масса 500—550 кг, удой 20—25 л/сут, жирность 3,0—3,3%, стельность 2,0—3,5 мес.), кг/сут: трава бобовых 22,6; кормовая капуста 16,7; травяная паста 8,7; комбикорм (15% протеина) 5,0; фосфорин 0,1; поваренная соль 0,1. Структура рациона (процент органического вещества): сочных 60,3%, концентратов 28,4%, пасты 11,3%.

В рационе содержится: сухого вещества 16,40 кг; протеина 3,66 кг; клетчатки 2,68 кг; жира 0,70 кг; обменной энергии 180,7 МДж; чистой энергии (молока) 59,5 МДж; чистой энер-

гии (отложений) 31,8 МДж; теплопродукция 89,3 МДж; коэффициент продукции 0,5; баланс азота 54,1 г. Переваримость веществ, %: органического вещества 74,7; протеина 76,8; жира 68,3; клетчатки 58,5; БЭВ 84,0.

Рацион обеспечивает минимальные затраты тепла для производства чистой энергии; отложения азота в организме минимальны (54,1 г·сут⁻¹); в то же время обеспечивается значительное накопление резервов (31,8 МДж·сут⁻¹), что обеспечивает устойчивость продуктивности животного.

Описано значительное количество наблюдений, показывающих, что часть питательных веществ, в том числе минерального происхождения, при добавке их в рацион способствует анаболическим процессам в организме, одновременно понижая его теплопродукцию. На этой основе предложены известные ЭВМ-программы расчета рационов наименьшей стоимости при заданных ограничениях содержания питательных веществ и кормов. Недостатком существующих программ является низкая полноценность вычисленных рационов.

Практика кормления животных в промышленных комплексах показывает, что экономически наиболее выгодными являются рационы наибольшей полноценности, хотя и большей стоимости. Поэтому целесообразна разработка алгоритмов составления рационов с использованием функционалов, оптимизирующих их состав на основе биологически целесообразных показателей.

Такой оценочной функцией может быть минимизация производства внешней диссипации тепла [7]. Известно, что теплопродукция теплокровных животных коррелирует с их живой мас-

сой [4]. Нашим предыдущим исследованием также установлена связь этого показателя с количеством и качеством поедаемой пищи [5].

Живой организм теплокровного животного работает в основном как химическая машина, использующая свободную энергию реакции окисления органических веществ пищи за счет кислорода окружающей среды. При условии постоянства давления газов окружающей среды и температуры свободная энергия тождественна энтропии.

В стационарном состоянии разностный поток веществ, поступающих и оттекающих из организма, равен нулю, а производство энтропии минимально

$$dS/dt = 0. \quad (1)$$

Можно показать, что производство внутренней энтропии в организме $T(dS/dt)$ определяется скоростью внешней диссипации тепла (см. приложение):

$$dQ/dt = T(dS_e/dt) > 0, \quad (2)$$

где Q — теплопродукция организма в стационарном состоянии. Она определяется теплотой, выделяемой при необратимых экзотермических химических реакциях, поглощением тепла компонентами организма, необходимого для преодоления вязкости среды при переносе частиц (диффузии и активном транспорте) и тепла для протекания необратимых эндотермических реакций.

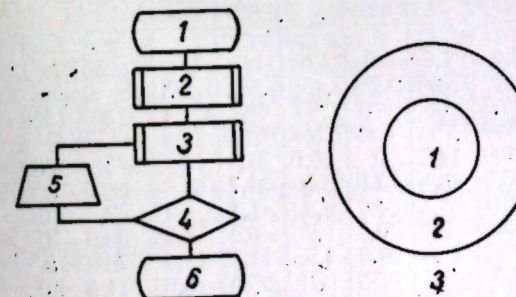


Рис. 1. Блок-схема алгоритма (ГОСТ 19003—80):

1 — пуск; 2 — предопределенный процесс — программа решений системы линейных независимых уравнений; 3 — предопределенный процесс — подпрограмма решений задачи — симплекс-методом; 4 — решение (выбор направления подпрограммы в зависимости от минимума теплопродукции организма); 5 — ручная операция (процесс изменения параметра симплекс-метода); 6 — остановка

Рис. 2. Схема модели «организм-среда»: 1 — организм; 2 — среда; 3 — поверхность атмосферы

Если общую теплопродукцию записать как сумму теплопродукций каждой компоненты вещества

$$Q = \sum_i Q_i, \quad (3)$$

то для некоторых компонентов вещества Q_i могут иметь знак минус вследствие того, что они участвуют в эндотермических или обратимых химических реакциях.

Учитывая это, предлагается алгоритм составления рационов для взрослых теплокровных животных, включающих обратную связь между теплопродукцией организма и ценностью питательных веществ. Под биологической ценностью питательных веществ понимается величина диссипации тепла организмом, необходимого для их усвоения $-Q_i$. При этом часть веществ выступают как факторы, способствующие сокращению теплопотерь организма. Такие выявленные вещества являются удобным средством совершенствования рациона. Их добавка в известных дозах позволяет снизить теплопродукцию при усвоении данного рациона до минимального уровня.

Алгоритм составления рационов

Общая теплопродукция организма имеет минимум C_0 при определенном физиологическом состоянии, массе животного и его продуктивности. При кормлении определенным составом кормов получается теплопродукция C , которая не совпадает с C_0 и которую необходимо свести к C_0 . Для этого необходимо определить теплопродукцию C_i единицы массы доступного i -го питательного вещества. Поскольку питательность каждого незаменимого компонента корма независима друг от друга, то вклад каждого компонента корма в общую теплопродукцию C можно описать системой линейных независимых уравнений

$$\sum_{i=1}^k a_{ij} K_i C_i = C_j \quad (4)$$

$j = 1, 2, \dots, k$
 i, j — нумерация соответственно компоненты корма (i) и число кормов j . Это условие необходимо для решения системы уравнений, a_{ij} — доля i -го вещества в j -м корме, K_i — коэффи-

циент доступности, введенный для того, чтобы учесть ту часть компонента корма, которая усваивается.

После нахождения C_i определим C , решая задачу симплекс-методом, т. е. найдем минимум функционала данного набора кормов (рис. 1).

Функционал записывается в виде:

$$C = \sum_j C_j X_j \quad (5)$$

при ограничениях:

$$\sum_j a_{ij} X_j \leq b_i \quad (6)$$

b_i — норма потребности i -го питательного вещества, X_j — масса j -го корма, n — число кормов. Если $C > C_0$, тогда необходимо ввести чистые питательные вещества (компоненты кормов), у которых C_i получилось со знаком минус, в рабочую матрицу рациона. Причем, во-первых, надо ввести вещества, которые имеют наименьшее отрицательное значение C_i . Далее вновь используется симплекс-метод до тех пор пока $C = C_0$.

Пример составления рациона

Составим рацион для растущей коровы первой половины стельности массой 500 кг (удой 5—10 л молока

в сутки). Минимальная теплопродукция $C_0 = 8000$ ккал. На основе описанного выше алгоритма, решаем систему линейных независимых уравнений, согласно выражению (4). При этом используются коэффициенты доступности, a_{ij} .

Коэффициенты доступности: белок 0,75; клетчатка 0,25; зола 0,25; кальция 0,5; фосфор 0,4; калий 1,0; магний 0,2; цинк 1,0; каротин 0,1; сахар 1,0.

Решение системы линейных независимых уравнений относительно C_i теплопродукции единицы массы доступного питательного вещества:

Теплопродукция единицы массы доступного питательного вещества C , ккал/г: белок 4,47; клетчатка 7,08; зола 28,42; кальций —640,14; фосфор —132,39; калий 148,49; магний —28819,15; цинк 13778,90; каротин 466682,40; сахар —5,12.

Используя стандартную программу симплекс-метода, минимизируем функционал при определенных ограничениях и получим значение $C = 10618$ ккал. C — теплопродукция, получаемая при оптимизации исходного набора кормов.

Введем в матрицу чистое вещество, для которого $C_i < 0$ и по модулю C_i

Матрица задачи для вычисления суточного рациона коров (живая масса 500 кг, первая половина стельности, удой 5—10 л молока, жирность 4%*)

Ограничение	Грубые корма			Сочные корма			Концентраты			Норма потребности и величина ограничений по видам кормов	
	сено люцерны	сено вико-овсяное	солома озимых колосяных	силос горохо-овсяный	силос кукурузно-соевый	свекла кормовая	паточка	мука зерновая	отруби пшеничные		шрот подсолнечный
Сухое вещество, кг	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	Не более 13
Кормовые единицы	0,752	0,757	0,316	0,787	0,897	1,189	1,39	1,456	0,881	1,133	Не менее 7
Сырой протеин, г	122,6	115,3	37,1	127,1	92,7	106	110	126	182	422,4	1230—1860
ЭКЕ	0,705	0,858	0,626	0,700	0,659	1,120	1,24	1,161	1,234	1,06	Не менее 8
Сырая клетчатка, г	331,1	293,0	440,2	330,0	350,0	74,2	0	66,0	98,0	156	2645—4000
Чистая зола, г	60,95	43,8	32,1	52,2	85,5	40,5	73,0	28,56	51,7	60,0	660—1000
Кальций, г	10,69	2,3	2,0	4,8	10,6	3,1	4,0	0,8	1,4	4,3	42,5—80
Фосфор, г	2,69	1,2	1,1	1,9	3,8	2,7	0,2	1,4	6,0	4,5	38,0—70
Калий, г	15,27	11,6	6,2	10,1	16,2	22,6	39,6	4,5	11,2	11,0	76—260
Магний, г	2,97	1,6	0,2	3,1	3,3	1,8	0,15	0,19	0,20	0,6	11,5—40
Цинк, мг	30,00	47,00	29,0	40,0	140,7	31,0	25,6	3,7	1,5	28,0	190—400
Каротин, мг	64,7	17,8	6,0	37,8	84,1	0,0	0,0	1,2	4,7	0,0	370—800
Грубые корма, кг	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Не более 8
Силос, кг	0	0	0	1,0	1,0	0	0	0	0	0	Не менее 2
Концентраты, кг	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	Не более 3
Корнеплоды, кг	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1,0—1,95
Сахар, г	60,93	62,9	0	6,46	9,53	80,0	7,61	25,6	56,8	69,5	845—1860
Себестоимость, коп.	3,4	3,4	2,52	10,03	7,4	17,53	10,1	16,0	4,69	6,0	Не более 90
Целевая функция, ккал	700	1075	1118	637	379	1118	1141	814	1840	1048	Минимум

* Оценка питательности кормов взята в основном по [3]

максимально. В нашем примере таким веществом является магний. Его удобно вводить в рацион коров в виде сернокислых солей. Естественно, максимальное количество вводимого элемента не должно превышать известные нормы потребности. Оказалось, что необходимое количество добавок солей магния, с учетом доступности, равно 1,5 г на животное в сутки. Таким образом, рацион при достижении десяти овсяных кормовых единиц способствовал теплопродукции организма равной 8000 ккал.

Параллельно проводился расчет рациона по стандартному методу на минимум денежной стоимости. Принимая, что в среднем при полноценном кормлении коровы затрачивают 1,25 кормовых единиц на 1 л молока, получаем, что рацион, вычисленный с использованием термодинамического критерия оптимальности, обеспечивает 8 л молока, а при расчете стандартным методом — 7,7 л. Поскольку розничная цена 1 л молока составляет ~24 коп., первичная прибыль при использовании рациона, вычисленного по термодинамическому критерию, равна 5,9 коп. в сутки на голову. Таким образом, незначительное увеличение себестоимости более полноценного рациона на 3,7 коп. обеспечило существенное увеличение первичной прибыли за счет прибавки молока, полученного от коров.

Приложение

При температуре комфорта тепловой поток из организма в среду минимален и, следовательно, по Пригожину, система «организм + среда» находится в стационарном состоянии (рис. 2).

Полное изменение энтропии системы 1+2 во времени описывается уравнением

$$\frac{\partial S}{\partial t} = \frac{\partial S_1}{\partial t} + \frac{\partial S_2}{\partial t} \quad (1)$$

Здесь $\partial S_1/\partial t$ изменение энтропии во времени в организме, $\partial S_2/\partial t$ соответственно в окружающей среде, отделенной от внешней среды какой-либо поверхностью. В широком смысле это может быть поверхность атмосферы, отделяющая биосферу от космоса, в

частном случае — это могут быть стенки калориметра.

Производная энтропии организма описывается выражением

$$\frac{\partial S_1}{\partial t} = \frac{\partial S_i}{\partial t} + \frac{\partial S_c}{\partial t} \quad (2)$$

где $\partial S_i/\partial t$ — производство энтропии в организме, $\partial S_c/\partial t$ — поток энтропии в окружающую среду [1].

$$\frac{\partial S_i}{\partial t} = \int_V \left(- \sum_i \sum_j T^{-1} \rho_i \Delta_{ij} (\partial \mu_j / \partial X_i) - T^{-1} \sum_{ij} P_{ij} (\partial V_{ij} / \partial X_j) + \sum_p A_p \omega_p T^{-1} dV \right) \quad (3)$$

где T — температура, ρ_i — плотность содержания в организме γ вещества, Δ_{ij} — составляющая скорости диффузии конкретного вещества, μ_j — химический потенциал γ — вещества, X_i и X_j — координаты пространства, P_{ij} — диссипативная часть тензора давления, связанная с вязкостью среды, V_{ij} — составляющая скорости переноса вещества, A_p — сродство химической реакции, ω_p — скорость химической реакции, V — объем организма.

Интегрирование производства энтропии в организме производится по объему организма. Здесь мы считаем, что температура организма постоянна и внешняя сила, действующая на каждую компоненту вещества, одинакова или равна нулю.

Первый член выражения (3) связан с потоком вещества, второй — с потоком импульса, третий — с химическими реакциями.

$\partial S_c/\partial t$ — дается выражением:

$$\frac{\partial S_c}{\partial t} = - \int_{\Omega} W_n T^{-1} d\Omega - \int_{\Omega} \sum_p \rho_p \Delta_{\Omega} \mu_p T^{-1} d\Omega + \int_{\Omega} \rho S V_n d\Omega \quad (4)$$

где W_n — тепловой поток перпендикулярный к поверхности организма; Ω — поверхность организма; ρ_p — плотность вещества, выделенного организмом с фекалиями; Δ_{Ω} — скорость диффузии этих веществ через поверхность организма; μ_p — химический потенциал этих веществ; ρ — плотность всех веществ, выделенных с фекалиями; S — энтропия на единицу массы; V_n — скорость переноса.

Первый член выражения (4) описывает поток тепла из организма, второй — поток вещества из организма, третий — конвективный — член связан с изменением энтропии при движении центра масс.

В данной модели энтропия окружающей среды $\partial S_2/\partial t$ зависит только от потока вещества через поверхность организма и конвективного члена

$$\frac{\partial S_2}{\partial t} = - \int_{\Omega} \left(- \sum_{\nu} \rho_{\nu}^2 \Delta_{\nu 2}^2 \mu_{\nu} T^{-1} + \rho S V_n \right) d\Omega \quad (5)$$

Перейдем к полным производным, тогда конвективные члены исчезнут из правых частей выражений (3) и (4).

Энтропия нашей системы записывается следующим образом

$$\frac{\partial S}{\partial t} = \frac{dS_1}{dt} - \int_{\Omega} W_n T^{-1} d\Omega + \int_{\Omega} \sum_{\nu} (\rho_{\nu}^2 \Delta_{\nu 2}^2) \mu_{\nu} T^{-1} d\Omega, \quad (6)$$

где $\int_{\Omega} W T^{-1} d\Omega = (1/T) (dQ/dt)$ — скорость излучения тепла организмом.

В стационарном состоянии разност-

ный поток вещества равен нулю и выполняется условие

$$dS/dt = 0, \quad (7)$$

и приходим к выводу, что скорость излучения тепла определяется производством энтропии в организме:

$$dQ/dt = T (dS_1/dt) > 0. \quad (8)$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Глендсдорф П., Пригожин И. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуации. М.: Мир, 1973.
2. Денисов Н. И. Научные основы кормления животных. М.: Колос, 1960.
3. Дмитроченко А. П., Зайцева Н. И., Мороз З. М. и др. — В кн.: Методы нормирования кормления сельскохозяйственных животных. М.: Колос, 1970.
4. Зотин А. И., Зотина Р. С. — Биофизика, 1968, 13, № 2, с. 340—343.
5. Коварский В. А. — Изв. АН МССР: Сер. биол. и хим. наук, 1974, № 2, с. 44—47.
6. Коварский В. А. — Изв. АН МССР: Сер. биол. и хим. наук, 1977, № 4, с. 54—58.
7. Пригожин И. Введение в термодинамику необратимых процессов. М.: ИЛ, 1974.
8. Фурдуй Ф. И. — Изв. АН МССР: Сер. биол. и хим. наук, 1981, № 3, с. 74—87.
9. Шмальгаузен И. Проблемы дарвинизма. Л.: Наука, 1969.

Поступила 3.XII 1982

В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ЛТИНЦА» ГОТОВИТСЯ К ВЫПУСКУ В 1984 ГОДУ

ПЛЕМЕННОЕ СКОТОВОДСТВО МОЛДАВИИ. Коллектив авторов / Под ред. д-ра с.-х. наук А. М. Долгова. — На русском языке. — 8 л. — 1 р. 30 к.

Изложены факторы, способствующие повышению эффективности селекционно-племенной работы в животноводстве. Особое внимание уделено вопросу создания кормовой базы, методам подбора и отбора скота. Приведены данные об использовании генетического потенциала молочных и мясных пород. Освещены направления селекции, которые ведут к дальнейшей интенсификации животноводства. Описаны биологические особенности скота, а также методы оценки животных по генотипу и фенотипу.

Сборник рассчитан на зоотехников, агрономов, ветврачей, селекционеров и научных работников в области животноводства.

Оформление заказа см. на с. 65

НАУКА—ПРОИЗВОДСТВУ

В. В. СЯНОВА, Л. С. ПАВЛОВА, А. И. БРОНШТЕЙН

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРИПСИННИГИБИРУЮЩЕЙ АКТИВНОСТИ СЕМЯН ЗЛАКОВЫХ И БОБОВЫХ РАСТЕНИЙ

Ингибиторы трипсина (ИТ), широко распространенные в растительном мире и составляющие значительную часть суммарного белка семян важнейших сельскохозяйственных культур, являются одними из основных антипитательных веществ. Наиболее эффективным путем уменьшения содержания ИТ в семенах является целенаправленная селекция на создание сортов, свободных от ИТ или содержащих их в минимальных количествах [2, 4, 6—8].

Для оценки селекционно-генетического материала по содержанию ИТ необходимы простые, быстрые методы, позволяющие «просеивать» большое количество образцов в поиске геноисточников низкоингибиторности. Существующие количественные методы оценки трипсиннигибирующей активности (ИТА) по скорости гидролиза белкового или синтетического субстратов при определенных условиях [9, 10], а также ускоренные, полуколичественные методы [11—13] трудоемки, отличаются неудовлетворительной производительностью, что ограничивает их использование в селекционной практике. Кроме того, с помощью этих методов невозможно вести отбор генотипов на основании анализа единичных семян (или части семени), представляющих в ряде случаев ценный селекционный материал.

Для повышения эффективности целенаправленной селекции на повышение качества семян нами была принята разработка экспресс-метода оценки селекционно-генетического материала по признаку ИТА. Разработка экспресс-метода определения ИТА велась по трем направлениям:

— изучение некоторых свойств белковой природы ИТ семян с целью дальнейшего использования в разработке метода;

— изучение корреляционных связей ИТА с рядом морфологических и биохимических признаков растения для предварительной идентификации образцов по данному признаку;

— выявление и разработка наиболее перспективного химического варианта определения ИТА с целью использования в разработке экспресс-метода.

Наиболее перспективным оказался индикаторно-пленочный вариант определения ИТА семян, основанный на способности стандартного раствора трипсина в присутствии ИТ семян гидролизовать желатиновый слой экспонированной фотопленки. По визуальным (или фотометрическим) показателям глубины гидролиза желатина и путем сравнения указанных показаний с контрольными образцами, контрастными по величине ИТА, судят о содержании трипсиннигибирующих веществ в испытуемом образце.

Материалы и методы

В работе использовали сортообразцы сои и пшеницы (урожая 1978 г.), выращенные на экспериментальной базе АН МССР. Отбор средней пробы образцов проводили согласно методическим указаниям ВИРа [3]. Семена размалывали на электрической мельнице типа «Пируэт». Статистическую обработку данных проводили по Доспехову [1].

Активность ингибитора трипсина семян определяли спектрофотометрическим методом по гидролизу, БАПА

в нашей модификации [5] и стандартным казеинолитическим методом [10].

Реактивы. Трипсин — кристаллический препарат фирмы «Спофа» (ЧССР) или Ленинградского мясокомбината им. С. М. Кирова; ингибитор трипсина — препарат фирмы «Реанал» (ВНР) или Олайнского завода химреактивов (СССР); буфер — 0,05 М трис-оксиметиламинометан (препарат фирмы «Спофа» или Олайнского завода химреактивов), 0,2 М NaCl, pH 8,2; соляная кислота (фиксанал), пленка экспонированная и проявленная типа «Микрат 300»; полуавтоматические пипетки.

Результаты и их обсуждение

При разработке индикаторно-пленочного способа оценки ИТА семян изучены зависимости активности трипсина (способность гидролизовать желатиновый слой пленки) от ряда факторов: температуры и pH реакционной смеси; буферной системы; соотношения объемов компонентов инкубационной смеси — фермент : буфер : ИТ и концентрации реагирующих веществ; продолжительности инкубирования фермента с субстратом; типа и способа обработки пленки и др. В результате экспериментально установлены оптимальные параметры фермент-ингибиторной системы: концентрация фермента (трипсина) — 2 мг/мл в 10^{-3} М HCl; концентрация ИТ — 2 мг/мл в 0,2 М NaCl; соотношение компонентов реакционной смеси — фермент: буфер: ИТ — 1:1:1 (мл); время инкубирования фермента с субстратом — 10 мин; t — 25°C; pH инкубационной среды — 8,2.

Установлено, что экстракцию ИТ из муки следует проводить 0,2 М NaCl в соотношении мука:экстрагент — 1:75 (г/мл) при комнатной температуре в течение не менее 1 часа. (Активность ИТ не менялась при хранении солевых экстрактов при 2—4°C в течение двух суток.) Исследования по подбору условий экстракции ИТ из соевой муки показали, что определение ИТА индикаторно-пленочным методом можно проводить в солевых экстрактах необезжиренной муки семян сои.

Показано, что наиболее высокой чувствительностью из апробированных типов пленок и фотопластинок обладает пленка ORWO CROM ИТ-18, неэкспонированная, проявленная*. Однако при использовании данного типа пленки возникает ряд затруднений, ограничивающих ее применение в качестве субстрата для определения ИТА экспресс-методом. Из черно-белых фотопленок наиболее чувствительной, контрастной и отвечающей необходимым требованиям экспресс-варианта оказалась экспонированная и проявленная пленка типа «Микрат 300».

Визуальные изменения, происходящие при гидролизе трипсином желатинового слоя такой пленки при вышеуказанных условиях соответствуют, по крайней мере, пяти уровням прозрачности черно-белой гаммы — от прозрачного до черного. Установлено, что степень прозрачности образующихся гидролизованных зон является функцией концентрации ингибирующих веществ в экстракте, что позволяет производить оценку ИТА изучаемых образцов сравнительно с контрольными, например, в баллах (по пятибалльной шкале) или фотометрически.

Ранее нами установлено (количественным методом) [6] варьирование содержания ингибиторов трипсина в семенах коллекции сои от 22,0 до 60,0 ИЕ/г и экспериментально показано, что пять уровней прозрачности гидролизованных зон желатинового слоя фотопленки соответствуют пяти группам ИТА семян (табл. 1). Сравнительная степень прозрачности гидролизованных зон желатинового слоя исследуемого материала и контрольных образцов, производят отбор генотипов по признаку ИТА. Контрольными образцами служили контрастные по ИТА сорта сои коллекции ВНР (табл. 2).

Предварительные исследования показали, что ИТ в семядолях высоко- и низкингибиторных сортов сои распределены равномерно. Это позволило проанализировать часть семядоли (1/10—1/20 части зерна) с дальнейшим использованием остатка семени в селекционном процессе, сохраняя таким

* При подборе фотоматериалов была оказана помощь П. Л. Бриком.

Таблица 1. Зависимость степени прозрачности гидролизованной зоны желатинового слоя фотопленки от активности ингибиторов трипсина

Уровень активности ИТ	ИТА, ИЕ/г	Балла	Степень плотности пятна
Низкингибиторный	22,0—28,0	1	Прозрачное
	28,1—33,0	2	Светло-серое
Средний	33,1—38,0	3	Серое
	38,1—43,0	4	Темно-серое
Высокингибиторный	> 43,0	5	Черное

образом семенной фонд, представляющий в ряде случаев ценный исходный материал.

Разработанный принцип индикаторно-пленочного варианта пригоден и для определения ИТА зерна пшеницы. Некоторые условия проведения опыта, подобранные для семян сои, полностью приемлемы и для пшеницы: тип пленки, буфер, температура, экстрагент. Для установления оптимальной концентрации фермента изучена зависимость степени активности трипсина от его концентрации в пределах от 0,1 мг/мл до 0,5 мг/мл в 0,001 М HCl. Выбор интервала концентрации фермента обусловлен содержанием ингибиторов трипсина в зерне пшеницы, по данным количественного метода. Установлено, что линейная зависимость между изучаемыми показателями сохраняется до 0,25 мг/мл при 20 мин инкубирования фермента с субстратом.

В результате предлагается следующая пропись экспресс-метода определения трипсинингибирующей активности семян сои и пшеницы. Навеску средней пробы муки экстрагируют в течение не менее 1 часа 0,2 М раствором NaCl в соотношении 1:75 и 1:4 (г/мл) для сои и пшеницы соответственно. К полученному экстракту приливают раствор трипсина в 0,001 М HCl (0,2% и 0,25% растворы для сои

и пшеницы соответственно) и трис-буфер (0,05 М pH 8,2, содержащий 0,2 М NaCl) в соотношении 1:1:1 (мл).

Смесь инкубируют в течение 5 минут при комнатной температуре. Капли инкубационной смеси (0,01—0,03 мл) контрольных и исследуемых образцов наносят на желатиновый слой предварительно экспонированной, проявленной и фиксированной фотопленки «Микрат 300» и инкубируют при 25°C в течение 10 и 20 минут для сои и пшеницы соответственно. Затем пленку промывают в дистиллированной воде pH 3,0 (для прекращения гидролиза желатина), осторожно протирая в течение 30 секунд для полного удаления продуктов гидролиза, затем высушивают на воздухе при комнатной температуре. Отбор генотипов по признаку ИТА производят путем сравнения степени прозрачности гидролизованных зон исследуемых и контрольных образцов.

При сравнении разработанного индикаторно-пленочного биохимического метода со стандартным казеинолитическим и спектрофотометрическим установлен коэффициент корреляции $r = 0,85 \pm 0,1$, позволяющий считать данный метод надежным для определения ИТА семян. Изучение точности данного метода с применением статистической обработки полученных результатов (стандартное отклонение $S = \pm 0,48$) позволяет считать его пригодным в качестве скрининг-способа выявления низкингибиторных форм сои и пшеницы. Проведена апробация разработанного метода: проанализировано на содержание ИТ 600 образцов коллекционного материала сои и 100 образцов пшеницы. Выявлены сорта, обладающие пониженным содержанием ИТ и перспективные для ведения селекции в условиях Молдавии на понижение содержания антипитательных веществ в семенах.

Таблица 2. Сорта сои, контрастные по содержанию ИТ, используемые в качестве контроля

№ по каталогу ВНРа	Сорт	Уровень активности ИТ	ИТА, ИЕ/г	Баллы
5986	Jamed Arisona	Низкингибиторный	24,0	1
074855	Бельцкая-25	Среднеингибиторный	35,0	3
5315	Herb 22	Высокингибиторный	50,0	5

Предложенный метод отличается высокой производительностью, необходимой точностью, простотой исполнения и может быть использован для скрининга селекционно-генетического материала (сорта, линии, отдельные растения, единичные семена) по признаку ИТА и для выявления доноров низконигбиторности, необходимых для ведения селекции в направлении улучшения питательной ценности белка бобовых и злаковых культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1965.
2. Конарев В. Г. — В кн.: Растительные белки и их биосинтез. М.: Наука, 1975, с. 5—20.
3. Методические указания по определению главнейших химических веществ для оценки качества семян зерновых, зернобобовых и мас-

- личных культур. Л.: изд. ВИРа, 1971.
4. Мосолов В. В. — В кн.: Растительные белки и их биосинтез. М.: Наука, 1975, с. 72—183.
5. Павлова Л. С., Саянова В. В. — Изв. АН МССР: Сер. биол. и хим. наук, 1979, № 5, с. 83—89.
6. Саянова В. В., Павлова Л. С., Бронштейн А. Н., Широкова Е. П. — Бюл. ИТИ по масличным культурам: ВНИИМК, 1980, вып. 4, с. 32—39.
7. Borowski J., Koslowska H. — Postepy Nauk Rolniczych, 1975, 5, p. 47—58.
8. Feedstuffs, 1979, 51, N 16, p. 32.
9. Kakade M. L., Simons N., Liener J. E. — Cereal Chem., 1969, 5, N 46, p. 516—523.
10. Kunitz M. — J. Gen. Physiol., 1947, 30, p. 291.
11. Ryan C. A. — Analyt. Biochem., 1967, 19, p. 434—440.
12. Seidl D. S., Jaffi W. G., Gonzalez E., Callejas A. — Analyt. Biochem., 1978, 2, N 88, p. 417.
13. Uriel J., Berges J. — Nature, 1968, 218, p. 578—580.

Поступила 3.IX 1982

В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ШТИНЦА» ГОТОВИТСЯ К ВЫПУСКУ В 1984 ГОДУ

ЭКОЛОГО-АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ / Матиенко Б. Т., Загорнян Е. М., Николаева М. Г. и др. — На русском языке. — 8 л. — 1 р. 30 к.

Приводятся результаты изучения структурных особенностей вегетативных и репродуктивных органов культурных растений (соя, томата, кукурузы, сливы и др.) в зависимости от экологических условий произрастания. На основе анатомических и субмикроскопических исследований выявлен характер экофенотипической изменчивости структур в онтогенезе. Приводятся обобщенные данные по определению приспособительного градиента структур и ультраструктур культур, возделываемых в условиях юго-западного региона СССР. Книга рассчитана на ботаников, цитологов, генетиков и селекционеров.

Симинел В. Д. МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ИНТЕНСИВНЫХ СОРТОВ И ГИБРИДОВ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР. — На русском языке. — 20 л. — 3 р. 40 к.

Приведены достижения селекции за последние десятилетия и перспективы создания новых сортов и гибридов сельскохозяйственных растений. Описаны новые методы создания исходного материала для селекции и указаны способы его изучения. Показана эффективность лазерного облучения, химических мутагенов и других методов в селекции полевых культур.

Книга рассчитана на генетиков, селекционеров, биологов, преподавателей и студентов агрономических факультетов сельскохозяйственных вузов и техникумов.

Оформление заказа см. на с. 65

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Л. И. АРТЕМОВА, Б. Т. МАТИЕНКО

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ КАРОТИНОИДОВ ПЛОДОВ СТОЛОВОГО АРБУЗА В ПРОЦЕССЕ ИХ ПОСЛЕУБОРОЧНОГО ДОЗРЕВАНИЯ

При исследовании дозревания плодов столового арбуза, одной из характеристик которого является покраснение мякоти, было предпринято специальное изучение особенностей каротиноидообразования.

Динамика содержания каротиноидов в плодах столового арбуза в процессе их нормального созревания и при хранении была изучена многими авторами [1, 3 и др.]. Исследование же каротиноидогенеза во время послеуборочного дозревания с анализом содержания предшественников каротиноидов до настоящего времени не проведено. Для решения этого вопроса был заложен опыт по дозреванию плодов с последующим изучением пигментного состава.

Недозрелые арбузы со слабо-розовой окраской мякоти были заложены на дозревание в помещениях при 14—16°C, 24—26, а также 24—26°C под влиянием аэрононов. В каждом из этих вариантов были плоды с плетью и без плети, так как предполагалось, что она влияет на качество хранения плодов [5]. Пробы для анализа брали через каждые три недели.

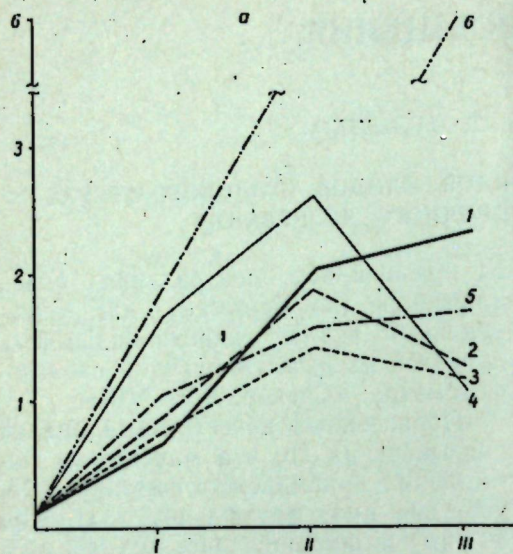
Для биохимического анализа использовали методы, разработанные в Институте биологической физики АН СССР [4]. Мякоть арбуза была обезвожена при помощи лиофильной сушки. Каротиноиды экстрагировали этанолом несколько раз до полного обесцвечивания ткани. Для снятия нежелательных липидных примесей было произведено омыление экстракта 60% водным раствором КОН из расчета 1 мл на 10 мл экстракта. Полученные пигменты перевели в петролейный эфир и промывали до их полного освобождения от щелочи. Эфирный экстракт осушали встряхиванием с безводным сульфатом натрия (5—10 г на 100 мл экстракта). Каротиноиды разделяли методом колоночной хроматографии. В качестве адсорбен-

та применялась нейтральная окись алюминия (по Брокману) [2]. Спектральный анализ каротиноидов был проведен на регистрирующем спектрофотометре «Спекорд-UV—VIS».

Проведенный качественный анализ указывает на то, что максимумы поглощения принадлежат фитонину (275, 285, 296 нм), фитофлуину (331, 348, 367 нм) и ликопину (446, 472, 502 нм). К концу дозревания появляется незначительное количество β-каротина (425, 451, 482 нм). Первые три пигмента встречаются на всех этапах дозревания, причем их количество изменяется по мере дозревания плодов.

Фитонин является тем бесцветным предшественником, дальнейшее дегидрирование которого приводит к образованию хромофорной системы каротиноидов, в данном случае — ликопина. Динамику содержания фитонина можно проследить на графике (см. рисунок, а). Те же особенности характерны и для фитофлуина — одного из промежуточных веществ в цепи биосинтеза ликопина из фитонина (см. рисунок, б) [6]. Общим для всех вариантов является увеличение количества предшественников ликопина в процессе послеуборочного дозревания.

Наибольшее количество фитонина и фитофлуина накапливают плоды арбуза без плети, дозревающие при температуре 24—26°C и под влиянием аэрононов на том же температурном фоне. На последнем этапе дозревания у плодов без плети наблюдается снижение содержания пигментов, в то время как у плодов с плетью продолжается их синтез. Уменьшение количества пигментов к концу дозревания у некоторых вариантов можно объяснить как результат аутофагического разрушения клеток, которое захватывает и место биосинтеза каротиноидов — пластиды. Это предположение подтвердилось данными электронной микроскопии. Так как у плодов с



Динамика содержания фитонина (а), фитофлуина (б) и ликопина (в):

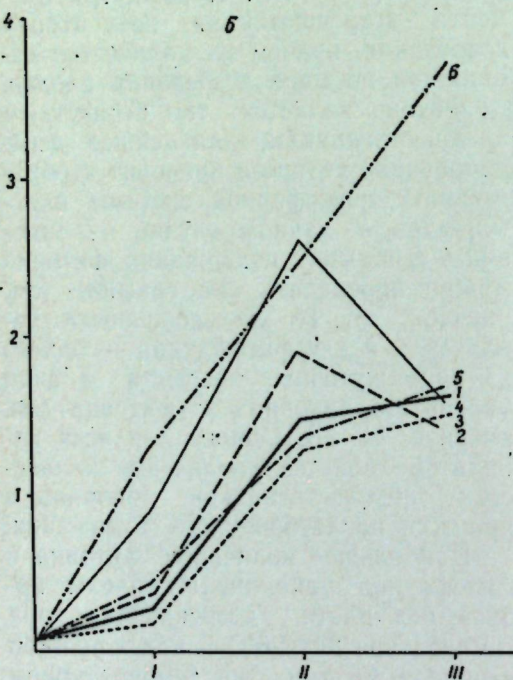
1 — 16°C, плоды с плетью; 2 — 16°C, плоды без плети; 3 — 26°C, плоды с плетью; 4 — 26°C, плоды без плети; 5 — 26°C, аэроионизация, плоды с плетью; 6 — 26°C, аэроионизация, плоды без плети. По оси абсцисс — этапы дозревания; по оси ординат — концентрация пигмента, мг/100 г сухой массы

ражается на содержании «конечного продукта», которым в случае плодов арбуза является ликопин — как преобладающий пигмент. За время дозревания содержание ликопина возрастает в 15—25 раз. Наиболее интенсивно идет синтез ликопина в плодах, дозревающих при 24—26°C и в условиях аэроионизации при той же температуре (см. рисунок).

Примечательно то, что в плодах без плети, дозревающих под влиянием аэроионов, содержание пигментов не снижается. Это говорит о том, что аэроионы наряду с плетью задерживают процесс старения тканей, стимулируя одновременно каротиноидогенез.

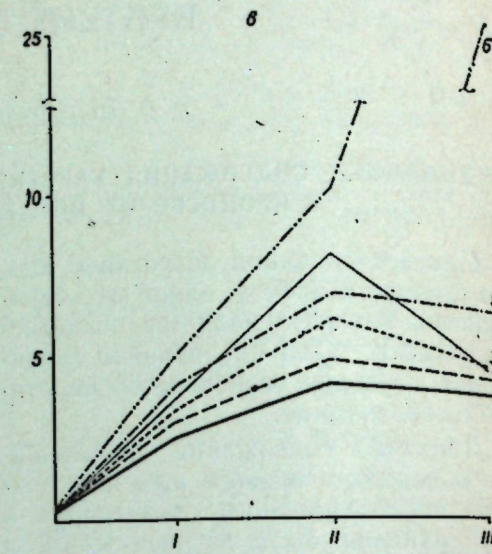
У плодов, взятых через два месяца после закладки опыта, мы обнаружили незначительное количество β-каротина. Его концентрация в экстрактах примерно в 30 раз меньше концентрации ликопина.

Таким образом, проведенные анализы показали, что процесс каротиноидогенеза стимулируется повышением температуры и влиянием аэроионов. Полученные данные могут быть использованы на практике в тех случаях, когда ставится задача добиться дозревания плодов в короткие сроки,



плетью спад содержания каротиноидов не наблюдается, можно предположить, что плеть влияет на общее состояние плодов и, по-видимому, задерживает развитие аутофагии и старение тканей.

Судить о влиянии внешних факторов на содержание фитонина и фитофлуина пока трудно, так как они являются лишь промежуточными звеньями в цепи биосинтеза каротиноидов. Влияние температуры и аэроионов на каротиноидогенез наиболее полно от-



ражается на содержании «конечного продукта», которым в случае плодов арбуза является ликопин — как преобладающий пигмент. За время дозревания содержание ликопина возрастает в 15—25 раз. Наиболее интенсивно идет синтез ликопина в плодах, дозревающих при 24—26°C и в условиях аэроионизации при той же температуре (см. рисунок).

Примечательно то, что в плодах без плети, дозревающих под влиянием аэроионов, содержание пигментов не снижается. Это говорит о том, что аэроионы наряду с плетью задерживают процесс старения тканей, стимулируя одновременно каротиноидогенез.

У плодов, взятых через два месяца после закладки опыта, мы обнаружили незначительное количество β-каротина. Его концентрация в экстрактах примерно в 30 раз меньше концентрации ликопина.

Таким образом, проведенные анализы показали, что процесс каротиноидогенеза стимулируется повышением температуры и влиянием аэроионов. Полученные данные могут быть использованы на практике в тех случаях, когда ставится задача добиться дозревания плодов в короткие сроки,

ибо доказано, что лучшим вариантом является дозревание плодов арбуза с плетью при 26°C под влиянием аэроионов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арасимович В. В., Савченко А. П. — В кн.: Биохимия культурных растений Молдавии: Биохимия бахчевых, вып. 4. Кишинев: Карпа Молдовеняскэ, 1966.

2. Григоровская М. В. Каротиновые томаты. Кишинев: Штиница, 1981.
3. Ермаков А. И., Луковникова Г. А. — Научн. тр. НИИОХ: Бахчевые культуры, т. 3. М.: Колос, 1965.
4. Карнаузов В. И. Функции каротиноидов в животной клетке. М.: Наука, 1973.
5. Матценко Б. Т., Клейман Э. И. Опыт хранения плодов столового арбуза в биологических средах. Кишинев: Штиница, 1979.
6. Goodwin T. W. Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments. L.— N. Y., 1965.

Поступила 21.1 1983

Н. С. БАЛАУР, А. Д. РАКУЛ

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ МЕХАНИЗМ ФОСФОРИЛОВАНИЯ

При обсуждении явления фототермического синергизма, выявленного в работах по изучению действия света высокой интенсивности на нефотосинтезирующие органы растений, нами была выдвинута рабочая гипотеза [1, 2], согласно которой усиление процессов жизнедеятельности растений фототермическим воздействием обеспечивается включением свободнорадикального механизма регулирования. Этот механизм может выступать в роли регулятора генетической информации и энергообеспечения клетки путем трансформации энергии свободных радикалов в энергию макроэргов через мембранный потенциал [1]. Существование такого механизма указывало бы, с одной стороны, на присутствие как в нефотосинтезирующей, так и в зеленой клетке «бесхлорофильного» механизма трансформации световой энергии — дополнительного источника химической энергии, с другой — выявился альтернативный механизм окислительного фосфорилирования. Таким образом, получила бы подтверждение компромиссная схема IV [5] взаимосвязи редокс-цепи (\bar{e}), трансмембранного электрохимического потенциала

H^+ ($\Delta\mu H^+$) и высокоэнергетических соединений (\sim) в системе энергетического сопряжения, где в роли интермедната $X \sim Y$ выступают свободные радикалы (СР) [1] (рис. 1).

Для проверки выдвинутой гипотезы использовали модельную систему, в которой измеряли величину мембранного потенциала митохондрий, выделенных из печени крысы [3], при помощи липофильного катиона тетрафенилфосфония (ТФФ⁺) [7].

Концентрацию ТФФ⁺ в среде определяли с помощью ТФФ⁺-чувствительного электрода, изготовленного в лаборатории молекулярной биологии и биоорганической химии МГУ. В качестве экзогенных СР использовали индуцированный светом радикал убихинона (CoQ₉), предоставленный кандидатом химических наук Е. А. Обольниковой (НПО «Витамины»). Концентрация митохондрий в среде инкубации составляла 1 мг белка/мл. Концентрацию индуцированных светом СР убихинона определяли на радиоспектрометре электронного парамагнитного резонанса РЭ-1307 системы коллективного пользования АН МССР.

На рис. 2, а представлена картина изменения концентрации ТФФ⁺ в среде с митохондриями. При добавлении АДФ наблюдается снижение мембранного потенциала митохондрий на величину порядка 20 мВ. Через некоторое время, когда экзогенно внесенный в инкубационную среду АДФ исчерпывается путем его фосфорилирования в АТФ, величина мембранного потенциала восстанавливается до первоначального уровня. Добавление в среду разобшителя 2, 2'-диокси-3,

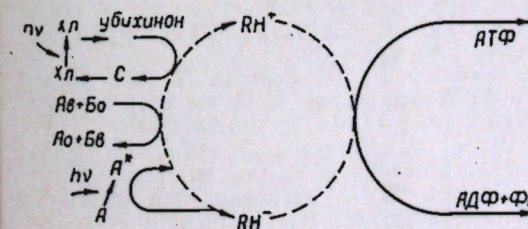


Рис. 1. Обобщенная схема накопления и утилизации энергии в клетке с участием свободных радикалов в роли высокоэнергетического интермедната

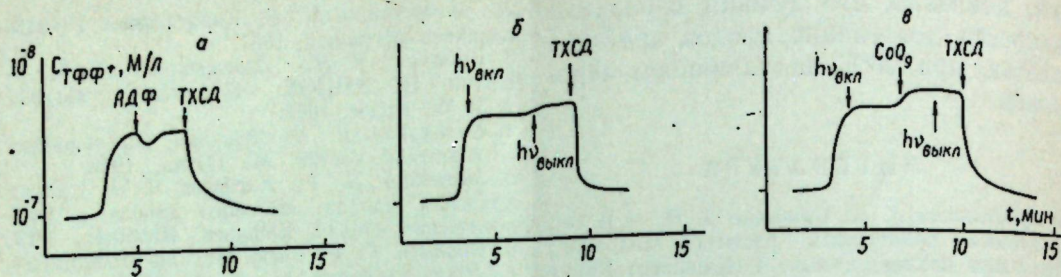


Рис. 2. Изменение концентрации ТФФ+ в среде инкубации в зависимости от добавления различных модификаторов мембранного потенциала митохондрий
Среда инкубации, М/л: сахароза — 0,24; трис-ОН — 0,056, янтарная кислота — 0,02, ЭДТА — 0,001, NaH_2PO_4 — 0,001, MgSO_4 — 0,002, pH 7,5; а — добавка АДФ — 10^{-3} М/л, ТХСД — 10^{-7} М/л; б — облучение УФ лампой; добавка CoQ_9 — $2 \cdot 10^{-5}$ М/л; ТХСД — 10^{-7} М/л

5, 3', 5'-тетрахлордифенилсульфид (ТХСД) приводит к сбрасыванию мембранного потенциала до нуля. Если же вместо добавления АДФ подвергнуть инкубационную среду с митохондриями 5-минутному облучению светом УФ лампы (тип КД-31Л), то уменьшение величины мембранного потенциала не наблюдается (рис. 2, б). Только добавление разобщителя, так же как и в первом случае, приводит к сбрасыванию мембранного потенциала до нуля.

Совершенно иная картина наблюдается при введении в инкубационную среду убихинона. Известно, что убихинон играет роль промежуточного переносчика электронов на участке между железосеросодержащим белком (FeS и цитохромом C_1) [4]. При этом следует отметить, что кофермент Q растворим в липидах мембран. Учитывая эти свойства убихинона, а также возможность его существования в виде свободного радикала [6], мы использовали убихинон (CoQ_9) для доказательства участия экзогенных СР в передаче энергии мембранам и образования мембранного потенциала. Для этого инкубационную среду с митохондриями, содержащую CoQ_9 в концентрации $2 \cdot 10^{-5}$ М/л, облучали также как и среду, не содержащую убихинон (см. рис. 2, б). В результате облучения (рис. 2, в) мембранный потенциал митохондрий увеличивается и составляет около 20 мВ, т. е. происходит гиперполяризация мембран митохондрий. Следовательно, увеличение их мембранного потенциала есть результат перевода убихинона в свободнорадикальную форму, мигрирующего из раствора к мембране митохондрий.

Поскольку мембранный потенциал [5] является потенциальным источником энергии для синтеза АТФ, то по аналогии с этим следует считать, что энергия образования СР убихинона за счет его облучения передается на мембрану митохондрий, вызывая увеличение мембранного потенциала и используется для синтеза АТФ. Это составит предмет следующего этапа исследований.

Таким образом, приведенные результаты впервые демонстрируют существование свободнорадикального механизма регулирования и передачи энергии для образования мембранного потенциала. Такой механизм является альтернативным по отношению к хемосмотическому механизму окислительного фосфорилирования. Одновременно получены первые доказательства возможности существования альтернативного фотосинтетическому фосфорилированию опосредованного механизма трансформации световой энергии митохондриями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балаур Н. С. — В кн.: Тез. докл. VI всесоюз. конф. по фотосинтезу растений. Львов, 1980, с. 17—18.
2. Балаур Н. С. — Заключительный отчет за 1976—1980 гг., инв. 0281.9 009493 ВИНТИ-центр, 1981, с. 79—107.
3. Мосолова И. М., Горская И. А., Шольц К. Ф., Котельникова А. В. — Вопросы медицины, 1971, 17, № 3, с. 286—290.
4. Мусил Я., Новакова О., Кунц К. Современная биохимия в схемах. М.: Мир, 1981.
5. Скулачев В. П. Трансформация энергии в биомембранах. М.: Наука, 1972.
6. Beinert H. — Methods in Enzymology, 1978, 54, p. 133—150.
7. Skulachev V. P. — Methods in Enzymology, 1979, 55, p. 586—603.

Поступила 15.IV 1983

РЕФЕРАТЫ

УДК 631.524.85

Стратегия адаптивного растениеводства. Жученко А. А. Известия Академии наук Молдавской ССР, Серия биологических и химических наук, 1983, № 4, с. 3—12.

Освещены вопросы многофакторной, всесторонней стратегии интенсификации растениеводства. В числе важнейших факторов адаптивной системы сельскохозяйственного производства рассматриваются почвенно-климатические условия, биологические средства труда (виды, сорта, агроценозы), техногенные средства оптимизации условий среды и механизмы процессов возделывания сельскохозяйственных культур, организации производства, широкого использования достижений науки и техники. В качестве основных критериев эффективности адаптивного растениеводства приняты устойчивый рост урожайности и качества, энерго- и ресурсоэкономичности, рентабельности и природоохранности сельскохозяйственного производства. Табл. 4, библиогр. 5.

УДК 631.95:581.5

Некоторые аспекты стратегии адаптивной селекции растений. Жученко А. А., Балашова Н. Н., Король А. Б., Кравченко А. Н. Известия Академии наук Молдавской ССР, Серия биологических и химических наук, 1983, № 4, с. 13—25.

Увеличение устойчивости растений к регулируемым факторам среды — необходимое условие реализации потенциальной продуктивности. При решении этой проблемы ведущее место должно отводиться индуцированию рекомбинаций в целях расширения спектра адаптивных норм реакций. В статье дан обзор результатов авторов по использованию индуцированного рекомбиногенеза при отдаленной гибридизации и методов гаметной и зародышевой селекции, обеспечивающих получение и сохранение нетрадиционных рекомбинантов. Рассмотрены вопросы селекции на устойчивость к патогенам с позиций взаимосвязи устойчивости к биотическим и абиотическим факторам.

УДК 577.17+581.174+631.8+633.11

Пути экзогенного воздействия для повышения адаптивности культурных растений. Тома С. И., Куширенко М. Д., Балмуш Г. Т., Попа Д. П. Известия Академии наук Молдавской ССР, Серия биологических и химических наук, 1983, № 4, с. 25—33.

Изложены результаты влияния физиологически активных веществ, минеральных и органических удобрений на рост и развитие, продуктивность и качество основных культур Молдавской ССР. Представлены результаты исследований по физиологии орошаемых плодовых и других культур по их адаптации и устойчивости к засухе и жаре, морозо- и зимостойкости. Табл. 2, библиогр. 27.

УДК 636.2:612.826/612.017.2

Проблема адаптации и промышленное животноводство. Фурдуй Ф. И., Штирбу Е. И., Хайдарлиу С. Х., Кракатица В. В., Наводнюк А. И., Федоряка В. П., Марин Л. П., Тимошко М. А., Тонкоглас В. П., Климар С. Е. Известия Академии наук Молдавской ССР, Серия биологических и химических наук, 1983, № 4, с. 33—42.

Проведенный авторами анализ существующих промышленных технологий выращивания и содержания скота свидетельствует о том, что многие их звенья вступили в противоречие с физиологическими особенностями животных, сложившимися в ходе эволюции, вследствие чего у животных развиваются стресс и различные функциональные нарушения. Показано, что основной путь решения проблемы стресса в промышленном животноводстве — создание адаптивных систем выращивания и содержания сельскохозяйственных животных. Описаны принципы создания и основные компоненты адаптивных систем промышленного животноводства. Библиогр. 5.

УДК 591.0.95:634.0.26

Значение лесных полос как резерватов полезной фауны. Ганя И. М., Мунтяну А. И., Остафичук В. Г. Известия Академии наук Молдавской ССР, Серия биологических и химических наук, 1983, № 4, с. 42—46.

Приводятся сведения о видовом составе, биотическом распределении и численности основных систематических групп наземной и почвенной фауны в различных типах лесополос южных районов Молдавии. Указывается как изменяется структура населения животных в зависимости от разнообразия древесных пород и возраста. Даются рекомендации по улучшению конструкции и размещению широкой сети лесных полос с целью создания относительно устойчивого экологического равновесия между вредными и полезными видами в агроценозах республики. Табл. 2, библиогр. 15.

КИШИНЕВ «ШТИНЦА» 1983

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК МОЛДАВСКОЙ ССР

Серия биологических и химических наук
1983, № 4, 1—80.

Редактор *С. А. Фридман*
Обложка художника *Н. А. Абрамова*
Художественный редактор *Э. Б. Музина*
Технический редактор *Л. И. Жукова*
Корректоры *И. И. Рыбкина, Н. И. Корчимарь*

Сдано в набор 18.06.83. Подписано к печати 22.07.83. АБ03768. Формат 70×108^{1/16}.
Бумага машинно-мелованная. Литературная гарнитура. Печать высокая. Усл. печ. л.
7,0. Усл. кр.-отт. 7,5. Уч.-изд. л. 8,12. Тираж 1016. Заказ 489. Цена 95 коп.

Издательство «Штиница», 277028, Кишинев, ул. Академика Я. С. Гросула, 3
Адрес редколлегии: 277028, Кишинев, ул. Академика Я. С. Гросула, 1, тел. 21-77-66.

Типография издательства «Штиница», 277004, Кишинев, ул. Берзария, 8.