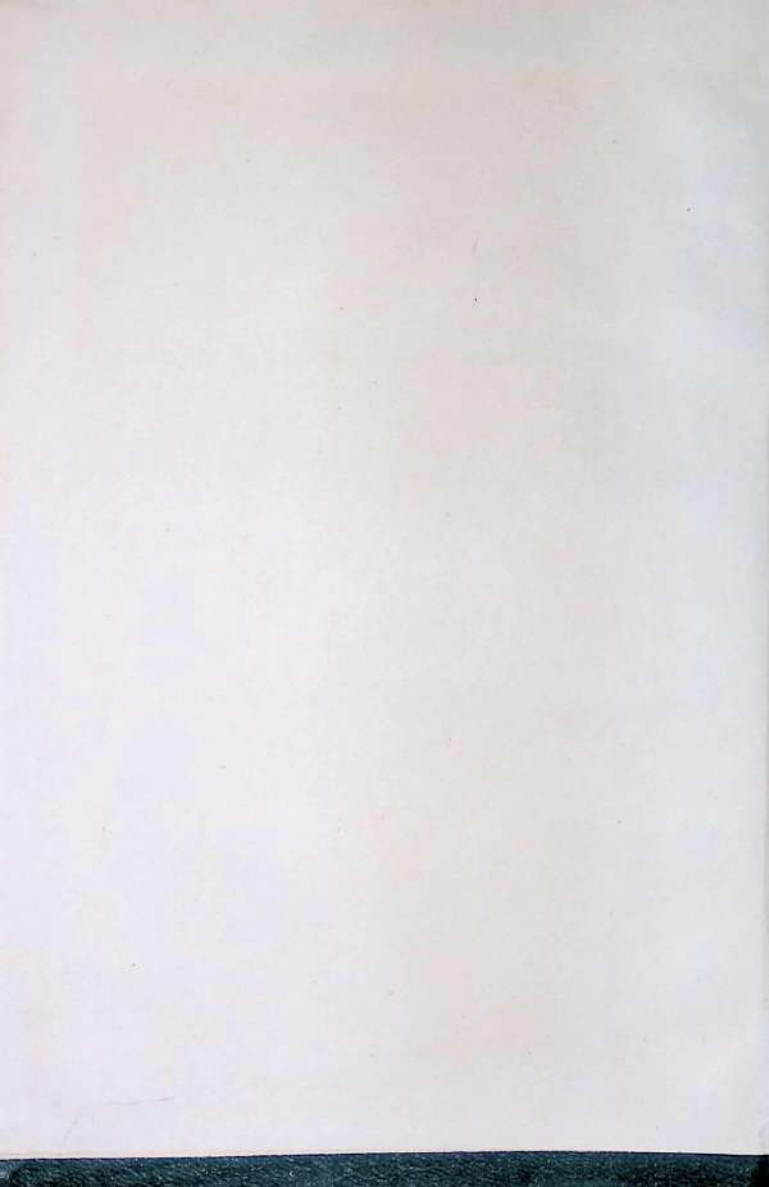


Н. НАЗИРОВ

НАУКА

ЖЛОЛОЛОК



633.51  
H-196

Н. НАЗИРОВ

НАУКА  
и  
хлопок

264959



БИБЛИОТЕКА  
Сем. СХИ  
гор. Самарканд

ИЗДАТЕЛЬСТВО «УЗБЕКИСТАН»  
Ташкент — 1977

к

633.51

Н19

Назирова Н.

Наука и хлопок.

Т.,

«Узбекистан», 1977.

276 с.

В книге в популярной форме кратко изложены основные достижения современной биологии, показано их значение для прогресса медицины и сельскохозяйственного производства, в том числе и для развития хлопководства, доконечно охарактеризована хозяйственная ценность хлопка, описаны история культивирования, классификация, происхождение и эволюция хлопчатника, указаны основные задачи хлопководческой науки, показаны современное состояние и перспективы дальнейших исследований, направленных на их решение, изложены некоторые конкретные практические пути повышения продуктивности хлопкового растения.

Книга предназначена для широкого круга специалистов хлопководства, молодых научных работников, педагогов, аспирантов, студентов сельскохозяйственных и биологических учебных заведений и всех читателей, кто интересуется вопросами современной общей и сельскохозяйственной биологии.

633.51+57

40403—517

Н  $\frac{40403-517}{M331(06)77}$  11—77

Издательство «УЗБЕКИСТАН», 1977 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Хлопок — ценнейшее техническое сырье. Его производят в Америке, Азии, Африке, Австралии и Южной Европе — в 60 странах мира.

В СССР благодаря правильной аграрной политике КПСС, всемерной заботе Коммунистической партии и Советского правительства о хлопкоробах производство хлопка-сырца после Великой Октябрьской революции возросло более чем в десять раз. Такое увеличение достигнуто за счет расширения посевных площадей и резкого повышения урожайности хлопчатника.

Хлопководство небывалое развитие получило в основной хлопковой базе страны — Узбекистане. В результате внедрения все новых и новых высокоурожайных устойчивых к вилту и другим болезням сортов хлопчатника, использования прогрессивных методов агротехники, расширения площадей под хлопчатником, применения комплексной механизации, всевозрастающего количества органо-минеральных удобрений и других достижений химии производство хлопка в республике непрерывно увеличивается, особенно в последние годы.

Вместе с тем потребность нашей всемерно развивающейся промышленности в этом бесценном сырье непрерывно растет и будет расти в дальнейшем, причем ее нужно обеспечить хлопком высокого качества. XXV съезд КПСС и XIX съезд КП Узбекистана признали необходимым дальнейшее развитие хлопководства в стране. Следовательно, производство хлопка в республике и в стране в целом будет увеличиваться все более быстрыми темпами как в качественном, так и в количественном отношении. На II Пленуме ЦК КП Узбекистана (1976 г.) был разработан целый ряд конкретных мер по увеличению производства высококачественного тонковолокнистого и средневолокнистого хлопка в республике.

Рост производства хлопка в стране будет осуществлен главным образом путем повсеместного повышения урожайности хлопчатника. Повышение же урожайности растений немислимо без внедрения научно обоснованной прогрессивной системы земледелия и наиболее урожайных скороспелых, устойчивых к болезням, вредителям и неблагоприятным факторам внешней среды (холод, засуха, засоление и т. д.) сортов, без устранения потерь

урожая. КПСС и Советское правительство делают все необходимое для всемерного развития научных исследований по сельскому хозяйству, показывают пути непрерывного расширения и укрепления связей науки с производством.

Как подчеркивал Генеральный секретарь ЦК Коммунистической партии Советского Союза тов. Л. И. Брежнев на торжественном заседании ЦК КП Украины и Верховного Совета УССР 26 мая 1973 г.: «В настоящее время наука превратилась в непосредственную производительную силу». В своей исторической речи «Великий подвиг партии и народа», произнесенной в Алма-Ате по случаю 20-летия освоения целины, тов. Л. И. Брежнев, отмечая всемерно растущее значение сельскохозяйственной науки в производстве, указал, что современное сельское хозяйство «...нуждается в новых идеях, способных революционизировать сельскохозяйственное производство, в постоянном притоке фундаментальных знаний о природе растений и животных, которые могут дать биохимия, генетика, молекулярная биология. Сельское хозяйство ждет от ученых создания новых, более урожайных и стойких сортов семян, выведения более продуктивных пород скота»<sup>1</sup>. Несколько позже (21 мая 1974 г.) ЦК КПСС и Совет Министров СССР приняли специальное постановление «О мерах по ускорению развития молекулярной биологии и молекулярной генетики и использованию их достижений в народном хозяйстве»<sup>2</sup>. На Юбилейном собрании Академии наук СССР (7 октября 1975 г.), посвященном 250-летию со дня ее основания, тов. Л. И. Брежнев особо подчеркнул ответственность и возросшую роль советских ученых в решении грандиозных задач, стоящих перед партией и народом, по строительству коммунизма в нашей стране.

Приведенные слова и глубокие мысли тов. Л. И. Брежнева и упомянутый документ КПСС и Советского правительства нашли полное отражение и развитие в программных решениях XXV съезда партии, в которых ясно определены дальнейшие перспективы научно-технического прогресса. в том числе биологической и сельскохозяйственной науки.

<sup>1</sup> «Правда», 16 апреля 1974 г.

<sup>2</sup> «Правда», 21 мая 1974 г.

Исходя из решений XXV съезда, ЦК КПСС и Совет Министров СССР приняли постановление «О мерах по дальнейшему повышению эффективности сельскохозяйственной науки и укреплению ее связи с производством»<sup>1</sup>, в котором перед хлопководческой наукой также поставлены большие задачи и указаны пути ее развития на ближайшее будущее. Этот документ, в частности, обязывает научно-исследовательские учреждения страны по хлопководству создавать скороспелые, вилтоустойчивые, потенциально очень продуктивные сорта хлопчатника, обладающие повышенным выходом и высоким качеством волокна и приспособленные к механизированному возделыванию и машинной уборке урожая.

Опираясь на указания КПСС, КП Узбекистана также постоянно заботится о научно-техническом прогрессе в республике, об ускорении внедрения достижений науки в производство, разрабатывает конкретные мероприятия по осуществлению дальнейшего развития науки в целом.

Выступая на VI Пленуме (1972 г.) ЦК КП Узбекистана, первый секретарь ЦК КП Узбекистана тов. Ш. Р. Рашидов особо подчеркивал необходимость повышения эффективности научных исследований. «Важнейшим фактором повышения эффективности науки является,— сказал тов. Рашидов,— управление ее развитием в масштабах всей республики»<sup>2</sup>.

XXIV Пленум (1974 г.) ЦК КП Узбекистана признал необходимым концентрировать научные мысли и средства на крупных проблемах, направить научно-исследовательские работы в республике на решение самых актуальных задач, повысить эффективность научных изысканий, укрепить связь науки и техники с производством и активно внедрить их достижения в жизнь, в том числе в сельское хозяйство. Упомянутый выше II Пленум ЦК КП Узбекистана (1976 г.) поставил перед научными коллективами и учеными вузов конкретные научные и технические вопросы по хлопководству, от решения которых во многом зависит дальнейший рост производства высококачественного хлопка.

Решающим условием успешного развития исследований и повышения их эффективности является организа-

<sup>1</sup> «Правда Востока», 10 сентября 1976 г.

<sup>2</sup> «Правда Востока», 16 февраля 1972 г.

ция комплексных теоретических разработок по ведущим направлениям с использованием достижений смежных наук.

В области хлопководства имеется несколько особо важных, органически взаимосвязанных проблем, которые сейчас в известной степени разрабатываются в ряде научно-исследовательских учреждений и вузов, но для их быстрейшего, эффективного завершения требуются усиление и расширение комплексных исследований на современном (молекулярном, клеточном и организменном) уровне или должны быть разрешены в ближайшем будущем с применением различных подходов, оборудования, аппаратуры и т. д.

Книга рассчитана на широкий круг читателей и в первую очередь на начинающих научных работников и молодых специалистов сельского хозяйства. Поэтому автор счел необходимым вкратце привести также известные и новые сведения о некоторых достижениях современной общей и молекулярной биологии, о народнохозяйственном значении хлопка, об истории культивирования, систематике, происхождении и эволюции хлопчатника, которые автор предпосылает как вводную часть к основному материалу.

Автор выражает глубокую признательность доценту ТашГПИ им. Низами Г. Д. Мустакимову за участие при написании раздела «Хлопчатник, его систематика, происхождение и эволюция».

Он заранее благодарит также всех, кто укажет на недостатки, которые, безусловно, имеются в настоящей работе.

## ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ БИОЛОГИИ И УНИКАЛЬНЫЙ МИКРОМИР ЖИВЫХ СУЩЕСТВ

### ОСНОВНЫЕ ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ЧЕРТЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ О ЖИЗНИ

Современная наука, в том числе и биология, являющаяся теоретической основой медицины и сельского хозяйства, развивается ранее невиданными темпами. Изодня в день наука вскрывает сотни и тысячи тайн природы. Можно без преувеличения сказать, что в наши дни в биологии происходит настоящая революция.

Современная биология имеет четыре особенности развития. Одна из них заключается в том, что исследования проводятся на молекулярном, субмолекулярном, клеточном, тканевом, целом организменном и популяционном уровнях. Второй особенностью науки о жизни является то, что для ее изучения привлекаются все новые и новые методы и способы (изотопы, хроматография, электрофорез, иммунохимия, рентгеноструктурный и активационный анализ и др.). Третья особенность биологии заключается в том, что, с одной стороны, развитие сопровождается ее дифференциацией, появлением новых и новых отраслей (например, молекулярная биология, молекулярная генетика, радиобиология, космическая биология, бионика, математическая биология и т. д.), а с другой — движение этой науки вперед совершается в теснейшей взаимосвязи различных ее областей и смежных естественных наук (химия, физика, математика и т. д.), при решении биологических проблем применяются различные подходы. Четвертая особенность науки о жизни: сейчас проведение экспериментов, изысканий изменилось качественно, т. е. происходит индустриализация научных исследований, в них широко используются самые современные аппаратура и оборудование (электронные микроскопы, масс-спектрографы, электронные парамагнит-

ные резонансы, ядерные магнитные резонансы, электронные счетные машины, спектрофотометры, ультрацентрифуги, мощные, удобные в обращении, источники излучения высоких энергий и т. д.). Это в свою очередь сокращает сроки проведения исследований, помогает экспериментаторам раскрыть сокровенные тайны жизни.

Современная биология, широко используя методы физики и химии, достижения математики и кибернетики, изучает глубокие корни жизни на нашей планете, пытается создать ее интегральную теорию и предсказать перспективы своего развития на будущее. Она, таким образом, постепенно становится логически вполне «точной» наукой. Но все, что нам известно сейчас о жизни, — это лишь пролог (Гробстайн, 1968). Полная же картина жизни будет нарисована в дальнейшем.

Жизнь на Земле имеет сложную биохимическую структуру и организована различно, начиная от человека до вирусов, находящихся на грани между живым организмом и неживой природой. Биологическая наука после общезвестной формулы Ф. Энгельса: «Жизнь — различная форма существования белковых тел» обогатилась новыми фактами. Эти факты свидетельствуют о том, что жизнь на Земле — интегральная форма существования специфических для каждого индивидуума и вида дезоксирибонуклеиновой (ДНК), рибонуклеиновой (РНК) кислот и белков (Дубинин, 1968). Жизнь с точки зрения термодинамики является саморегулирующей открытой системой, имеющей целостную сложную структуру, обладающей способностью воспроизводить себя подобной и особым типом обмена веществ, выработанным в течение длительного исторического периода. Характерный для того или иного организма наследственно закрепленный тип обмена веществ может нормально осуществляться и все потенциальные возможности и способности индивидуума могут правильно реализоваться лишь при наличии оптимальных внешних условий, соответствующих его природе, требованиям, выработанным в процессе эволюции. Эти понятия о жизни внесли существенные изменения в основу биологии. Они по-новому освещают проблемы происхождения и сущности жизни и возможности управления ею.

Последние достижения биологии, темпы открытия в этой области, изучение жизни на молекулярном и суб-

молекулярном уровнях убеждают нас в том, что в недалеком будущем можно вскрыть, хотя бы в общих чертах, все основные свойства жизни на Земле. По прогнозам известного английского ученого Ф. Крика (1971), который в 1954 г. совместно с Дж. Уотсоном и М. Уилкинсом раскрыл структуру ДНК и заложил основы расшифровки генетического кода (механизмов наследственности), к 2000 г. уже будут решены многие проблемы молекулярной и клеточной биологии. Но для решения некоторых вопросов (например, механизмы контролирования клеточного деления, движение и «узнавание» клеток и т. д.) потребуется еще 40—50 и больше лет, а отдельные общепрограммные проблемы (например, происхождение жизни на Земле, существование живого на других планетах, обмен информацией с живыми существами иных миров, если они имеются, наиболее сложные стороны деятельности мозга, природа сознания, молекулярные механизмы психических воздействий и др.) и тогда «будут находиться на начальной стадии изучения». Наряду с этим «неизбежно будут новые крупные достижения в исследовании жизни, «...которые сейчас даже трудно предвидеть». Словом, биология «...в целом в 2000 г. будет привлекать умы ученых еще больше, чем сегодня» (Крик, 1971).

### ГЛАВНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ БИОЛОГИИ И ЕЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

Известно, что успехи физики привели к созданию ядерного оружия, развитию ракетостроения, космическим полетам и использованию атомной энергии в науке, технике, медицине, сельском хозяйстве и других отраслях человеческой деятельности. Нет сомнения, что достижения биологии также помогут не только вскрыть тайны жизни, но будут приводить и приводят к ее управлению, к поднятию сельскохозяйственного производства, разработке способов лечения и ликвидации различных наследственных заболеваний. Например, сейчас науке известно более 500 видов наследственных заболеваний. Эти болезни, находясь в организме родителей в скрытом (гетерозиготном) состоянии, передаются их детям. Если один из родителей (безразлично отец или мать) свободен от признаков той или иной наследственной болезни, то детям она «безвредна». Поэтому, производя соответствующую

щее исследование будущих родителей до вступления их в брак, можно им дать правильные советы и предотвратить болезни. Достижения селекционеров показывают, что путем скрещивания и отбора сельскохозяйственных культур и животных или, воздействуя на них радиацией высоких энергий и некоторыми химическими веществами, можно создать высокопродуктивные сорта и породы. Сейчас с помощью этих факторов удастся резко повысить продуктивность микроорганизмов — продуцентов антибиотиков, ферментов и аминокислот.

Вкратце остановимся на некоторых, на наш взгляд, самых главных достижениях современной биологии и, в первую очередь, ее центрального раздела — молекулярной биологии, являющейся после атомно-электронной физики второй революцией в естественных науках в XX веке. Если провести сравнение всех форм живых существ, т. е. крупных и мелких животных, растений и микроорганизмов между собой, то в их внешности обнаружим больше различий, чем сходства. Эти различия выработаны благодаря постоянному воздействию одного из основных законов биологии — воздействию эволюции, в результате превращения простых организмов в сложные и приспособления их отдельных тканей и органов к выполнению специфических функций. Но если глубже взглянуть в организмы и не принимать во внимание отдельные более или менее специфические отличия, то можно наблюдать единый план в строении их микромира и большую общность в протекающих в них процессах.

Известно, что все живые организмы состоят из клеток. Клетка установлена более 300 лет назад датским ученым Робертом Гуком, а термин этот введен в науку позднее немецкими исследователями Т. Шванном и М. Шлейденом (1880 г.), которые создали первую теорию о клеточном строении организмов. Однако сейчас понятие о клетке совершенно изменилось.

Клетки различаются между собой по форме, размерам и выполняемой функции. Например, в организме человека имеются шаро-, призма- и нитеобразные клетки размером от нескольких микрон до одного метра; нервная клетка приспособлена к проведению нервных импульсов, мышечная клетка — к сокращению, красные кровяные тельца (эритроциты) — к транспорту кислоро-

да. Клетки кончиков корней хлопчатника — 50—10 микрон, а волокно, будучи одной клеткой, имеет длину 29—40 мм. У зеленых водорослей — хлореллы (*Chlorella*) и ацетабулярии (*Acetabularia*) организм состоит лишь из одной единственной клетки. При этом у хлореллы объем ее измеряется микронами (7—20), а у ацетабулярии она достигает в длину 10 см.

Одно из замечательных свойств жизни, отличающих ее от неживой природы, — способность к размножению. «Благодаря размножению клеток жизнь ухитряется обвести вокруг пальца время» (Мэзия, 1963). Отдельные индивидуумы рождаются и умирают, сменяются поколениями, но благодаря преемственности организмов веками живут виды и роды, сохраняя основные свои свойства и признаки. Все живые существа, даже самые сложные, состоящие из миллиардов клеток, начинают и кончают свою деятельность с одной клетки. Две половые клетки — сперматозоид отца и яйцеклетка матери, сливаясь, образуют одну клетку — зиготу, которая делится много раз и в конечном счете создает взрослый организм. С появлением новых половых клеток продолжение рода обеспечено.

Каждая клетка состоит из ядра и окружающей его цитоплазмы, имеющей сложную структуру. Ядро и цитоплазма функционируют в теснейшей взаимосвязи, они не могут жить друг без друга, но их строение и выполняемая работа различны.

Клетку можно уподобить большому комбинату, заводы этого «комбината» выполняют различные «фабрики» — органоиды, расположенные в основном в цитоплазме, управление действием которых и отдача заказов им осуществляется ядром (рис. 1, 8).

Различные клеточные органоиды биохимически строго специализированы и отграничены мембранами. Последние похожи на пластинки, пузырьки и каналы и составляют скелет клетки. Между мембранами имеется свободное пространство, которое заполнено жидкостью с растворенными питательными веществами. С помощью этой жидкости органические и неорганические вещества передвигаются с одного места в другое. Через мембраны в клетку поступают необходимые элементы из внешней среды. Возле ядра имеется очень мелкая органелла называемая центрисомой, с помощью которой происходит деление клетки.

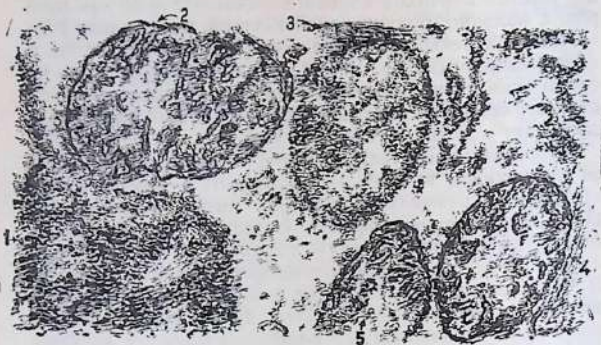


Рис. 1. Фрагмент клетки меристемы корня хлопчатника сорта С-1622 (*G. hirsutum* L.) через 24 часа после прорастания (ув. 46000). 1—фрагмент ядра; 2—5—митохондрии (по Арслановой, 1974).

В цитоплазме находятся различные по форме, в большинстве случаев дынеобразные подвижные органеллы — митохондрии, являющиеся «электростанцией» клетки (см. рис. 1,8). В митохондриях вырабатывается основная часть необходимой для жизни энергии. До недавнего времени считалось общепризнанным, что в этих органеллах вся энергия, освобождаемая в результате распада органических соединений, аккумулируется только в химических связях так называемых макроэргических соединений, в частности, аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) и в этой форме транспортируется в другие участки клетки и расходуется на ее нужды. По данным последних лет (Creasey, Stocken, 1958; Назиров, Арсланова, 1964 г. и др.), генерация АТФ происходит частично и в ядре клетки. Наряду с этим отдельные исследователи (в частности, английский биохимик П. Митчелл) допускали возможность накопления определенной части энергии в электрической форме на внутриклеточных мембранах особого типа и использования ее клеткой из этого энергетического резервуара по мере необходимости. Сейчас группе ученых межфакультетской лаборатории биоорганической химии МГУ им. М. В. Ломоносо-

ва (В. П. Скулачев и др.) и Института проблем передачи информации АН СССР (Е. А. Либерман и др.) удалось экспериментально показать, что большая часть энергии, поступающей в клетку извне, действительно сначала превращается в электричество, а затем уже при необходимости — в другие ее формы. Электрическое напряжение — это есть энергетический резервуар клетки. При этом мембрана митохондрии служит в качестве конденсатора (Скулачев, 1976).

Усвоение сложных органических веществ в клетках осуществляется путем их гидролитического распада. Этот процесс совершается, как и любой другой биохимический акт в живом организме, с помощью специальных белков-ферментов (биохимических катализаторов) в «желудочках» или «заготовительных пунктах» клетки — лизосомах.

В цитоплазме имеются также видимые только в электронный микроскоп структурные элементы (тельца) — рибосомы — «фабрики» белков. Рибосомы представляют собой рибонуклеопротеидные гранулы, т. е. состоят из рибонуклеиновой кислоты (рибосомной РНК) и белка и в клетках растений и животных прикреплены к поверхности мембраны, богатой липоидами, — эндоплазматической сети. Рибосомы найдены в последнее время и в ядрах и митохондриях, где образуются специфические ядерные и митохондриальные белки (Бреслер, 1973). В живых клетках обнаружены цепочки рибосом на одной линейной матрице; их называют полисомами. В последних происходит смена «старых» рибосом на «новые» и она связана функционально с синтезом белка. Молекула различных белков состоит из 20 «кирпичиков» — аминокислот, а рибонуклеиновой кислоты из 4 «кирпичиков» — азотистых оснований — аденина, гуанина, цитозина и урацила. Разнообразие белков и рибонуклеиновых кислот определяется количеством и последовательностью расположения «кирпичиков» в полипептидной и полинуклеотидной цепи.

В цитоплазме растительных и животных клеток обнаружен так называемый аппарат Гольджи, который представляет собой систему гладких мембран и канальцев, располагающихся вокруг ядра или полярно. Функция аппарата Гольджи еще окончательно не выяснена. Предполагают, что он обеспечивает выделительную

функцию клетки. Тонкое строение этого аппарата хорошо видно в электронный микроскоп при увеличении в 60—80 тыс. раз. Исследования (Арсланова, Назиров, 1975) показали, что аппарат Гольджи меристематической клетки корешков проростков хлопчатника состоит из множества вакуолей, заполненных клеточным соком, парных мембран (6—7 шт.) и мелких вакуолоподобных пузырьков, располагающихся по периферии парных мембран. У местных сортов (1306-ДВ, С-1622) аппарат Гольджи развит сильнее, чем у дикой формы *Gossypium hirsutum* ssp. *mexicanum* и ее мутанта АН-401.

В цитоплазме клеток растений имеются специализированные тельца-лейкопласты, хлоропласты и хромопласты. Лейкопласты — бесцветные пластиды, участвующие в синтезе крахмала из сахаров.

Хлоропласты встречаются в основном в листьях и содержат белки, липоиды (жироподобные вещества), ДНК, РНК и при участии зеленого пигмента хлорофилла и ферментов осуществляют фотосинтез — основной процесс образования из воды и углекислого газа за счет энергии солнца органических соединений (различных углеводов и аминокислот), обладающих низкой энтропией (т. е. богатых энергией), а также источник кислорода на нашей планете.

Хромопласты содержат желтые, красные и коричневые пигменты, функция которых еще окончательно не установлена.

В клетке самое основное тело — это ядро, расположенное в ее центре (см. рис. 1, 8). В ядре имеются ядрышки, богатые РНК. В момент деления клеток происходит растворение ядерной оболочки и появляются нити-хромосомы, имеющие сложное строение и окрашивающиеся при обработке краской Фельгена в зеленый цвет. Ядра и хромосомы состоят в основном из дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), белков и РНК.

Как показали исследования, проведенные на зародышах пшеницы и листьях хлопчатника (Васильева и др., 1967; Назиров, Насретдинова, 1974), главной составной частью белков клеточных ядер являются глобулины и гистоны. Ядра содержат и другие белки (негистоновые, кислые и остаточные), но их относительно меньше. Клеточные ядра других организмов из основных белков, кроме гистонов, содержат и протамины. В ядрах и хромо-

сомах найдено также небольшое количество зольных элементов, среди которых существенное значение имеют бивалентные элементы — кальций и магний (Прокофьева-Бельговская, 1960).

Все хромосомы разделяются на так называемые аутосомы и половые хромосомы. Последние, в свою очередь, бывают двух типов — длинные, палочковидные X-хромосомы и маленькие, скрученные Y-хромосомы. Их сочетаниями определяется принадлежность к определенному полу.

Например, у человека женские гаметы (половые клетки) по хромосомному набору идентичны. Они несут по одной X-хромосоме. Мужские же особи образуют гаметы двух сортов: половина содержит одну X-хромосому, а другая половина одну Y-хромосому.

Хромосомы в половых клетках бывают одиночные (гаплоидный набор —  $n$ ), а в других (соматических) — парные (диплоидный набор —  $2n$ ), и их число, форма и величина неодинаковы у разных организмов. Например, половые клетки человека содержат  $n=23$ , соматические  $2n=46$  хромосом, у плодовой мушки дрозофиллы (*Drosophila melanogaster*) их  $2n=8$ , у мягкой пшеницы  $2n=42$ , у ржи и гороха  $2n=14$ , у промышленных средневолокнистых и тонковолокнистых сортов хлопчатника  $2n=52$ , у турфанской гузы  $2n=26$ , у домашней традесканции  $2n=12$ , у разных видов рода крепис (*Crepis*)  $2n=6, 8, 10, 12, 16, 18, 24, 40, 42$ ; у конского боба (*Vicia faba*)  $2n=12$ , у мыши  $2n=40$ .

Через хромосомы передаются потомству основные признаки и свойства родителей, они контролируют все жизненные процессы, координируют деятельность ферментных систем.

В центре современной теории о наследственности лежат материализация и объяснение ее молекулярных основ. Факты свидетельствуют о том, что в молекулах ДНК с помощью особого кода зафиксированы наследственные свойства, в том числе необходимая информация для синтеза белков в рибосомах, все детали обмена веществ и морфологические признаки организма. Иначе говоря, в ДНК, как в магнитной ленте, содержится запас информации, необходимый для роста и воспроизведения живой клетки. Отдельные дискретные участки ДНК, точнее хромосомы, отвечающие за синтез определенных соединений (белков-ферментов) называются генами.

ДНК имеет очень сложную макромолекулу и представляет собой длинную двойную спираль-цепь (лишь у некоторых вирусов она бывает односторонней) с максимально возможным числом водородных связей, образуемых боковыми пуриновыми и пиримидиновыми основаниями, упакованными в пространстве между спиралью.

Цепи состоят из четырех нуклеотидов — «кирпичиков». Каждый нуклеотид состоит из азотистого основания, дезоксирибозы (углевода) и остатка фосфорной кислоты. Последние два компонента во всех молекулах ДНК одинаковы и специфика генов обуславливается количественным различием четырех азотистых оснований — аденина, тимина, цитозина и гуанина в цепях. Несколько сот нуклеотидов образуют отдельные гены. Порядок чередования азотистых оснований в генах определяет язык — код наследственности. Проведение записи кода напоминает правило использования букв Морзе (точка и тире) при передаче информации телеграммой. От вирусов до человека код определяется расположением четырех букв — двух пиримидинов (Ц-Т) и двух пуринов (А-Г) — в молекуле ДНК в различной последовательности и их различным числом в ней. Например, код лейцина — (одной из 20 аминокислот, входящих в состав белков) — АТГ (аденин — тимин — гуанин), триптофана — ТГЦ (тимин — гуанин — цитозин), глутамина — ГАА (гуанин — аденин — аденин).

По современным представлениям, синтез белков в клетках происходит следующим образом (рис. 2): сначала согласно коду на молекуле гена (ДНК), как на газетной матрице, образуется молекула специальной рибонуклеиновой кислоты, получившей название информационной (и-РНК). При этом записанная в гене информация передается и-РНК и в молекуле последней запечатлется структура каждого из белков. И-РНК несет полученную от ДНК информацию в рибосомы — «мастерские», где строго согласно поступившему заказу из соответствующих предварительно активированных при участии специальных ферментов аминокислот строится молекула белков. В рибосомах от и-РНК информация непосредственно передается синтезируемому белку. Аминокислоты же доставляются в рибосомы из цитоплазмы с помощью других, так называемых аминоацил-транспортных РНК.

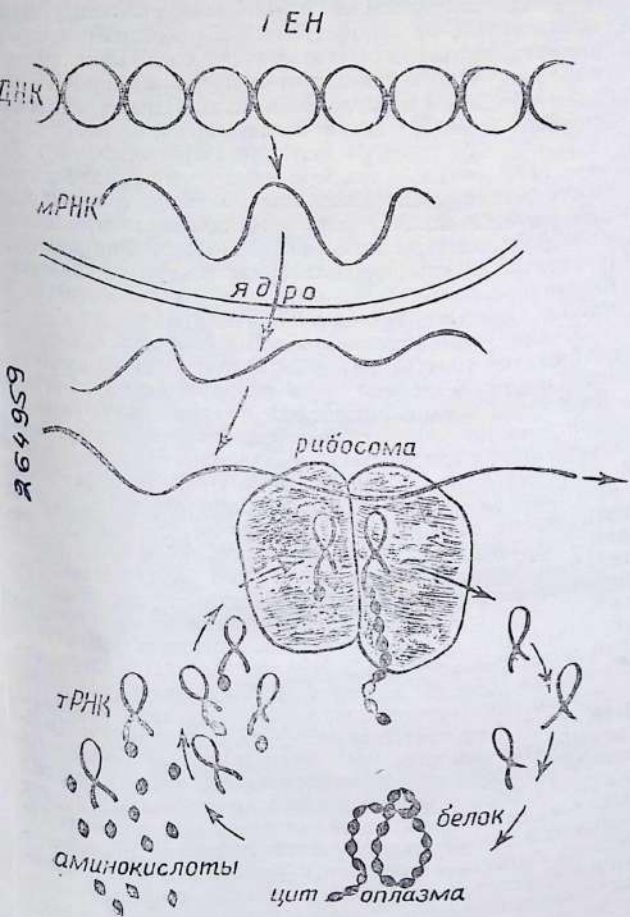


Рис. 2. Общая принципиальная схема биосинтеза белка  
(по Спирину, Гавриловой, 1968).

Ранее считалось, что и-РНК вскоре после перенесения информации от генов (ДНК) к рибосомам и «прочтения» информации расщепляется специфическими ферментами — рибонуклеазами и время жизни РНК невелико (не более нескольких минут). Однако, как показали новейшие исследования американских ученых С. Спигеля и А. Маркуса на пшенице («Природа», 1976, № 2, стр. 119), в условиях, полностью подавляющих деятельность рибонуклеаз (например, в сухих семенах растений), и-РНК может храниться в течение многих месяцев, не теряя при этом своей физиологической активности, и начинать функционировать сразу же при возникновении благоприятной для нее ситуации (например, в тот же час после начала прорастания семян).

Белки — сложные полимерные соединения, молекула которых состоит из различного сочетания 20 аминокислот. Они представляют собой нити, состоящие из отдельных блоков — аминокислотных остатков, получившие название полипептидных цепочек. В природе встречается очень много разнообразных белков, выполняющих самые различные функции, многие из них являются ферментами (биокатализаторами). Например, фермент лизоцим из куриного яичного белка расщепляет полимерные соединения (аминогликозиды) оболочки бактерий, растительный фермент папаин расщепляет белки и некоторые простые пептиды, состоящие из двух или трех аминокислот,  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазы расщепляют сложные углеводы (крахмал и др.), хлорофиллаза отщепляет многоатомный спирт фитол ( $C_{20}H_{39}OH$ ) из молекулы хлорофилла; рибонуклеаза и дезоксирибонуклеаза, встречающиеся во всех организмах, вызывают распад молекулы РНК и ДНК соответственно, а РНК-полимераза и ДНК-полимераза, напротив, участвуют в синтезе этих соединений. Цитохромы, основной составной частью которых являются белки, фермент лактатдегидрогеназа, другие рогеназы, пероксидазы, каталазы, цитохромоксидази занимают участие в процессе дыхания. Широко известный белок — гемоглобин обратимо связывает молекулы кислорода воздуха в красных кровяных клетках — эритроцитах и доставляет его во все клетки организма человека и животных, белок миоглобин же запасает кислород в мышцах животных, проводящих длительное время под водой (кит, тюлень, пингвин). По

новейшим сведениям науки, в клетках животных, растений, грибов и бактерий существуют даже особые белки, работающие как молекулярные генераторы электрического тока (Скулачев, 1976).

Белки отличаются друг от друга числом и чередованием аминокислот в их молекуле. Сейчас расшифровано строение полипептидных цепей более 200 белков (рибонуклеазы, папаина, лизоцима, гемоглобина, миоглобина, лактатдегидрогеназы, белков, входящих в состав цитохромов и др.). Средняя молекула белка содержит 250—300 аминокислотных остатков (Туракулов, 1974). Например, лизоцим состоит из 129 аминокислот, образующих одну полипептидную цепочку (Кретович, 1971). Миоглобин также имеет относительно простую молекулу. Она состоит из 153 аминокислотных остатков в одной единственной цепи.

Гемоглобин и фермент лактатдегидрогеназа, напротив, имеют более сложное строение, молекулы которых состоят из четырех идентичных субъединиц (полипептидных цепей). Каждая цепочка гемоглобина содержит по 150, а лактатдегидрогеназы по 311 аминокислотных остатков (Бреслер, 1973).

В живой активнометаболизирующей клетке происходит постоянное обновление (распад старых и синтез новых) белков. При синтезе белков каждая аминокислота согласно коду занимает свое определенное место. Любое отклонение приводит к появлению наследственных аномалий, а нередко и к гибели организма.

Скорость синтеза белка у различных организмов, а также различных белков одного и того же организма неодинакова. По подсчетам французских биохимиков (К. Валдрон, Р. Жунд, Ф. Лакрут, 1974, «Febs Letters», v. 46, № 1, p. 11—16), средняя скорость синтеза белка в клетках дрожжей равна 6,9 аминокислотным остаткам в секунду. Иначе говоря, молекула белка, например, из 533 аминокислот образуется за 78 сек. Интересно, что с увеличением длины молекулы синтезируемого белка скорость его синтеза (элонгации) повышается. По мнению авторов, это связано с тем, что короткие ново-синтезированные полипептиды (фрагменты белков), состоящие из нескольких аминокислотных остатков, выполняют роль своеобразного заслона, мешая новым аминокислотам-транспортным РНК, несущим аминокислоты,

приблизиться к рибосомам. По мере удлинения молекулы полипептида последний приобретает вторичную и третичную структуру, и эффект заслона пропадает.

В результате исследований, проведенных на бактериях, установлено, что в рибосомах синтез белков управляется различными генами. Французские ученые Ф. Жакоб и Ж. Моно (Jacob, Monod, 1961; Jacob, 1966) на основании многочисленных опытов создали оригинальную схему генетического регулирования синтеза клеточных белков (рис. 3). Согласно этой схеме опре-

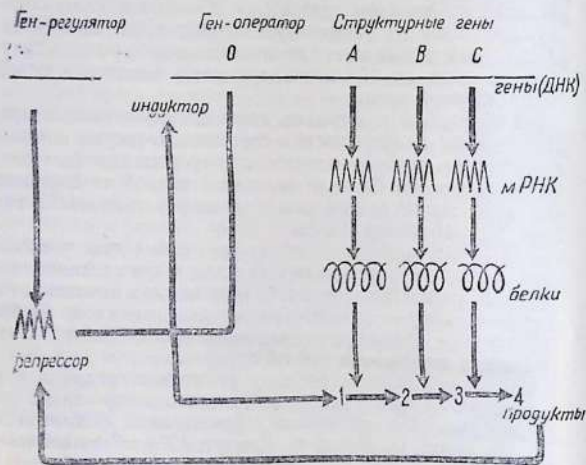


Рис. 3. Схема регуляции биосинтеза белков на генетическом уровне (по Ф. Жакобу и Ж. Моно, 1966).

деленный участок бактериальной хромосомы, или так называемые структурные гены, управляют синтезом определенных белков — ферментов. На структурных генах синтезируются молекулы и-РНК-матрицы (или м-РНК). На последней рибосомы ведут синтез белка, двигаясь вдоль матрицы и считывая с нее информацию о структуре белковой молекулы. На одной матрице одновремен-

но могут работать десятки рибосом, часть которых завершает синтез и скатывается с одного конца матрицы; другие вступают на нее с освобождающегося конца.

Возле структурных генов имеется ген-оператор и вместе они составляют группу оперон.

В хромосоме отдельно от оперона имеется еще ген-регулятор, который управляет синтезом соединений, названных репрессором. Репрессор, реагируя с геном-оператором, подавляет работу структурных генов, входящих в систему данного оперона. В результате остановится синтез ряда белков — ферментов. Репрессорами могут быть белки (гистоны, кислые белки) и низкомолекулярные метаболиты — конечные продукты биохимических процессов.

Действие репрессоров снимают вещества — так называемые индукторы. Роль последних выполняют субстраты определенных ферментов, т. е. соединения, распадающиеся или синтезирующиеся при участии данного фермента (например, фитогормоны типа ауксинов или гиббереллинов). Таким образом, биосинтез белков-ферментов осуществляется по принципу кибернетической обратной связи: накопление субстрата определенного фермента в клетке открывает путь к синтезу этого фермента, а конечный продукт, образовавшийся в результате биохимических процессов, дает команду синтезу того же фермента «стоп».

В природе, кроме системы передачи информации ДНК → и-РНК (или м-РНК) → белки, существует еще поток информации от ДНК материнской клетки непосредственно к ДНК дочерней клетки. В результате ядро дочерней клетки получает всю информацию, имеющуюся в ядре материнской клетки.

Вместе с тем записанная в молекуле ДНК наследственная информация может реализоваться на разных этапах индивидуального развития (в онтогенезе) организма лишь при наличии определенных условий среды, соответствующих его исторически сложившемуся требованию. Для пояснения приведем следующий пример.

Дикие и полудикие формы хлопчатника в первый год жизни в условиях Ташкента с продолжительностью летнего солнечного освещения 14—14,5 час. не плодоносят. Они вступают в плодоношение лишь на искусственно укороченном 10—12-часовом световом дне или на второй

год жизни при перенесении их в теплицу на зиму. Причина этого явления заключается в том, что дикие хлопчатники возникли и распространены в экваториальных и приэкваториальных широтах с короткой продолжительностью дня и приспособились к тем условиям существования. По нашему мнению, в естественных условиях Ташкента и других районов советского хлопкосеяния у диких и полудиких форм хлопчатника образуются специфические «репрессоры», которые блокируют определенные локусы (участки) хромосом, контролирующие дифференциацию стеблевых почек, подавляют работу структурных генов, вырабатывающих ферменты, необходимые для вступления в плодоношение. При выращивании же их на благоприятном для генеративного развития укороченном дне в клетках образуются специфические «индукторы», которые снимают действие репрессоров. В результате происходит деблокировка указанных локусов хромосом, структурные гены включаются в работу, дают сигнал на синтез нужных ферментов, и хлопчатник вступает в плодоношение.

Природа «репрессоров» и «индукторов» плодоношения у хлопчатника еще не расшифрована. Как показали наши исследования (Назиров, Насретдинова, 1974; Назиров и др., 1974), у диких форм, в частности, *Gossypium hirsutum* ssp. *mexicanum* при неблагоприятной для его генеративного развития продолжительности летнего дня в Ташкенте происходит усиленный синтез и накопление ядерных белков (особенно резко гистонов и кислых) и простых сахаров типа глюкозы, что является, видимо, рычагом (репрессором), закрывающим локусы хромосом, ответственные за переход растений в плодоношение. В этих условиях у дикого хлопчатника образуются шесть различных фитогормонов типа ауксинов. При укороченном же дне биосинтез и содержание ядерных белков у него резко уменьшаются, усиливаются окислительные процессы, снижается концентрация простых сахаров и свободных аминокислот, образуется еще один дополнительный фитогормон. Этот седьмой фитогормон, на наш взгляд, и есть ключ к «замку» на ответственной за генеративное развитие участке хромосом, т. е. «индуктор» плодоношения, который, реагируя с репрессорами, вызывает деблокировку соответствующих структурных генов, и, таким образом, активизирует их дея-

тельность. Однако наши высказывания о химической природе «репрессоров» и «индукторов» плодоношения у хлопчатника — это еще во многом лишь спекулятивное предположение. Вместе с тем этот вопрос чрезвычайно интересен с точки зрения теории онтогенеза и практики хлопководства и ждет своего неотлагательного решения.

Как показывает многолетний опыт (Linser, 1963), на генетическое регулирование синтеза ферментов и обмена веществ в клетках в целом можно повлиять через изменение содержания микроэлементов в нуклеиновых кислотах.

Помимо того, у растений синтез ферментов и их активность, следовательно, и регулирование обмена веществ в клетках контролируются не только генетически, на них можно и непосредственно воздействовать такими факторами среды, как свет, температура, водообеспечение и минеральное питание (азот, фосфор, калий) (Latzko, 1964). Однако действие минеральных элементов и регулирование обмена веществ имеет комплексный характер: минеральные элементы составляют существенную часть ферментов, коферментов и субстратов; активируют или тормозят ферментативные реакции; ускоряют или замедляют синтез и распад систем, регулирующих обменные процессы (ферментов, нуклеиновых кислот и т. д.), и наконец, они через обратную связь индуцируют синтез ферментов.

Установление регуляции функций отмеченных выше генов и генетического контроля обмена веществ в бактериальных клетках поможет также объяснить механизмы возникновения ракового заболевания у людей, животных и растений.

Известно, что в норме размножение клеток состоит из трех этапов развития. Сначала клетка делится, что называется эмбриональной фазой. До начала этой фазы в клетках происходит удвоение молекул ДНК, составляющей основную часть хромосом. При этом сначала происходит расхождение двойных нитей ДНК на отдельные нити. Синхронно каждая нить создает себе вторую, дополнительную (комплементарную) нить. Здесь строго согласно наследственному коду снова образуется двойная нить-спираль по принципу комплементарности (дополнительности) азотистых оснований: аденин-тимин, цитозин-гуанин, аденин-тимин, цитозин-гуанин и т. д.

(Уотсон, 1967). При этом к азотистым основаниям одиночных цепей из общего клеточного фонда присоединяются комплементарно соответствующие основания (нуклеотиды). В результате этого азотистые основания в новой нити располагаются в строгом соответствии с их расположением в первой, основной (матричной) цепи. После чего соответствующие ферментные системы смыкают установленные определенным способом нуклеотиды во вторую комплементарную цепь, которая уже соединена с первой цепью водородными связями (Белозерский, 1970). И, таким образом, из одной молекулы ДНК образуются две новые, совершенно тождественные по своей структуре молекулы. Необходимые же для биосинтеза (удвоения) молекулы ДНК конституционный (строительный) материал и большая часть энергии поступают в ядро клеток из отмеченных выше специальных «фабрик», расположенных в цитоплазме. Таким образом, между клеточным ядром и цитоплазмой осуществляется постоянная взаимосвязь, взаимодействие и взаимопомощь.

На второй фазе развития клеток происходит накопление в них питательных, запасных и конституционных веществ, за счет чего размер клеток увеличивается и вширь и в длину. На третьей, последней фазе, рост клеток останавливается, происходит их дифференциация, и они начинают выполнять определенные функции.

Если в момент биосинтеза ДНК под влиянием какого-либо вредного фактора (радиация, отдельные химические соединения, психические переживания, вирусы, механические раздражения, искусственные аборты и т. д.) изменился закон расположения нуклеотидов в ее молекуле, то нарушается описанный выше генетический контроль синтеза ферментов и не поступит сигнал «стоп». В результате деление клеток и увеличение их объема продолжают, нарушается или вовсе не осуществляется процесс дифференциации дочерних клеток и возникает рак.

В настоящее время, опираясь на законы генетического контроля клеточного обмена, в многочисленных лабораториях мира идут широкие исследования по разработке методов лечения рака. Эта задача должна быть положительно разрешена в недалеком будущем.

Помимо того, сейчас исследователи, используя свое-

образные формы эндонуклеаз — рестриктазы (ферменты, расщепляющие двутяжевую ДНК по строго определенным последовательностям азотистых оснований) и полинуклеотидлигазу (фермент, сшивающий разорванные фосфодиэфирные связи в молекуле ДНК), на базе бактериальных плазмид (внехромосомных циркулярных низкомолекулярных ДНК), фагов и вирусов животных конструируют так называемые векторы («повозки») и получают в пробирках (*in Vitro*) гибридные (рекомбинантные) молекулы путем гибридизации фрагментов ДНК вирусного, бактериального, а в ряде случаев и животного происхождения (Баев, 1976).

Вектор способен проникать в бактериальную клетку. Вместе с вектором в клетку проникает и связанная с ним рекомбинантная молекула ДНК. Он сообщает такой молекуле способность воспроизводиться в бактериальной клетке независимо от хромосомы.

Рекомбинантные молекулы — это набор молекул; отдельные представители его различаются по фрагментам чужеродной ДНК. Пользуясь специальными селективными средами, можно отбирать нужные клетки, содержащие потомство одной определенной молекулы.

Уже твердо установлено, что гены таких прокариотных организмов, как бактерии (наследственные структуры которых не образуют ядра), в составе гибридных молекул «работают» нормально. Что касается генов эукариотных организмов (т. е. имеющих клетки со сформированным ядром), то показана лишь возможность синтеза ДНК гибридных молекул и образования матричной РНК, но зависящий от них синтез белка еще остается невыясненным. Трансгенез (перенос генетической информации) *in Vitro* у животных и высших растений еще не доказан (Баев, 1976). Для этих организмов разработаны только методы выделения так называемых многократно повторяющихся генов (т. е. ответственных за синтез рибосомальной и транспортной РНК и гистонов).

Возможность создания рекомбинантных молекул открывает большие перспективы для модификации микроорганизмов и получения полезных штаммов, а также для разработки генетических методов лечения наследственных дефектов обмена веществ у людей (в первую очередь, моногенных). Дальнейшие исследования в этом направлении вместе с успешно проводимыми сейчас

экспериментами на клеточном уровне (гибридизация клеток, пересадка клеточных ядер, разделение клеток зародыша на ранних стадиях развития, когда каждая клетка может развиваться и дать самостоятельную особь, что позволяет получить совершенно идентичные организмы, и наоборот, слияние клеток генетически неоднородных особей на первых этапах развития зародышей и получение мозаичной особи, объединяющей в себе различные свойства) в ближайшие годы, несомненно, приведут к созданию методов генетического манипулирования молекул и клеток независимо от степени организации живых существ. Но уже сегодня ученые могут выращивать в специальной питательной среде целое растение из любой живой ткани и даже «исправить» отдельные ошибки природы, связанные с изменением генофонда или нарушением функций определенных генов. В частности, недавно сотрудники Института физиологии растений им. К. А. Тимирязева АН СССР совместно со специалистами Института ботаники АН УССР, предварительно растворив в колбе со специальной питательной средой с помощью специфических ферментов жесткие оболочки соматических (неполовых) клеток тканей кусочка совершенно белого листа мутантного табака, неспособного синтезировать зеленый пигмент (хлорофилл), и неполовых клеток кусочка пестрого (по краям) листа другого мутантного табака, частично лишённого возможности образовать данное красящее вещество, удалось слить протопласты («голые» клетки) двух наследственно «больных» организмов и получить нормальные гибридные клетки, из которых затем путем обычного деления и дифференциации выросло здоровое, совершенно зеленое целое растение со всеми органами. Потомство этого растения еще не изучено и не известно еще его поведение в дальнейшем (Бутенко, 1975). Но это очень важная работа по пути конструирования растительных клеток, она открывает большие горизонты по генной инженерии, например, по разработке способов образования хозяйственно-полезных признаков и свойств у сельскохозяйственных культур и пород животных по заранее продуманному плану и ликвидации у них тех или иных недостатков.

В последние годы в ряде научных центров зарубежных стран также проводятся широкие исследования по

изысканию новых путей селекции сельскохозяйственных культур и микроорганизмов, основанных на принципах генетической инженерии. Например, в Великобритании (Эденбургский университет) разработана техника препарирования и пересадки генов из микроорганизмов и клеток других организмов, ведутся работы по выделению штаммов бактерий для биологического контроля грибных, раковых и иных заболеваний растений (научно-исследовательский институт почвоведения, г. Абердин), их штаммов, способных продуцировать антибиотики, гормоны (инсулин) и ростовые активные вещества (университет в Кембридже), симбиозного штамма свободно живущего в почве азотфиксирующего типа бактерий (*Azotobacter vinelandii*), который обеспечивал бы азотом культуры (морковь), неспособные усваивать атмосферный азот (научно-исследовательский институт им. Дж. Иннеса), по созданию сортов сельскохозяйственных растений интенсивного типа с широким диапазоном экологической пластичности (институт селекции растений, г. Кембридж) и по другим вопросам практического применения методов генетической инженерии (Пономарев, 1975). Методом геной инженерии (путем трансдукции) группе сотрудников университета графства Суссекс в отдельных случаях удалось пересадить гены, ответственные за биологическую фиксацию атмосферного азота, от бактерий (*Klebsiella pneumoniae*) корневой системы бобовых культур некоторым формам бактерий с иной экологией, т. е. обитающих в зоне корней растений других систематических групп (Касаева, 1976).

Однако пока неизвестно, что конкретно полезного принесут людям достижения генетической инженерии и еще нет основания отказаться от испытанных классических (скрещивание, отбор) и современных способов (так называемый радиационный и химический мутагенез) селекции, о чем будет сказано подробнее несколько позже.

К числу выдающихся достижений современной биологии можно отнести также открытие так называемой цитоплазматической формы наследственности, которая обуславливается локализацией в ней особого типа ДНК, отличающейся от ядерной по набору и чередованию нуклеотидов в молекуле. Стало известно, что такая ДНК содержится в митохондриях и пластидах (например, хлоропластах). Поэтому эти органеллы клеток имеют иную

наследственную информацию, нежели ядерная ДНК. Митохондрии и хлоропласты содержат свои собственные рибосомы и синтезируют свои специфические белки. Они могут выполнять и ряд других функций и изменяться в определенных условиях независимо от ядерной ДНК. Замечено, что ферменты репликации и транскрипции ДНК могут образоваться в самих хлоропластах. Однако синтез ферментов, ответственных за деление хлоропластов, контролируется ядерными генами. Ядерные гены контролируют через свою и-РНК и образование рибосомальных белков. Формирование и функциональная же активность фотосинтетического аппарата обуславливаются полигенной сбалансированной деятельностью ядра и самих хлоропластов (Насыров, 1975). Замечено, что развитие некоторых физиологических свойств растений также осуществляется только в результате взаимодействия митохондрий и генов ядра. Так, степень зимостойкости пшенично-пырейных гибридов ( $2n=56$ ) зависит от характера функционирования их митохондрий при пониженной температуре. С другой стороны, для нормального функционирования митохондрий и осуществления ими аккумуляции энергии в молекулах АТФ (аденозинтрифосфорной кислоты) при понижении температуры (до  $-4^{\circ}\text{C}$ ) абсолютно необходимо наличие в клетках определенных хромосом (ядерных генов) пырея (Жуковский, 1975).

Остается неясным, могут ли нормально функционировать гены эукариотов в прокариотных клетках. Допускается, что гены прокариотов (бактерий) также не могут нормально работать в клетках высших организмов (Селезнев, 1976). Наука сейчас располагает способом переносить неповрежденные изолированные хромосомы одних эукариотов (например, человека) в клетку других эукариотов (мышей). Но в таких клетках работает только часть генов, другая бездействует. Причем с каждым клеточным делением три из ста клеток реципиента (мышь) утрачивают донорский ген (человека), внесенный хромосомой (Селезнев, 1976). Следовательно, наука еще не разработала метода стабильной интеграции генетического материала одного высшего организма с геном другого такого организма. Словом, несмотря на громадные успехи молекулярной биологии, впереди еще стоят огромные усилия и непочатый край работы, чтобы генети-

ческая инженерия по-настоящему заняла свое место в практической деятельности человека и оправдала свое название в хорошем смысле слова.

Проблема самих генов также еще полностью не выяснена. В последнее десятилетие осуществлен ферментативный синтез ДНК, которая может вызывать вирусную инфекцию (Корнберг, 1961); Englund, oth., 1968). Индийский ученый Х. Корана (Khorana, 1961) в лабораторных условиях успешно синтезировал небольшие области ДНК, т. е. отдельные гены, с которых могут транскрибироваться (синтезироваться — копироваться) тРНК. Тонкое химическое строение молекулы ряда тРНК уже расшифровано. Значит, наука в ближайшие годы сможет «спроектировать» гены, с которых будет транскрибироваться та или иная тРНК. Однако следует подчеркнуть, что наиболее сокровенные детали конструкции и функции генов в живых клетках пока еще остаются тайной. Известно, что каждый ген воздействует на несколько признаков организма и каждое их свойство формируется под контролем ряда генов (Дубинин, 1963, 1968).

Гены относительно константны, но под влиянием ионизирующей (рентгеновские, гамма-, бета- и альфа-лучи, нейтроны, протоны и др.) и ультрафиолетовой радиации, а также ряда химических соединений (этиленмин, диэтилсульфат, нитрозометил-мочевина и др.) могут измениться. В результате изменяются те или иные наследственные признаки и свойства организмов. Полвека назад это явление, получившее название мутации, впервые было открыто советскими учеными Г. А. Надсоном и Г. С. Филипповым (1925) на дрожжах, а позднее подтверждено многими исследователями на различных животных и растительных объектах, микроорганизмах и вирусах (Muller, 1927; Stadler, 1928; Goodspeed, Olson, 1928; Делоне, 1928; Сахаров, 1932; Сапегин, 1934; Лутков, 1935; Рапопорт, 1940; Лещенко, 1946; Дубинин, 1961; Фриц-Ниггли, 1961; Штуббе, 1966; Назиров, 1970; Бляндур, Лысиков, 1972; Орав и др., 1972; Брежнев и др., 1974; Лысиков, 1975 и др.).

Процесс мутаций в клетках совершается постепенно и мутантные признаки проявляются неодновременно, в разных поколениях, вплоть до шестого и еще позже. Мутации являются относительно константными дискретными единицами, они разделяются на две группы: крупные

(макро) и малые (микро) (Шкварников, 1966). К первой группе относятся резкие внешние изменения, легко обнаруживаемые у отдельных мутантных организмов. Такие мутации обычно затрагивают внутривидовые признаки, но иногда они обуславливают появление признаков, характерных даже для другого семейства (Gaul, 1961). Ко второй группе относятся незначительные отклонения, которые чаще затрагивают признаки, представляющие практический интерес, например, урожайность, размер плодовых органов, содержание запасных веществ (в частности, масла в семенах хлопчатника), продолжительность вегетации у растений и их устойчивость к болезням и др. Однако четкую грань между макро- и микромутациями провести невозможно. Часто между ними по отдельным признакам встречаются переходные ступени.

Частота и характер (спектр) мутаций достаточно резко меняются в зависимости от физиологического состояния организма и условий среды до, в момент и после воздействия физическими и химическими мутагенными факторами, а также от их вида, дозы и способов обработки. Кроме того, не все признаки, вернее, гены живых существ обладают одинаковой изменчивостью. Различные организмы, даже близкие по генотипу (например, сорта одного вида растений или породы животных) также достаточно четко отличаются по степени изменчивости (мутабельности). У сортов, форм или пород, генетически близких, спектры (качество, характер) мутации почти совпадают, но чем дальше отстоят сорта и другие таксоны по происхождению и по наследственным свойствам, тем они дают более расходящиеся изменения.

Если возникает чрезмерно глубокая и сильная мутация, то организм не выживает. Если же она была сравнительно маленькой, в определенной рамке и затрагивала лишь отдельные признаки, то организм может жить и развиваться.

Мутации возникают также спонтанно в естественных условиях под влиянием различных факторов среды и они ничем не отличаются от индуцированных (экспериментально вызванных). Но под влиянием радиации и химических мутагенных средств скорость мутационного процесса и частоту появления мутаций можно увеличить во

много раз. Поэтому мутация является основой эволюции, селекции и наследственной изменчивости.

Довольно часто микромутации бывают рецессивными, т. е. находятся в скрытом состоянии и не проявляются в первом поколении при скрещивании мутанта (наследственно измененного организма) с типичными особями данного вида или породы (Дубинин, 1965). При свободном скрещивании особей, имеющих мутации, последние не растворяются, а размножаются и, находясь в скрытом (гетерозиготном) состоянии, передаются последующим поколениям; увеличивается их уровень, происходит насыщение ими популяций. И, таким образом, растут частота встречаемости особей с рецессивными мутантными признаками (генами) и возможность внешнего проявления последних (С. С. Четвериков). При встрече родителей с мутантными генами у их детей проявляются измененные признаки. Для людей любая мутация вредна, так как у человека нет искусственного отбора, являющегося одной из главных категорий эволюции. Однако индуцирование мутации отдельных признаков у животных, особенно у растений и полезных микроорганизмов, имеет важное хозяйственное значение.

Всем известно, что когда-то был большой дефицит пенициллина. В последние годы его стало много. Причина этого заключается в том, что в настоящее время путем облучения природного гриба — продуцента пенициллина УФ-лучами удалось изменить наследственность и повысить его свойство вырабатывать пенициллин в тысячу и более раз.

Особенно разительные результаты дает использование мутационного метода в селекции сельскохозяйственных культур. В частности, в Швеции, США, ГДР, Индии, Японии, Шри-Ланке и Филиппинах выведены скороспелые, высокоурожайные и устойчивые к грибковым болезням сорта пшеницы, ячменя, риса и других растений (Дубинин, 1961). Пять новых сортов риса и карликовая пшеница, созданные путем облучения и внедренные в производство, позволили провести в последних четырех странах «зеленую революцию» (Маслов, 1974 и др.) В Пенджабском сельскохозяйственном университете путем гамма-облучения получен мутант риса, созревающий на 30 дней раньше стандартного сорта. Он имеет короткий стебель, по содержанию белка на 12,3%, так называемой

незаменимой аминокислоты лизина на 4,1%, по урожайности на 7 ц/га превышает промышленный высокорослый сорт Джон-341 («Madras Agric. Journal», 1973, v. 60, № 2, pp. 262-263). В университете Пурдю (США) тоже под влиянием химического мутагена получена новая форма сорго, которая содержит на 60% больше лизина, чем исходный материал, и обладает таким же хорошим качеством белка (протеина), как белок пшеницы (Герасимова, 1976).

Карликовые сорта пшеницы не полегают на высоком фоне удобрений и водообеспеченности и дают большой урожай. Поэтому они являются основной движущей силой, направленной на резкое увеличение производства зерна в мире. В создании таких сортов наряду с классической селекцией (скрещивание, отбор) громадную роль сыграл индуцированный мутагенез. Например, сотрудником индийского сельскохозяйственного научно-исследовательского института (Нью-Дели). М. С. Свамнатаном облучением семян сорта пшеницы Сонора гамма-лучами  $CO^{60}$  еще в 1967 г. выведен карликовый мутант Шербати Сонора с повышенным содержанием лизина в белке, способствовавший также осуществлению «зеленой революции» в Индии. Там же другими учеными (Р. Н. Свани, Х. Р. Мохиндро, В. Л. Хопра, 1974) путем обработки семян очень высокоурожайного, но восприимчивого к ржавчине, широко распространенного сорта пшеницы «Лал Бахадур» — «тройного карлика» (этот признак контролируется у него тремя генами) раствором нитрозометилмочевины (0,02%) и отбора в условиях искусственного заражения инфекцией болезни получены высокорезистентные к ней мутантные линии, сохранившие потенциальную плодовитость и ростовые особенности исходного материала (Маслов, 1974).

В СССР первые опыты по изменению наследственности сельскохозяйственных культур мутационным способом были проведены еще в 30-е годы. Но, к сожалению, по некоторым, главным образом субъективным, причинам эти работы были незаслуженно прекращены и только с 1956 г. снова начаты широкие исследования в этом направлении. За этот короткий период уже созданы устойчивые к ржавчине формы пшеницы, высокоурожайные и скороспелые сорта кукурузы, дыни, фасоли, гороха и других культур (Дубинин, 1961; Шкварников, 1966; Лы-

сиков, 1975 и др.). В Новосибирске успешно прошел государственное испытание и сейчас районирован в Западной Сибири высокоурожайный сорт яровой пшеницы Новосибирская-67, полученный путем воздействия радиацией (Шкварников, Кулик, 1975).

В Узбекистане работы по мутационной селекции начались в основном с 1959 г. В развитии этих исследований большую роль сыграло создание в те годы в системе Академии наук республики Института ядерной физики с мощными источниками гамма-излучений и реактором. Научные исследования были направлены в основном на вскрытие механизмов биологического действия ионизирующей радиации на хлопчатник и разработку эффективных способов получения нужных для сельского хозяйства наследственных изменений у этой ценнейшей технической культуры под влиянием названного физического фактора. В результате за сравнительно короткий срок были достигнуты определенные теоретические и практические результаты, о которых будет сказано специально в последующих разделах данной книги. Здесь лишь заметим, что умелое использование излучений высоких энергий в научных исследованиях и селекции помогает вскрыть сокровенные тайны жизни и довольно быстро вывести такие ценные новые формы хлопчатника, которые гораздо труднее получить при применении классических методов (например, гибридизации). Словом, мутационный метод очень перспективный и его широко надо использовать в практической селекции хлопчатника и других растений.

## ХЛОПЧАТНИК, ЕГО СИСТЕМАТИКА, ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ

### НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ХЛОПЧАТНИКА

Хлопчатник — одно из основных прядильных растений. Он является также высокомасличной культурой. В мировой практике посевы хлопчатника занимают более 40% всей площади, отведенной под прядильные растения. Второе место по площади занимают такие технические культуры, как лен, конопля, кенаф и джут.

Хлопчатник возделывается главным образом ради волокна и жира. Но из него в настоящее время получают также различные химические продукты. Так, из стеблей, листьев и створок коробочек вырабатывают ценные органические кислоты (лимонная, яблочная, уксусная), дубильные и лекарственные вещества, этиловый спирт, идущий для выработки синтетического каучука, изготавливаются канаты, веревки и грубые сорта бумаг. Стебли после прессования являются прекрасным материалом для строительства домов, мебели и т. д.

Семена богаты маслом (18—27% и более), которое является пищевым продуктом, не уступающим по вкусовым качествам оливковому. Оно широко применяется в лакокрасочной и консервной промышленности, используется как сырье для приготовления глицерина; стеарина и других продуктов. Из отходов вырабатывается колесная мазь и мыло. Из семян получают также специфический для хлопчатника полифенол — госсипол, который в последнее время используется в фармакологии и в строительстве автомобильных дорог (добавляют в качестве катализатора в состав цемента и асфальта).

Мука семян хлопчатника богата белком-протеином (65—80%) и может использоваться вместо соевой муки при производстве заменителей молока как наполнитель

мясных и хлебных продуктов. В США разработан новый способ приготовления муки из семян без содержания госсипола. Сейчас в США (штат Техас) и в Индии построено два специализированных завода. Каждый из них производит около 22,6 т такой муки в день (Ермаков, 1975). В Индии ведутся работы по получению белковых концентратов из семян хлопчатника. По данным специалистов, ежегодное производство этих продуктов составляет не менее 2,5 млн. т. Как установлено, из 100 кг семян этой культуры можно получить 10 кг пищевого белка, 17 кг масла и 60 кг кормов для скота (Владимирова, 1975).

В Узбекистане (Институт химии растительных веществ Академии наук Узбекской ССР) также разработан метод получения из муки семян и шрота (продукта масложитной промышленности) чистого высокоценного пищевого белка, близкого по качеству к молочному, т. е. содержащего все незаменимые аминокислоты, которые организм животных и человека не может синтезировать и получает в готовом виде извне. Шелуха семян идет на получение высококачественного технического этилового спирта, она расходуется на приготовление изоляционных изделий, лаков и др. Ценнейшим продуктом при переработке шелухи является фурфурол, который служит сырьем для получения полимеров (смола, пластмасса, синтетических волокон типа капрона и анида), а из отходов фурфурольной промышленности получают 98%-ную янтарную кислоту, которая широко применяется как биогенный стимулятор в растениеводстве, в том числе и в хлопководстве (Рахманов, Благовещенский, 1966). Отходы гидролиза шелухи (лигнин, гемицеллюлоза, серная кислота и др.) стали применять в сельском хозяйстве как органическое удобрение, способствующее снижению заболевания хлопчатника вертициллезным увяданием (Назирова, Дадажанов, 1969).

Однако основную ценность представляют все же волокно и подпушек на поверхности семян. Подавляющее количество хлопкового волокна используется в текстильной промышленности для выработки различных тканей. Оно идет на нужды авиационной и автомобильной промышленности (для приготовления парашютов, специальных прокладочных изделий, приводных и транспортных ремней и др.). Из хлопкового волокна изготавливают

взрывчатые вещества (порох), искусственную кожу, стекло, шелк, коллодий, гигроскопическую вату и многое другое для различных отраслей народного хозяйства.

В последнее время особую ценность приобрел и подпушек. Он является прекрасным сырьем для выработки электроизоляционных изделий, фетр, искусственного стекла и шелка, пластмасс, лаков, линолеума, эбонита, кино- и фотопленок и других химических продуктов.

Помимо всего изложенного, хлопчатник — хорошая медоносная культура.

### К ИСТОРИИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ХЛОПКОВОГО РАСТЕНИЯ

История возделывания хлопчатника уходит в далекое прошлое. По мнению Ф. М. Мауера (1954), культура хлопчатника возникла в неолитическую эпоху, 15—30 тыс. лет тому назад, одновременно с зарождением земледелия. Однако до сих пор точное время введения хлопчатника в культуру и использования хлопкового волокна еще не установлено.

По данным археологических исследований, в Индии, Аравии, Иране и Африке ткани из хлопкового волокна изготавливались еще в IV—III тысячелетии до нашей эры.

Население Нового Света — Америки независимо от народностей перечисленных стран Старого Света пользовалось волокнами дикорастущих, возможно, и культивируемых полудиких форм хлопчатника задолго до открытия этого континента (Базилевская и др., 1968).

Хлопководство в Средней Азии также зародилось в глубокой древности, задолго до нашей эры.

Развитие хлопководства в Средней Азии проходило скачкообразно. Так, в X—XII вв. хлопководство и производство хлопчатобумажных тканей получили свой расцвет в таких городах, как Мары, Самарканд, Ташкент, Бухара, в Ферганской долине и Хорезмском оазисе. В XII—XIII вв. многочисленные нашествия Чингис-хана и его потомков, а также междоусобицы привели к упадку производства хлопка.

В дальнейшем, в XVI—XVII вв. после установления торговой связи между Бухарским, Хивинским, Кокандским ханствами и Московским государством производство хлопка-сырца несколько восстанавливается.

В XVIII—XIX вв. развивающаяся текстильная промышленность России нуждалась в сырье во всевозрастающих размерах, и завоз хлопка-сырца и хлопковой пряжи из Средней Азии резко усилился, особенно после присоединения тогдашнего Туркестана к ней (1866 г.).

Для удовлетворения всерастущих потребностей текстильной промышленности сырьем царское самодержавие было вынуждено расширить производство хлопка в Туркестане и с этой целью оно организовало опорные пункты, в задачу которых входило, прежде всего, изучение и внедрение более перспективных форм хлопчатника, так как местная гуза (*Gossypium herbaceum*) была малоурожайной, с коротким волокном, длительным вегетационным периодом, хлопок плохо отделялся от коробочки, что требовало больших материальных затрат.

В результате местные формы хлопчатника были частично заменены средневолокнистыми более урожайными сортами типа Upland из центральной Америки, относящимися к виду *Gossypium hirsutum*.

Однако быстрое развитие хлопководства в Средней Азии и в стране в целом происходило лишь после Великой Октябрьской социалистической революции.

С первых же дней установления Советской власти внимание Коммунистической партии и рабоче-крестьянского правительства было обращено на восстановление и расширение хлопководства в стране, производство которого в годы империалистической войны резко снизилось.

Уже 17 мая 1918 г. был принят исторический декрет об организации оросительных работ в Туркестане и об ассигновании на них 50 млн. руб., подписанный В. И. Лениным. Гражданская война несколько задержала превращение этого декрета в жизнь. Но вскоре предначертания Ильича сбылись. В результате социалистических преобразований в селе к концу первой пятилетки в стране была создана надежная база хлопководства. Были построены крупные ирригационные сооружения, проведены большие мелиоративные работы по улучшению плодородия почв. На вооружение хлопкоробов были поставлены новая мощная техника, минеральные удобрения, ядохимикаты против вредителей и болезней хлопчатника. Началось освоение целинных земель.

Важную роль в развитии хлопководства в стране сыг-

рало создание в различных пунктах Средней Азии и Закавказья широкой сети новых, технически оснащенных научно-исследовательских учреждений и опытных полей и организация работ по выведению отечественных скороспелых, высокоурожайных сортов хлопчатника и разработке передовых методов технологии возделывания.

Вскоре на базе сорта Upland селекционерами Узбекистана и других республик были созданы средневолокнистые советские сорта, отличающиеся высокой продуктивностью и большим выходом волокна, а из египетского хлопчатника выведены отечественные тонковолокнистые, относительно скороспелые, высокоурожайные сорта для южных районов. В результате в республиках Средней Азии и Закавказье местные гузы и малоурожайные позднеспелые американские сорта были полностью вытеснены советскими сортами.

Большая заслуга в этом деле принадлежит Г. С. Зайцеву, М. М. Бушуеву, Е. Л. Новроцкому, А. И. Автономову, С. С. Канашу, Л. В. Румшевичу, В. П. Красичкову, И. К. Максименко и другим селекционерам.

Изложенные выше мероприятия в сочетании с передовой агротехникой способствовали тому, что труженики хлопковых полей уже в 1928 г. дали стране столько хлопка, сколько было собрано в самом урожайном по тем временам 1913 г. Дальнейшее развитие хлопководства в республиках Средней Азии и Закавказье позволило уже перед Отечественной войной добиться полной хлопковой независимости страны от других стран, в то время как до революции потребность царской России в хлопке за счет своего производства удовлетворялась лишь наполовину, а остальную часть она завозила из Америки, Египта и Ирана.

В годы Отечественной войны производство хлопка в СССР по объективным причинам несколько снизилось, но после ее окончания были приняты все необходимые меры к быстрейшему восстановлению и дальнейшему развитию хлопководства в стране: значительно расширены посевные площади, построены гигантские гидросооружения, найдены пути использования подземных вод, увеличено обеспечение колхозов и совхозов минеральными удобрениями, химическими средствами защиты хлопчатника от вредителей и болезней, мощной современной техникой, улучшено мелиоративное состояние почв, по-

вышена культура земледелия, из года в год растут масштабы механизации возделывания хлопчатника и уборки урожая, в производство внедрен ряд новых высокоурожайных, более скороспелых сортов, среди которых особо большое распространение получили такие, как 108-Ф (Л. Румшевич), С-4727 (Б. Страумал), «Ташкент-1» (С. Мирахмедов), С-6030 (Ю. Хуторной).

В результате принятых мер СССР в послевоенные годы занял первое место в мире по урожайности хлопчатника.

Многие хозяйства Узбекистана, Таджикистана, Киргизии, Туркмении и Азербайджана собрали по 40—50 и более центнеров хлопка-сырца с каждого гектара посевной площади. Быстрыми темпами увеличивается также валовой сбор хлопка, особенно в последние годы.

В 1972 г. наша страна и по валовому сбору хлопкового волокна вышла на первое место в мире. Выдающихся успехов добились хлопкоробы Узбекистана в первые четыре года девятой пятилетки. В 1975, завершающем году пятилетки несмотря на жестокое маловодье, они продали государству свыше 5 млн. т хлопка-сырца. В 1976, первом году десятой пятилетки колхозы и совхозы Союза сдали стране 8 млн. 300 тыс. т., а Узбекистан — 5 млн. 338 тыс. т «белого золота». К концу десятой пятилетки (1980 г.) ежегодное производство хлопка-сырца в стране достигнет не менее 9 млн. т, а по Узбекистану — около 6,0 млн. т.

### КЛАССИФИКАЦИЯ ХЛОПЧАТНИКА

Хлопчатник относится к роду *Gossypium* семейства *Malvaceae*. Родиной его считаются тропические и субтропические районы Старого и Нового Света. Он по своей природе факультативно самоопыляющееся, многолетнее древовидное растение, нередко достигающее на родине 10—20 м. В процессе эволюции в различных зонах земного шара появились весьма разнообразные формы (кустарники, полукустарники и травянистые), отличающиеся не только морфологическими, но и физиологическими и цитогенетическими особенностями (эфемерные, ультраскороспелые и позднеспелые однолетние).

У всех форм хлопчатника, как правило, хорошо развита корневая система и в особенности главный корень.

Стебель прямостоячий, ветвист, быстро древесневеющий у основания. Побеги бывают двух видов: ростовые (моноподиальные) и плодовые (симподиальные). Листья очередные, трех- или пятилопастные и они всегда фотометричны. Хлопчатник — тепло- и светолюбивая культура — поэтому его часто называют «дитя солнца». Цветки одиночные, крупные с трех- и пятизубчатой чашечкой. Под чашечкой развивается внешняя чашечка, состоящая из трех зеленых крупных прицветников. Цветок состоит из пяти лепестков белого или кремового цвета. У некоторых видов у основания лепестков имеются красные пятна. После оплодотворения лепестки становятся красными или лиловыми. Семена большинства видов покрыты мягкими волосками различной длины (20—40 мм). На поверхности одного семени до 7000 одноклеточных волосков (Хржановский, 1969; Шлейхер, 1959). Наряду с этим встречаются и совершенно голосеменные формы.

Наличие большого ботанического разнообразия хлопчатника затрудняло создание единой его классификации.

Ученые, изучавшие растительные сообщества (Геродот, V в. до н.э.; Плиний, I в. н.э.; Аль-Беруни, X—XI вв. н. э. и др.), имея весьма скудный ботанический материал, не могли дать развернутую классификацию рода *Gossypium*. Они при описании строения хлопчатника ограничивались лишь внешним обликом листьев и плодов, сравнивая его со строением общеизвестных растений.

Более или менее детальное описание хлопчатника произведено в XVI—XVII вв. В 1753 г. Карл Линней (*Linnaeus*, 1753) к роду *Gossypium* отнес три вида: *herbaceum*, *barbadense*, *arboreum*, а во втором издании своей книги «*Species Plantarum*» (1763) он добавляет еще один вид — *hirsutum*. В 12 издании книги Линнея «*Systema Naturae*» (1767) был включен и вид *Goss. religiosum*.

Систематику рода *Gossypium* после Линнея пересматривали многие исследователи: Тодаро (*Todaro*, 1877—1878), Парлатора (*Parlatore*, 1866), Ламарк (*Lamarck*, 1786), Де Кандоль (*De Candolle*, 1824), Гамми (*Gammie*, 1907), Уотт (*Watt*, 1907) и др. Однако основная классификация Линнея оставалась без изменения, кроме вида *Goss. religiosum*, который до сих пор окончательно не уточнен.

Большой сдвиг в разработке классификации хлопкового растения сделал Г. С. Зайцев (1928), взявший за основу классификации наряду с морфологическими признаками, цитологические и физиологические свойства. Им принято во внимание также естественно-географическое распространение хлопчатника. По сравнению с классификацией предыдущих исследователей классификация рода *Gossypium*, представленная Г. С. Зайцевым, является более совершенной. Г. С. Зайцев делит культурные формы хлопчатника на новосветскую (с числом хромосом в соматических клетках 52, а в половых клетках 26), старосветскую (с числом хромосом соответственно 26 и 13).

В 1932 и 1939 гг. С. Харландом (Harland, 1932, 1939) была опубликована новая классификация, в которой род *Gossypium* подразделен на две секции по количеству половых хромосом. В первую секцию входят виды хлопчатника, имеющие 26 хромосом, а во вторую — 13 хромосом.

Более раздробленную классификацию дает Н. Н. Константинов (1939). Род *Gossypium* он делит на четыре секции:

I—26 хромосомные хлопчатники; II—13 хромосомные хлопчатники Нового Света и Галапагосских островов; III—13 хромосомные хлопчатники Старого Света; IV—13 хромосомные хлопчатники Австралии.

В последние десятилетия были разработаны еще несколько классификаций рода *Gossypium* (Boza, Bardussi, Madoo, 1941; Kearney, 1943; Hutchinson, 1947; Проханов, 1947).

Более основательная классификация рода *Gossypium* разработана Ф. М. Мауером (1954). По Мауеру, род *Gossypium* состоит из 35 видов, которые входят в три обособленные группы. Эти группы или подгруппы представляют три филогенетические ветви, происшедшие в разное время от одного общего корня. Они сильно обособились, будучи долгое время изолированными на различных материках земного шара.

Ф. М. Мауер род *Gossypium* делит на три подрода: 1) *Eugossypium* Tod. ampl. Mauer, 2) *Karpas* Raf. ampl. Mauer. 3) *Sturtia* Tod. ampl. Mauer.

Подрод *Eugossypium* в свою очередь подразделяется еще на две секции и три подсекции, включающие 11 видов хлопчатника Старого Света палеотропической группы.

Подрод *Karpos* распадается также на две секции: *Integrifolia* ( $n=13$ ) и *Magnibracteolata* ( $n=26$ ) и три подсекции, включающие 14 видов хлопчатника. Сюда включены виды хлопчатника Нового Света неотропической группы.

К подроду *Sturtia* относится десять видов хлопчатника австралийской группы, которые подразделены на две секции.

Таким образом, система Ф. М. Мауера принципиально не отличается от системы Н. Н. Константинова. Различия заключаются лишь в том, что у Н. Н. Константинова хлопчатники Нового Света с 26 хромосомами фигурируют в качестве самостоятельной группы наравне с хлопчатниками Старого Света, Австралии и Нового Света с 13 хромосомами.

В последние годы А. А. Абдуллаев (1974), применяя морфогенетические подходы к изучению систематического положения секции *Magnibracteolata*, пришел к заключению, что полиплоидные виды (*G. hirsutum*, *G. tricuspidatum*) являются близкими видами. На основании электрофоретического анализа белков семян Р. К. Шадманов и другие (1974) считают целесообразным рассматривать полиплоидные виды хлопчатника как один вид с рядом подвидов.

Однако до настоящего времени в литературе еще нет единого мнения как о численности видов рода *Gossypium*, так и по их классификации.

В работе Frixell (1965) род *Gossypium* дополнен девятью эндемичными для Австралии видами (*G. sturtianum*, *G. robinsonii*, *G. costulatum*, *G. populifolium*, *G. cunninghamii*, *G. australe*, *G. bickii*, *G. pulenellum*, *G. timorense*). Недавно этот же автор (1973 г.) нашел еще два новых вида хлопчатника — *G. laxum* F. и *G. helsonii* F.

Из-за расхождения во взглядах на род *Gossypium* и большой искусственности построения многих систем они не нашли применения в хлопководстве. В практике, как правило, пользуются системами Ф. М. Мауера и Н. Н. Константинова, наиболее правильно отражающими филогенетические отношения и взаимосвязи между видами.

В мире культивируются в основном два вида старосветского и два вида новосветского хлопчатников: *G. herbaceum*, *G. arboreum*, *G. hirsutum* и *G. barbadense*. В Со-

ветском Союзе сейчас культивируются только *G. hirsutum* и *G. barbadense*, но в последние годы эти виды вытесняют старосветские виды и в других странах.

С точки зрения практики хлопководства и построения совершенной филогенетической системы рода *Gossypium* необходимо продолжить исследования с применением различных подходов: исторических, генетических, цитогенетических, иммунологических, биохимических, физиологических и морфологических.

### ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ХЛОПЧАТНИКА

На происхождение и филогенетическое развитие рода *Gossypium*, как и в отношении системы, в литературе существуют различные концепции. На основе палеоботанических исследований некоторые авторы (Wisbor, Magnusson, 1924) считают, что хлопчатник появился в миоценовый период, а другие (Жуковский, 1950) полагают, что хлопковое растение возникло в меловом и нижнемеловом периоде. По предположению Ф. М. Мауера (1954), хлопчатник произошел в верхнемеловом периоде от рода *Palaeogossypium*.

Допускается, что родоначальниками хлопчатника были, видимо, несколько видов этого рода, обитавших до отделения Австралии от основного материка. Весьма возможно, что отделение Австралии от основного материка Пангея способствовало образованию южной ветви рода *Gossypium*, которая по классификации Мауера обозначается как подрод *Sturtia*.

Основная группа видов *Gossypium*, оставшаяся на территории Пангеи, в меловом же периоде постепенно преобразуется в две самостоятельные подгруппы диплоидных видов. Одна из них, западная — это будущий подрод *Karras*, вторая восточная, — будущий подрод *Eugossypium*. Далее в определенных условиях образовались различные виды и подвиды хлопчатника.

По мнению Н. Н. Константинова (1939), происхождение рода *Gossypium* связано с районами тропиков и субтропиков. Этот вывод автор пытается подтвердить наблюдениями за реакцией хлопчатника на продолжительность дня.

Хлопчатник по фотопериодической реакции относится к категории растений короткого дня. Фактор продолжительности дня играл, по Н. Н. Константинову, большую роль в филогенетической истории рода, так как существует определенная связь между географической широтой места обитания хлопчатника и степенью его реакции на сокращение дня.

По предположению (Hutchinson, 1959), предком всех диплоидных видов был южноамериканский дикий хлопчатник *G. herbaceum* var *africanum*. Потомками этого хлопчатника являются культурные формы *G. herbaceum*. Hutchinson допускает также, что *G. herbaceum* более древний вид и именно из него произошел *G. arboreum*, который отличается от своего предка только одной транслокацией в хромосомном наборе (Gerstel, 1953).

Что касается вопроса о путях происхождения многохромосомных хлопчатников, то по предположению ряда авторов (Skovsted, 1937; Stebins, 1947; Hutchinson, 1959 и др.), аллополиплоидные виды произошли от скрещивания диплоидного вида, близкого к современным диким видам Нового Света, с другим диплоидным видом Старого Света, в частности *G. herbaceum* с *G. raimondii*.

Ф. М. Мауер (1954) и Н. Н. Константинов (1939) полиплоидные виды хлопчатника объединяют в одну общую секцию *Magnibracteolata* и считают, что ближайшими непосредственными предками современных культивируемых тонковолокнистых сортов вида *G. barbadense* являются *darvinii* (Watt) — *ssp. ruderale* — *ssp. vitifolium*, а средневолокнистых сортов вида *G. hirsutum* — *ssp. mexicanum* (Tod) — *ssp. punctatum* (Schum et Thonn) — *ssp. paniculatum* (Blanko).

Ф. М. Мауер (1954) критикует гипотезу о гибридогенном происхождении аллополиплоидов и считает, что возникновение «Новых видов хлопчатника из старых, древних происходило в результате медленных или же более или менее быстрых..., существенных изменений комплекса условий жизни...»

Н. Н. Константинов (1967), признавая большую роль условий внешней среды в процессе происхождения многохромосомных хлопчатников, допускает также возможность гибридогенного происхождения полиплоидных видов Нового Света.

Нет сомнений, что определенная роль в процессе эволюции культивируемых хлопчатников играла естественная и искусственная гибридизация. Однако накопленные за последние десятилетия экспериментальные данные убеждают нас в том, что главную роль в эволюции культурных растений играют все же мутации, возникающие под влиянием космической и земной радиации, а также других физических и химических агентов. Более подробно остановимся на рассмотрении этого вопроса.

Известно, что космическая и земная радиации являются неотъемлемой частью внешней среды. Все живые существа на нашей планете подвергаются ее воздействию с самого начала их зарождения. Быть может, естественная радиация имела немаловажное значение в возникновении самой жизни на Земле. Можно допустить, что в процессе эволюции живые существа уже приспособились к естественному фону радиации. Она, видимо, сыграла определенную роль и в развитии органического мира и продолжает оказывать влияние на его дальнейшее развитие, о чем свидетельствуют сравнительные наблюдения некоторых ученых (Гурский и др., 1961) за растениями высокогорья и работы последних лет по экспериментальному радиационному мутагенезу у диких растений.

Так, в Институте изучения культурных растений ГДР (Штуббе, 1966) путем последовательных пяти ступеней рентгенооблучения и отбора удалось получить у мелкоплодного дикого томата (*Lycopersicon pimpinellifolium*) форму с размером плодов, равным объему их у раннеспелого сорта культурного вида (*L. esculentum*) Фрюе Либе. В последние годы во Всесоюзном институте растениеводства им. Н. И. Вавилова в Ленинграде (Д. Д. Брежнев и др., 1975) путем ступенчатого гамма-облучения дикого томата, а в Узбекистане в Институте овощебахчевых культур и картофеля дикой формы дыни получены крупноплодные мутанты этих растений (Т. Хамутханов).

Н. Назиров, Ф. Джаникулов, Д. Дадажанов, Х. Камбаров (1970; 1974 а; 1976) показали, что под влиянием радиоактивного фосфора, тепловых нейтронов с примесью гамма-лучей и чистых гамма-лучей у типичнокороткодневных, мелкоплодных, полудикого хлопчатника *G. hirsutum* ssp. *punctatum* var. *Florida* и исконно диких

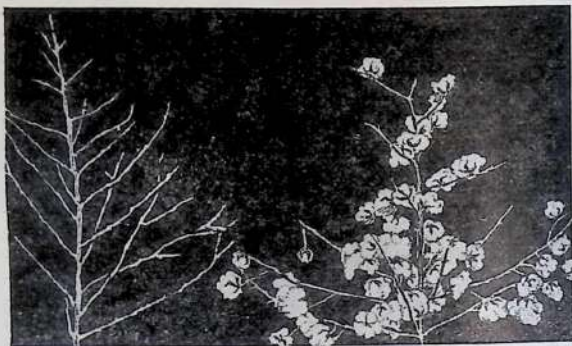


Рис. 4. Скороспелый, относительно крупнокоробочный, плодовой тип мутант полудикого хлопчатника *G. hirsutum* ssp. *punctatum*, полученный путем облучения тепловыми нейтронами с примесью  $\gamma$ -излучений (7 КФЭР). Слева исходная форма (по Назирову, 1970).

форм. *G. hirsutum* ssp. *mexicanum* var. *nervosum* и *G. barbadense* ssp. *darvinii* (по классификации Ф. М. Мауера, 1954) возникают крупнокоробочные мутанты, способные плодоносить в естественных условиях Узбекистана (с продолжительностью летних дней 14,5—15,5 час.) (рис. 4, 6, 7).

При этом частота возникновения мутации фотопериодической реакции в сильной степени зависит от физиологического состояния генетического аппарата зародыша и семян в целом, способа опыления, от факторов внешней среды (температура, влажность, свет и т. д.) в момент и после облучения, от вида излучения и метода воздействия. У части растений изменяются также окраска волокна, форма и крупность коробочек, размер семян и цветов, антоциановое пятно на лепестках цветов, высота кустов и т. д. (рис. 5, 7).

Интересно отметить, что мутации у хлопчатника возникают в рамках закона гомологических рядов наследственной изменчивости, установленного Н. И. Вавиловым (1935). Наиболее часто мутируют относительно «молодые» признаки, появившиеся на более высокой ступени эволюции (фотопериодическая реакция, крупность коробочек и семян, «каменистость» кожуры последних, длина

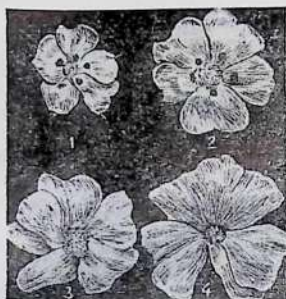


Рис. 5. Мутация красного пятна и размера цветов у дикого хлопчатника *G. hirsutum* ssp. *mexicanum* под влиянием  $P^{32}$  (2 поколение). 1—цветок исходной формы, 2, 3, 4—цветки мутантов (по Назирову, 1970).



Рис. 6. Скороспелый, плодовитый крупнокоробочный мутант (12 поколение), полученный от дикого хлопчатника *G. hirsutum* ssp. *mexicanum* путем замочки семян в растворе радиофосфора (50 мкюри на 30 шт.) Слева мутант, справа—исходная форма.

и выход волокна и т. д.), а консервативны более «древние» признаки (ветвление, опушенность стеблей, форма листьев и др.).

В результате применения длительного ежегодного отбора на разных поколениях среди мутантов диких форм ssp. *mexicanum* и ssp. *darvinii* удалось выделить (1976) ряд перспективных, скороспелых вилто-засухоустойчивых, высокоурожайных радиационных мутантов хлопчатника с высоким качеством волокна и крупными, как у промышленных сортов хлопчатника, коробочками (см. рис. 7). У мутантов изменилась и характерная для исходного материала «каменистость» кожуры семян, и они при наличии благоприятных условий среды (температура, влага и т. д.) быстро прорастают в почве. Часть мутантов ssp. *mexicanum* в настоящее время испытывается по линии Госсортсети и одновременно размножается

ся в производственных условиях, о чем более подробно будет сказано позже, в соответствующих разделах данной книги.

Как показывают предварительные цитологические исследования, различные радиомутанты хлопчатника по числу хромосом не отличаются от исходных форм ( $2n=52$ ).

В опытах (Назиров и др., 1968, 1971, 1973, 1974 б) не обнаружено также заметных изменений в молярном соотношении азотистых оснований ДНК, РНК и качественном составе ядерных и запасных белков и аминокислот гистонов в семенах, корешках и листьях радиомутантов хлопчатника. Однако полученные данные не позволяют утверждать, что изменения в макромолекулах нуклеиновых кислот и белков отсутствуют. Они, безусловно, имеются, может быть, в первичной структуре молекул нуклеиновых кислот и белков и связаны, вероятно, с нарушением в последовательности расположения оснований в нуклеиновой цепи (в первую очередь ДНК) и аминокислот в полипептидной цепи, или же эти изменения затрагивают конформацию вторичной структуры макромолекул, что отразилось на темпах образования нуклеиновых кислот, белков, на составе фитогормонов типа ауксинов, изоформ некоторых окислительных ферментов, на активности дегидрогеназ цикла Кребса, характере роста и развития мутантов.

Например, исходный дикий типично короткодневный хлопчатник *G. hirsutum* ssp. *mexicanum* var. *nervosum* по сравнению с промышленными сортами и мутантами обладает более мощными макромолекулу-синтезирующими системами. В частности, биосинтез ДНК, РНК, ядерных и запасных белков у дикого хлопчатника в первой половине вегетации происходит значительно активнее, нежели у промышленного сорта 108-Ф и его засухоустойчивого мутанта РЛ. Промежуточное положение занимает полученный от дикого хлопчатника крупнокоробочный, вилтоустойчивый, беловолокнистый, фотопериодический нейтральный радиационный сорт АН-401, способный плодоносить в естественных условиях в первый год жизни с такой же продолжительностью вегетации, как у скороспелых промышленных сортов.

Вместе с тем радиомутант АН-401 по сравнению с исходной дикой формой обладает более активными де-

гидрогеназами и интенсивнее вырабатывает макроэргическое соединение типа АТФ. На начальном этапе развития у исходного материала и мутанта обнаружено шесть фитогормонов — ауксиноподобных веществ. С начала заложения бутонов у мутанта в разных условиях продолжительности освещения, а у дикой формы лишь на укороченном (благоприятном для ее генеративного развития) 10-часовом дне появляется дополнительно еще один гормон. При такой длине освещения содержание и синтез ДНК, РНК, запасных и ядерных белков, особенно гистонов, у дикой формы резко снижаются, активность дегидрогеназ возрастает, что сопровождается ее плодоношением и напоминает картину, характерную для мутанта АН-401 и промышленного сорта 108-Ф. Изоферменты пероксидазы у мутанта как по качественному составу, так и количеству отдельных форм заметно отличаются от исходной дикой формы.

Отмеченные биохимические особенности у изученных форм хорошо коррелируют также с характером ростовых процессов у них: дикая исходная форма хлопчатника в естественных условиях Ташкента растет более интенсивно и к осени по своим размерам в два-три раза превышает промышленные сорта и мутанты.

Таким образом, все описанное здесь дает основание считать, что мутации фотопериодизма, скороспелости, крупности коробочек, окраски волокна, величины семян, «каменности» их кожуры и другие являются генными, в основе которых лежат более тонкие отклонения в генетическом материале (например, изменения кодирующей системы, связанной с последовательностью азотистых оснований ДНК). Вместе с тем изложенные здесь материалы по экспериментальному мутагенезу у полудикого и диких хлопчатников, а также упомянутые опыты Г. Штуббе (1966), Д. Д. Брежнева и других (1975) с диким томатом и Т. Хамутханова с дикой дыней ярко демонстрируют пути перехода растений от диких форм к культурным и роль радиации в этом процессе.

Эти данные убеждают в том, что появившиеся под влиянием радиации мутации как генетическое явление имеют решающее значение в эволюции культурных растений. Поскольку искусственные и спонтанно появляющиеся в природных условиях мутантные формы не различаются между собой в качественном отношении (Ду-

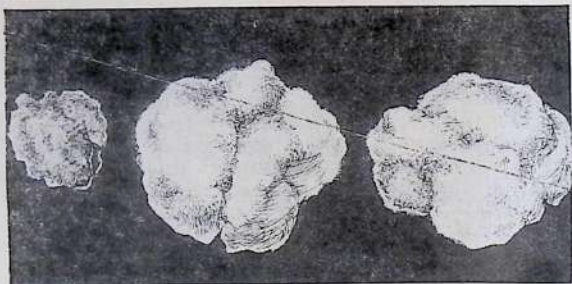


Рис. 7. Мутация окраски волокна и крупности коробочек у дикого хлопчатника *G. hirsutum* ssp. *texicanum* под влиянием радиофосфора (50 мкюри на 30 семян). Слева направо: коробочка исходной формы, коробочка мутанта АН-403 (12 поколение) и коробочка сорта «Ташкент-1».

бинин, 1961; Штуббе, 1966 и др.), в свете изложенного становится понятным, почему еще до открытия мутаций у растений Н. И. Вавилов (1926) горные районы с климатом памирского типа, т. е. с высоким фоном естественной радиации, особенно ультрафиолетовой, и пониженной температурой, считал основными центрами происхождения сельскохозяйственных культур. Сказанное косвенно подтверждается также тем, что различные морфологические аномалии у растений, наблюдаемые в условиях Памира (Гурский и др., 1961), полностью напоминают искусственные радиоморфозы у хлопчатника. Основной путь эволюции растений, животных и микроорганизмов в природе совершается, видимо, через следующие узловыe элементы: воздействие естественной радиации (частично и других факторов — низких температур, химических агентов и т. д.) — мутация — отбор — комбинация — отбор.

Естественный фон радиации, воздействуя на генетический аппарат организмов, в том числе и растительных, миллионы лет и вызывая изменения наследственности (мутацию), способствовал и способствует появлению новых видов и разновидностей для беспощадного естественного отбора, который лежит в основе эволюции жив.

ни. При этом великую миссию отбора выполняют внешние условия (засоление, засуха, температура, давление кислорода и т. д.), обеспечивающие модификационную изменчивость организмов в онтогенезе, т. е. в продолжение индивидуальной жизни одного поколения (Жуковский, 1966). Здесь в борьбе за существование выживают наиболее совершенные, более приспособленные организмы, а остальные гибнут. Таким образом, естественный фон радиации, вызывая мутацию, как бы содействует прогрессивному развитию организмов.

Как показывают наблюдения (Кузин, 1970 б), в процессе эволюции у растений и микроорганизмов выработались свойство большей радиоустойчивости и высокая приспособительная способность к суровым факторам среды. Поэтому они могут приспособляться к некоторому повышению фона естественной радиации.

В отношении человека и животных нет убедительных доказательств возможности радиоадаптации. Напротив, наука располагает данными, что для возникновения мутаций пороговой дозы не существует, и любое повышение фона радиации увеличивает частоту их появления у людей, а все мутации для человечества вредны, ибо у человека естественный отбор как эволюционная категория снят (Дубинин, 1961). Статистика указывает, что 4% (120 млн.) рождающихся детей на Земле оказываются пораженными различными наследственными болезнями,  $\frac{1}{4}$  которых возникают за счет естественного фона радиации (Кузин, 1970 б). Поэтому всякое повышение этого фона будет вести к увеличению наследственных заболеваний, лейкемии и злокачественных опухолей.

Вот почему Московский договор о запрещении ядерных взрывов на земле, в космосе и под водой был встречен с огромным удовлетворением всем прогрессивным человечеством.

Вместе с тем использование ядерных излучений в мирной деятельности человека, например, как увидим далее, в селекции хлопчатника, открывает большие перспективы. Дальнейшие более глубокие и разносторонние исследования действия ядерных излучений на наследственность внесут также большую ясность и в важнейший вопрос современной науки о роли и удельном весе естественной радиации, вернее, вызываемых ею мутаций в эволюции культурных растений, в том числе хлопчатника.

## НЕКОТОРЫЕ ВАЖНЕЙШИЕ ПРОБЛЕМЫ ХЛОПКОВОДЧЕСКОЙ НАУКИ

Как известно, сейчас наука стала непосредственной производительной силой общества. В наш век — век научно-технической революции — каждый день жизнь выдвигает все новые и новые научные направления, и в данной, создавшейся ситуации большое значение имеют правильный выбор наиболее актуальных проблем и сосредоточение усилий исследователей и средств на их решении. Опыт показывает, что важнейшие успехи в теоретических и практических разработках достигаются прежде всего там, где фундаментальные научные вопросы решаются комплексно, при участии смежных специалистов с применением различных подходов и методов.

В области хлопководства перспективным является расширение и углубление комплексных исследований по следующим первостепенным направлениям.

### СКОРОСПЕЛОСТЬ И ХОЛОДОСТОЙКОСТЬ ХЛОПЧАТНИКА

Благодаря многовековым усилиям человека были созданы хозяйственно-полезные формы хлопчатника, и эта ценнейшая техническая культура распространилась в районах от 35° ю.ш. (Австралия) до 44° с.ш. (СССР).

Советские исследователи (Г. С. Зайцев, М. М. Бушуев, Е. Л. Новроцкий, А. И. Автономов, И. С. Варунцян, С. С. Канаш, Л. В. Румшевич, И. К. Максименко, Б. П. Страумал, А. Д. Дадабаев, С. С. Садыков, В. П. Красичков, И. М. Велнев, В. Г. Кулебяев, В. И. Кокуев, Г. И. Гаврилов, Я. Д. Нагибин, Л. А. Туркс, С. М. Мирахмедов, Ю. П. Хуторной и др.), применяя

классические и некоторые другие методы (скрещивание, отбор, воздействие экстремальными факторами внешней среды), достигли значительных результатов в выведении высокоурожайных относительно скороспелых сортов. Однако существующие промышленные сорта все еще имеют довольно продолжительный период вегетации. Помимо того, хлопчатник, несмотря на многовековое культивирование в наших условиях с резким континентальным климатом, сохранил присущую ему как представителю субтропических и тропических древесных многолетних растений теплолюбивость. И эти свойства хлопчатника, с одной стороны, затрудняют продвижение его в северные и горные районы Советского Союза, с другой стороны, нередко даже в южных районах советского хлопководства из-за неблагоприятных погодных условий часть посевов погибает, приходится делать пересевы, сбор урожая затягивается до глубокой осени, происходит потеря сырца, резко снижается его качество и содержание масла в семенах, сильно возрастает себестоимость хлопка. Это явление бывает особенно чувствительным в годы более раннего наступления осенних заморозков. Поэтому успешное решение проблемы скороспелости и холодостойкости хлопчатника даст возможность увеличить производство высококачественного хлопка, а также распространить эту культуру в более северные и горные районы. Расширение посевных площадей в первую очередь за счет этих районов позволит быстрее чем сейчас внедрять севообороты и в старых хлопководческих зонах, являющиеся одним из основных ключей повышения урожайности хлопчатника. Внедрение же севооборотов поможет также ликвидировать заболевание хлопчатника вилтом.

Вопросами скороспелости хлопчатника и его холодостойкости (собственно реакции растений на различный температурный режим) занимались многие исследователи. Результаты их работ обобщены в ряде монографических трудов (Зайцев, 1929; Лысенко, 1928; Мауер, 1954; Енилеев, 1955; Константинов, 1967; Мухамеджанов, Закиров, 1968; Назиров, 1960, 1970; Симонгулян, 1971; Садыков, 1972; Тер-Аванесян, 1975; Максименко, 1975; и др.). Однако, к сожалению, в последние годы этим актуальным задачам хлопководства не стали уделять должного внимания.

Скороспелость, теплолюбивость, холодостойкость, как и фотопериодизм, устойчивость к болезням, вредителям и экстремальным условиям внешней среды (засоление, засуха, радиация высокой энергии и т. д.), маслячность семян и т. д.— это генетически детерминированные (наследственно обусловленные) физиологические свойства растительного организма и возникают они в результате созидательного «труда» основных факторов эволюции (мутация, естественный или искусственный отбор, комбинация генов). Однако генетическая природа и биохимическая сущность этих физиологических свойств хлопчатника далеко еще не выяснены.

Для многолетних растений, представителем которых по своей природе является и хлопчатник, обычно различают скороспелость от скороплодности. Скороспелость— быстрое прохождение этапов развития и созревания плодов, а скороплодность — продолжительность вегетативной фазы, т. е. период от наклевывания семян до вступления растений в генеративную стадию (например, у многих древовидных форм эта фаза длится годами). По мнению Е. П. Коровина (1950), природа скороплодности сложнее природы скороспелости. Еще в тридцатые годы Н. П. Кренке (1935) отмечал, что скороплодность многолетних растений обуславливается как характером развития растений в рамках каждого вегетационного сезона, так и взаимным соотношением показателей развития индивидуума в течение года. Скороспелость же определяется в основном абсолютными величинами развития в пределах каждого данного вегетационного сезона.

У хлопчатника почти у всех даже исконно диких, так называемых моноподиальных форм, в отличие от других многолетних растений при благоприятной продолжительности дня (например, десятичасовой) и прочих оптимальных условиях внешней среды генеративная фаза наступает в первый же год жизни (Константинов, 1967). Поэтому у него понятия скороспелости и скороплодности более сближены (Симонгулян, 1971).

Скороспелость хлопчатника обуславливается продолжительностью вегетативной и генеративной фаз развития. Продолжительность этих фаз, в свою очередь, определяется характером ветвления хлопчатника, степенью его фотопериодической реакции, темпами закладки первых и последующих плодовых органов (бутонов), срока-

ми наступления цветения, созревания и длиной так называемых коротких и длинных очередей в плодоношении.

В практике скороспелость определяется числом дней от сева до начала или 50% созревания и высотой (узлом) закладки первого симподия (плодовой ветки). Лучшим критерием скороспелости является объем первого сбора хлопка-сырца. Иногда показателем скороспелости служит также весь доморозный урожай.

Многочисленными исследованиями установлено (Константинов, 1967; Мауер, 1954; Садыков, 1972; Симонгулян, 1971; Назиров, Саипова, 1974 и др.), что между скороспелостью и фотопериодической реакцией большинства видов и форм хлопчатника имеется определенная корреляция. Дикие и полудикие формы очень сильно реагируют на укорочение или удлинение светового дня (фотопериод) в течение всего вегетационного периода и у них скороспелость определяется главным образом продолжительностью летних дней. Позднеспелые сорта в свою очередь реагируют на фотопериод сильнее, чем среднеспелые и скороспелые. Последние также различаются по степени реакции на длину дня, но у них отсутствует прямая связь фотопериодизма со степенью скороспелости: одни (например, скороспелые сорта С-3210, 1306-ДВ, полученный от второго радиационный сорт АН-Каттакуртан и среднеспелый сорт 108-Ф) заметно реагируют на указанный фактор, ускоряя свое генеративное развитие на десятичасовом укороченном дне, другие (относительно среднескороспелые: сорт С-4727, его радиационный мутант АН-Чимбайбад, радиационный мутант от полудикого хлопчатника *Gossypium hirsutum* ssp. *punctatum*, радиационный среднеспелый сорт АН-401, полученный от дикой формы *G. hirsutum* ssp. *mexicanum*) почти не реагируют на изменение продолжительности солнечного освещения (Кружилин, Назиров, 1956; Назиров, Саипова, 1974).

Реакция промышленных сортов на фотопериод в отличие от диких форм на разных этапах онтогенеза проявляется неодинаково (Кружилин, Назиров, 1956). Они сильнее реагируют на этот фактор в первой половине вегетации, до завершения дифференциации стеблевых почек и заложения бутонов, затем их реакция на него постепенно ослабевает. Причем между скороспелыми и

позднеспелыми сортами имеется различие и в сроках начала реакции на изменение фотопериода — у первых она происходит уже с появления всходов, а у вторых — через 10—15 дней после формирования первых-вторых настоящих листьев.

У хлопчатника существует также корреляция между его скороспелостью и характером воздействия на него излучения высокой энергии, с одной стороны, и между степенью отзывчивости различных сортов и форм на продолжительность дня и их реакцией на облучение, с другой. Скороспелые сорта, слабо реагирующие на продолжительность освещения, более устойчивы к радиации высокой энергии, чем позднеспелые и особенно полудикие и дикие формы; сильно реагирующие на световой режим.

Как показали новейшие исследования, с применением методов математического анализа и ЭВМ (Саипова, 1975), летом в условиях Ташкента, основным фактором, определяющим темпы генеративного развития у исконно дикого засухоустойчивого и сравнительно холодостойкого хлопчатника *Gossypium hirsutum* ssp. *mexicanum*, является продолжительность дня, у относительно скороспелого незасухоустойчивого сорта С-4727 — влажность воздуха. У засухоустойчивого сорта АН-401 из метеорологических условий среды главным фактором, влияющим на темпы развития семян и созревания коробочек, оказалась температура воздуха.

Скороспелость, как и все другие количественные физиологические свойства организма, довольно резко колеблется и в зависимости от почвенно-климатических факторов сезона, местности и агротехнических условий выращивания. Так, скороспелость промышленных сортов (108-Ф, «Ташкент-1» и др.) в различных районах Узбекистана колеблется в пределах от 135 до 155 дней. Усиленное фосфорное или умеренное азотное питание хлопчатника на начальном этапе жизни ускоряет дифференциацию стеблевых почек, заложение бутонов, наступление цветения и созревания, а одностороннее повышение дозы азота или затенение растений (чрезмерно загущенные посевы), напротив, замедляют темпы генеративного развития и удлиняют вегетационный период (Туева, 1946; Кружилин, Назиров, 1957).

Вместе с тем в одних и тех же условиях выращивания между скороспелыми и позднеспелыми сортами

хлопчатника имеются определенные различия как в темпах образования и развития генеративных органов, цветения, созревания, крупности коробочек и урожайности, так и конструкции кустов, строения и объеме клеточных органелл, физиологических свойствах и интенсивности лежащих в их основе биохимических процессов. У скороспелых сортов дифференциация стеблевых почек, формирование мужских и женских половых гамет, процессы бутонизации и цветения, развитие зародыша, образование волокна на поверхности кожуры семян и их созревание происходят более высокими темпами, нежели у позднеспелых (Кружилин, Назиров, 1956; Руми, 1969; Власова, 1974; Попова, 1975 и др.). Основными показателями скороспелости у хлопчатника является также более раннее начало созревания и более дружное раскрытие коробочек (Губанов, 1974). Скороспелые сорта по сравнению с позднеспелыми образуют, как правило, сравнительно меньшую листовую поверхность, имеют менее развитую корневую систему и надземную часть, формируют более мелкие коробочки и дают меньший общий урожай хлопка-сырца, хотя уровень первых сентябрьских сборов у них всегда больше. Клетки и клеточные органеллы у скороспелых сортов обычно мельче, но число их на единицу площади больше, чем у позднеспелых (Назиров, Арсланова, 1963). Скороспелые сорта отличаются и по строению аппарата Гольджи (Арсланова, 1974). Скороспелость хлопчатника — в генетическом отношении полимерный количественный физиологический признак (Симонгулян, 1974) — определяется химическим составом и биохимическими процессами, протекающими в клетках на разных этапах онтогенеза.

Как показали исследования (Тощевикова, 1950; Благовещенский, Кампова, 1954; Назиров, 1960, 1970; Бородулина, 1965), скороспелые сорта типа С-3210, 1306-ДВ уже в самом начале эмбрионального и постэмбрионального развития и прорастания семени по интенсивности и направленности обменных процессов отличаются от позднеспелых форм типа С-460 и С-1622.

По нашим наблюдениям, в начальный период жизни скороспелые сорта типа 1306-ДВ содержат значительно больше запасных белков, фосфолипидов, аскорбиновой кислоты, сульфгидрильных соединений, более активные каталазу, аскорбиноксидазу и меньше орга-

нических перекисей, чем позднеспелые сорта типа С-1622. Сухие семена скороспелых сортов богаты аскорбиновой кислотой. Такое богатое энергией фосфорорганическое соединение, как АТФ, и гексозо-6-фосфаты у скороспелых сортов образуются и накапливаются интенсивнее, чем у позднеспелых. Сухие семена и семядоли проростков скороспелых сортов с одинаковым числом хромосом содержат меньше госсипола, чем позднеспелых. По данным Г. Я. Губанова (1974), плодоношение хлопчатника сопровождается повышением активности гидролитических ферментов (например, амилазы), усилением распада и превращения запасного крахмала в растворимые углеводы в осевых частях и оттока последних в плодовые органы. У скороспелых сортов гидролиз крахмала в осевых органах начинается раньше и происходит более интенсивно. У них темпы превращения углеводов (крахмала, сахаров) и образования некоторых токсических веществ фенольной природы в створках коробочек, способствующих раскрытию последних, тоже выражены более резко. Однако эти наблюдения далеко еще не полностью вскрывают природу скороспелости хлопчатника. Для окончательной расшифровки данного вопроса необходимо усилить комплексные исследования в этом направлении на молекулярном, клеточном и организменном уровнях.

Холодостойкость, или меньшая теплолюбивость, хлопчатника, так же как и скороспелость, очень сложный физиологический признак, меняющийся в зависимости от внутренних (генотипических) и внешних факторов. Холодостойкость хлопчатника можно разделить на истинную (лабораторную) и полевую. Истинная холодостойкость — это фактическая устойчивость хлопчатника к пониженным положительным и кратковременным минусовым температурам, устанавливается она в стерильных лабораторных условиях. Полевая же холодостойкость хлопчатника более сложна и определяется степенью его устойчивости к продолжительным пониженным положительным температурам окружающей среды, сопровождающимся атмосферными осадками, внезапными кратковременными заморозками и воздействием патогенных микроорганизмов холодных почв (*Rhizactonia* и др.) Между скороспелостью и холодостойкостью хлопчатника имеется сложная взаимосвязь: старые скороспелые сор-

та типа С-3210 и 1306-ДВ были, как правило, менее теплолюбивы, но более восприимчивы к патогенным микроорганизмам холодных почв, нежели позднеспелые типа С-460. С другой стороны, известно, что все основные фазы развития промышленных сортов хлопчатника могут нормально наступать только при наличии определенной, сравнительно высокой температуры (Зайцев, 1929; Автономов, 1930; Енилеев, 1955; Мухамеджанов, Закиров, 1968). Даже самый ранний период вегетации хлопчатника начинается при повышении температуры почвы до 14—16°C. Характер реакции на более низкую температуру значительно различается по сортам. Оптимальными для прорастания семян и появления всходов являются 20—25°C. По мере роста и развития хлопчатника его потребность в высокой температуре растет, например, оптимумом в период бутонизации считается 25—30°C, в фазу цветения 30—35°C (Тодоров, Нешина, 1955; Енилеев, 1955). Однако наряду с этим некоторые австралийские и мексиканские дикие виды (*G. sturtii* и *G. trilobum* или *G. Thurberia thespesiodes*) свободно переносят кратковременные заморозки до —5° и достаточно хорошо чувствуют себя в течение длительного периода при температуре от 0 до 10—15° (Мауер, 1954). Исконно дикий вилтоустойчивый хлопчатник *G. hirsutum* ssp. *mexicanum* var. *pergusum* тоже по сравнению со скороспелыми, восприимчивыми к вилту сортами 1306-ДВ и АН-Каттакуртан обладает значительно более высокой устойчивостью к воздействию положительных пониженных температур (8—10°C) (Н. Ташматов, А. Ибрагимов, А. Вахабов, 1976). Полученный от дикого хлопчатника вилтоустойчивый среднеспелый радиационный сорт АН-401 по степени холодостойкости занимает промежуточное положение между исходным материалом и указанными скороспелыми сортами. Следовательно, между скороспелостью и холодостойкостью хлопчатника, как и между скороспелостью и его фотопериодической реакцией, нет четкой прямой корреляции, и эти признаки детерминируются разными группами генов.

Некоторые исследователи в свое время рекомендовали повысить холодостойкость хлопчатника путем предпосевной замочки семян в слабых растворах аммиачной селитры (Енилеев, 1955) или микроэлементов бора, марганца и меди (Ходжаев, 1968) или обработкой их низки-

ми отрицательными температурами или же подсушкой (Литвинова, 1971). Однако рекомендации этих авторов на нашли широкого применения в практике из-за низкой их эффективности в производственных условиях.

Основной путь решения проблем как скороспелости, так и холодостойкости хлопчатника,— это выведение сортов. Однако следует напомнить, что нередко у промышленных сортов имеется сложная, нередко обратная коррелятивная связь между скороспелостью, холодостойкостью, крупностью коробочек, качеством волокна и устойчивостью к возбудителю вилтовой болезни (например, старые скороспелые сорта, как уже отмечалось, образуют сравнительно мелкие коробочки, дают более короткое и более грубое волокно и сильнее поражаются вилтом, но менее теплолюбивые, чем среднепозднеспелые и позднеспелые) и разорвать ее путем межсортовой гибридизации и отбора было нелегко. Например, советскими селекционерами этим способом за послереволюционный период созданы скороспелые высокоурожайные сорта (с вегетационным периодом 135 дней) тонковолокнистого хлопчатника с хорошим качеством волокна (Худайкулиев, 1970; Автономов, 1973). Но за истекшее время по сравнению с исходными оригинальными египетскими сортами фактически не удалось увеличить крупности коробочек (3—3,5 г), заметное увеличение их размера всегда сопровождалось повышением позднеспелости сорта и ухудшением качества его волокна. Все существующие сорта в той или иной степени поражаются фузариозным вилтом (6—12% и более). Вместе с тем достижения селекционеров (Мирахмедов, 1974) за последние годы по выведению и внедрению в производство относительно скороспелых вилтоустойчивых крупнокоробочных средневолокнистых сортов убеждают нас в том, что указанную взаимосвязь признаков можно успешно разорвать для положительного решения проблемы не только вилтоустойчивости, но и скороспелости и холодостойкости хлопчатника; необходимо начать и расширить исследования по отдаленной внутривидовой и межвидовой гибридизации с привлечением отмеченных выше холодостойких диких форм.

Наряду с этим, как показали наши исследования, проведенные в лаборатории радиационной биологии Института экспериментальной биологии растений АН

УзССР, одним из действенных путей решения проблемы является воздействие на хлопчатник радиацией на определенных этапах его развития. Причем под влиянием радиации можно изменить отдельные признаки, не затрагивая других ценных свойств хлопчатника, чего гораздо труднее достичь при гибридизации. Мы убедились, что для выведения вилоустойчивых скороспелых урожайных сортов с хорошим качеством волокна путем радиационного воздействия исходным материалом должны служить высокоустойчивые к вилту формы. Однако способ радиационного воздействия необходимо также сочетать, как и при гибридизации, с отбором, который нужно вести с первого поколения до полной стабилизации растений по интересующим признакам. Таким путем нами совместно с Ф. Джаникуловым, Д. Дададжановым и Х. Камбаровым (1970, 1974 а, 1976) получены скороспелые вилоустойчивые высокоурожайные линии и сорта, часть которых сейчас проходит государственное испытание и размножается в производственных условиях, о чем более подробно изложено ниже. Здесь лишь отметим, что среди этих сортов особый интерес представляют высокоурожайный крупнокоробочный скороспелый сорт АН-402 с хорошим качеством волокна (V тип) и ультраскороспелый (созревает на 10—12 дней раньше, чем стандартный сорт «Ташкент-1»), высокопродуктивный низкорослый сорт АН-405. Урожай этих сортов хорошо собирается машинами.

Следует добавить, что радиационное воздействие дает еще более эффективные результаты при сочетании его с рядом других способов, которые, модифицируя эффект облучения, способствуют повышению частоты появления ценных изменений признаков. Эффективность радиационного метода повышается также при последующей гибридизации одного мутанта с другим или же сортом, имеющим ценный признак. И таким способом можно ликвидировать тот или иной недостаток радиационного мутанта или сорта.

В зарубежной и отечественной литературе (И. А. Рапопорт, 1940, 1970) указывается, что в выведении скороспелых холодостойких, устойчивых к болезням сельскохозяйственных культур могут быть успешно использованы также различные химические соединения (мутагены), обладающие свойством изменять наследст-

венные признаки организма. Особенно эффективным может оказаться совместное воздействие химическими и физическими (например, радиацией) мутагенами на хлопчатник. Однако эти приемы еще не нашли широкого применения в селекции хлопчатника. Лишь в последние годы работы в этом направлении начали проводить в лабораториях мутагенеза Института экспериментальной биологии растений АН УзССР (А. Е. Егамбердиев), Института селекции и семеноводства хлопчатника МСХ СССР (Ш. И. Ибрагимов) и уже достигнуты определенные успехи — получен ряд скороспелых вилтоустойчивых мутантных форм. Надо развернуть исследования в данном направлении.

Известно, что повышение производства хлопка, особенно за счет расширения посевных площадей, немислимо без развития механизации уборки урожая. Поэтому при создании сортов не нужно упускать из виду также их конструкцию, она должна быть удобной для машинной уборки хлопка (например, куст половинно-первого, первого-полуторного типа ветвления с компактным расположением коробочек и дружным их раскрытием, без осыпания сырца из створок).

Сейчас Коммунистическая партия и Советское правительство уделяют большое внимание повышению качества продукции нашего производства. Десятая пятилетка ознаменуется качественным скачком во всех сферах промышленности и сельского хозяйства. Резко возрастет требование промышленности и к качеству хлопка-сырца. Существующие сорта хлопчатника полностью не смогут отвечать этому всерастущему требованию промышленности. Нужно будет вывести скороспелые средневолокнистые сорта, дающие волокно IV типа, и тонковолокнистые скороспелые с волокном I и II типов. Это довольно трудная, но вполне разрешимая задача, так как и здесь имеются сложные коррелятивные связи не только между скороспелостью и качеством волокна, о которых говорилось выше, но и между различными показателями качества волокна. В частности, существует обратная корреляция между длиной волокна и его выходом, с одной стороны, между крепостью волокна и его тониной (метрическим номером), с другой. Как правило, при увеличении длины волокна снижается его выход, при увеличении тонины волокна падает его крепость.

Например, при подсушке или заолевании хлопчатника вилтом метрический номер волокна растет, но крепость снижается, т. е. оно становится тонким, но не прочным. Разорвать все эти взаимосвязи селекционным и особенно агротехническим путем не так легко. Это объясняется в известной степени отсутствием глубоких генетических, биохимических, биофизических и физиологических знаний о формировании хлопкового волокна. Правда, в последнее десятилетие по генетике хлопкового волокна и подпушка семян и созданию генетической коллекции этой культуры интересные исследования проводятся и уже достигнуты определенные результаты в данном направлении на биолого-почвенном факультете ТашГУ Д. А. Мусаевым и другими (1972). Заслуживают внимания и работы, проводимые в Институте экспериментальной биологии растений АН УзССР Н. А. Власовой по анатомической дифференциации клеток эпидермиса семян и волокон на поверхности семян (1974), а также цитохимические исследования Г. В. Камаловой (1975) по выявлению причин явления несовместимости при отдаленной гибридизации в семействе *Malvaceae*, куда относится и хлопчатник. Экспериментальные и теоретические исследования по генетике, физиологии, биохимическим процессам оплодотворения, развития зародыша и формирования волокна и подпушка, по дифференциации клеток эпидермиса и волоконца, по созданию генетической коллекции волосяного покрова семян следует всячески расширить и углубить, причем их надо проводить в теснейшей связи со скороспелостью, холодостойкостью, вилтоустойчивостью и другими физиологическими свойствами хлопчатника. Ибо их результаты, несомненно, помогут разработать научно обоснованные способы повышения качества волокна как путем выведения новых сортов хлопчатника, так и создания соответствующих агротехнических приемов их возделывания.

Вместе с тем, как уже подчеркивалось, вопрос о генетической природе и биохимической сущности скороспелости, холодостойкости и других генетически детерминированных физиологических свойств хлопчатника остается открытым. Поэтому наряду с селекционной работой нужно усилить комплексные исследования и, прежде всего, по физиологической и биохимической генети-

ке скороспелости и холодостойкости и других свойств хлопчатника на молекулярном, клеточном и организменном уровнях.

Особое внимание можно уделить выяснению значения эндогенных физиологически активных соединений (ауксинов, гиббереллинов, кининов, абсцизинов и др.), специфических белков (в первую очередь гистонов и кислых белков) и ферментов в биологической саморегуляции обмена веществ, функционировании генетического аппарата и реализации наследственной информации в онтогенезе, в дифференциации тканей, органов и формообразовании в целом. Следовало бы изучить молекулярно-генетическую регуляцию онтогенеза, роль нуклеиновых кислот в синтезе специфических белков, ферментов и изоферментов (как физиологически более активных форм), гормональную регуляцию синтеза нуклеиновых кислот, взаимовлияние генетических факторов и условий внешней среды в реакциях перехода растений от вегетативного состояния к генеративному (цветению) и старения, обратив особое внимание на генетическую связь скороспелости хлопчатника с фотопериодизмом, холодостойкостью и вилтоустойчивостью. Для создания теории онтогенетического развития хлопчатника полезно было бы выяснить и взаимодействие органов в процессах роста и развития, ростовых корреляций. Важно также вскрыть биохимические и биофизические механизмы опыления и оплодотворения, эмбрионального и постэмбрионального развития зародышей с применением различных методов и подходов, в том числе меченых атомов, культуры изолированных клеток, тканей и отдельных органов в специальных питательных средах. Перспективными являются также вскрытие физиологических причин гибели молодых растений от непосредственного действия и последствия продолжительных низких положительных температур и внезапных кратковременных заморозков, изучение взаимодействия растений с патогенными микроорганизмами холодных почв и биохимических процессов, протекающих при адаптации хлопчатника к холоду, влияния минерального и органического питания, водного режима и светового режима на его холодостойкость. Успешное решение перечисленных вопросов, бесспорно, поможет разработать научно обоснованные методы выведения скороспелых холодостойких вилтоустойчивых

высокоурожайных сортов с волокном, отвечающим требованию современной промышленности, а также агротехнические способы улучшения этих свойств хлопчатника.

В последние годы в ГДР, США и других странах большое внимание уделяют разработке быстрых способов определения устойчивости растений к низким температурам на ранних этапах развития. Один такой способ, разработанный в ГДР (Институт селекции растений Университета, г. Йена) для озимой пшеницы, уже широко применяется в селекционной практике. В США он несколько упрощен. Этим методом за зимние месяцы одним работником может быть испытано 3—4 тыс. линий и сортов.

В настоящее время разрабатываются более производительные и наиболее точные модификации данного метода. По одной из них семена озимых зерновых культур проращивают в темноте в специальной ячеистой камере на питательном растворе. С момента появления первого настоящего листа всходы помещают на пять дней для закалки в условия с температурой  $1^{\circ}\text{C}$ , затем в течение 8 час. замораживают при  $-12^{\circ}$ , после чего температуру снова поднимают до  $1^{\circ}$ . Растения обрезают на уровне 1—2 см выше и ниже формирующегося узла кушения, оттаивают при  $12^{\circ}$  и при  $1^{\circ}\text{C}$  определяют сопротивление проростков электрическому току. Применение специальных холодильных шкафов и терморегуляторов позволяет автоматизировать все процедуры по регулировке температуры. Растения селекционных форм, линий и сортов, у которых под влиянием низких температур разрушено субмикроскопическое строение протоплазмы и клеточных мембран, показывают повышенную электропроводность и, следовательно, низкую морозостойкость. Этот способ позволяет проводить до 500 определений электропроводности за час (Пономарев, 1973).

Нами совместно с Н. Норбаевым разработан простой быстрый метод определения электропроводности механически неповрежденных тканей различных по радиостойкости сортов хлопчатника (Назирова, Норбаев, 1963; Назирова, 1969). Этот способ применяется сейчас для определения мгновенной реакции растений на различные воздействия, их радиочувствительности и проницаемости тканей при облучении в Грузии, Азербайджане, Узбеки-

стане и других республиках, а сейчас он в лаборатории радиобиологии Института экспериментальной биологии растений АН УзССР несколько модифицируется для определения холодостойкости и солеустойчивости хлопчатника на самых ранних этапах онтогенеза и его мы рекомендуем для использования в селекционных и иных научных исследованиях.

### ВИЛТ ХЛОПЧАТНИКА

Известно, что вилт (увядание) — одно из распространенных и опасных заболеваний растений. Он приносит огромный ущерб сельскому хозяйству вообще, хлопководству в особенности. Вилт хлопчатника встречается во всех основных хлопкосеющих странах мира (Австралия, Африка, Америка, Китай, Индия и др.). В СССР это заболевание наиболее сильно распространено в старой зоне хлопкосеяния (Ферганская и Зарафшанская долины, Ташкентский оазис, Кашкадарья, Сурхандарья, отдельные районы Туркмении и Таджикистана). В последние годы вилт распространяется и в более северных зонах Узбекистана (Хорезмская область, Каракалпакская АССР) и в Чимкентской области Казахской ССР. Он обнаружен также в тех районах Азербайджана, в которых раньше его не было (Бабилов, Багиров; 1973). Потери урожая хлопка-сырца от вилта в целом по Советскому Союзу составляют более 500 тыс. т, а по Узбекистану — около 400 тыс. т (Маннанов и др., 1972). В США потери урожая хлопка в 1970 г. в результате этой болезни и частично гнили коробочек, заболевания всходов, повреждения корней нематодами (паразитическими круглыми червями) оценивались в 200 млн. долларов (82% всех потерь хлопка в стране) и превысили общий урожай этой культуры в штатах Калифорния, Аризона (Миняева, 1974 а).

Возбудители этого заболевания — особые, так называемые несовершенные грибы, относящиеся к роду Вертициллиум (*Verticillium*) и Фузариум (*Fusarium*). Это почвенные обитатели, и они могут жить как сапрофиты, так и паразиты.

В Узбекистане, Киргизии, Казахстане и Азербайджане наиболее широко распространен вертициллезный вилт,

а в Туркмении и Таджикистане — фузариозный. В условиях районов советского хлопкосеяния основным видом, вызывающим увядание средневолокнистых сортов хлопчатника, является *V. dahliae* Klebahn, а тонковолокнистых сортов (*G. barbadense* L. — *F. oxysporum* Schlecht *Vasinfectedum*). В зарубежных хлопкосеющих странах (например, в США) главным видом, вызывающим увядание средневолокнистых сортов хлопчатника, считается *V. alba* — *atrum* (Mussell, Rameti, 1972). В последнее время установлена поражаемость средневолокнистых сортов хлопчатника при искусственном заражении и другими видами *Verticillium*: *V. malhousei*, *V. chlamidosporium* (Рамазанова, 1975).

Наряду с этим в различных почвенно-климатических условиях существуют разные, главным образом по физиологическим свойствам формы (штаммы) названных грибов. Этот возбудитель увядания поражает не только хлопчатник, им поражаются более 400 видов растений, в том числе и древесные. Причем различные виды растений заболевают вилтом не в одинаковой степени. Не поражаются возбудителем вертициллезного вилта кукуруза, джугара, озимая рожь, озимая пшеница, ячмень, рис и другие злаковые. Практически не поражается вилтом люцерна (Рамазанова, 1975). Многие дикие и полудикие формы хлопчатника в той или иной степени заболевают вилтом. Но отдельные исконно дикие формы хлопчатника *Gos. hirsutum* ssp. *mexicanum* var. *peruosum* и ssp. *giperstre* (K-1768) из Мексики высокоустойчивы к вертициллезному вилту (Мирахмедов, 1974; Абдуллаев, 1974). Советские средневолокнистые сорта хлопчатника типа С-4727, 108-Ф и 152-Ф (*G. hirsutum* L.) более подвержены воздействию вертициллезного гриба, а тонковолокнистые сорта (*G. barbadense* L.) более восприимчивы к фузариозному вилту. Причем степень восприимчивости разных сортов одного и того же вида хлопчатника неодинакова и довольно резко меняется на протяжении вегетации. Однако в последние годы в Узбекистане отмечается достаточно сильное заболевание как старых (108-Ф, С-4727), так и новых («Ташкент-1», «Ташкент-4») средневолокнистых сортов и фузариозным вилтом (Сабилов, 1972; Мирахмедов, 1975 и др.). Вместе с тем в Вахшской долине (Таджикская ССР) возбудитель фузариозного увядания является узкоспециализирован-

ным организмом и поражает только тонковолокнистый хлопчатник вида *G. barbadense* (Менликиев, 1975).

Кроме того, поражаемость хлопчатника вилтом в значительной степени зависит также от температуры воздуха и других условий внешней среды. Так, по результатам опытов, проведенных в условиях искусственной камеры (Ю. И. Икрамов, Д. А. Мусаев и С. М. Бердиев, 1976), различные сорта и формы хлопчатника *G. hirsutum* L. в фазу семядольных и трех-четырёх настоящих листьев при температуре 24—26°C сильно поражались двумя смешанными штаммами вертициллезного гриба (*V. dahliae*) независимо от степени вилтоустойчивости (устойчивые на 90—96%, восприимчивые на 100%). При температуре же воздуха 27—29°C они довольно резко отличались между собой по реакции на воздействие возбудителя вилта. При этом, например, среди изученных сортов самым устойчивым был сорт «Ташкент-1», а наиболее восприимчивым — 108-Ф. Сорт С-4727 по вилтоустойчивости занимал второе место после сорта «Ташкент-1». При дальнейшем повышении температуры (32°C и выше) эти сорта на указанных этапах онтогенеза вовсе не поражались вилтом. Такое изменение поражаемости хлопчатника вилтом в зависимости от температуры воздуха объясняется, на наш взгляд, не столько различным его физиологическим состоянием (хотя и это имеет некоторое значение), сколько высокой чувствительностью возбудителя болезни — вертициллезного гриба к температуре и его генетической особенностью расти, размножаться и проявлять свою агрессивность в строго определенных, довольно узких пределах колебаний этого фактора, о чем будет более подробно сказано ниже.

Возбудитель вилта — аэробные микроорганизмы, в бескислородной среде долго не могут активно существовать. Например, гриб *V. dahliae* сосредоточен в основном в пахотном слое почвы, на глубине 10—20, частично до 40 см (Мирпулатова, 1973), гриб же *F. oxysporum vasinfectum* локализован в подпахотном, но хорошо аэрированном, песчаном горизонте, содержащем корневые остатки растений, до глубины 70—80 см (Беккер, Чадова, 1971).

В настоящее время более широкое распространение получило вертициллезное увядание. Лишь по Узбекиста-

ну около 1 млн. га посевной площади под хлопчатником заражено инфекцией данной формы болезни.

Среди возбудителей этого заболевания в условиях Узбекистана *V. albo-atrum* не поражает хлопчатник (Рамазанова, 1975). Видимо, здесь численность этого гриба настолько мала, что в конкуренции с различными **микроорганизмами-антагонистами** и хозяином он не может проявить свое действие или здесь существует его авирулентная раса (штамм). Необходимо выяснить этот важный вопрос как путем импорта зарубежной расы и изучения ее, так и более глубокого исследования местной формы гриба. В условиях Узбекистана наиболее широкой специализацией обладает *V. dahliae*. Он, как уже упоминалось выше, считается главным возбудителем вертициллезного увядания хлопчатника. Поэтому несколько подробнее остановимся на биологической характеристике *Verticillium dahliae*.

Гриб *V. dahliae* имеет большое число внутривидовых форм — штаммов. Эти формы под влиянием условий местообитания постоянно изменяются и образуют культуры с различными морфологическими и физиологическими признаками и неодинаковой патогенностью относительно того или иного сорта хлопчатника. В процессе культивирования нового сорта хлопчатника происходит отбор и накопление форм гриба, приспособленных к нему (Мирпулатова, 1973). Все разновидности, или штаммы, *V. dahliae* имеют вегетативный (растущий) — орган — мицелий, который представляет многоклеточную тонкую, разветвленную бесцветную грибницу, или так называемые гифы. Клетки мицелия имеют, как правило, одно ядро и цитоплазму со всеми характерными для любой нормальной живой клетки органеллами. Гриб размножается спорами, получившими название конидии. Последние состоят из одной клетки с гаплоидным (непарным) набором (иначе, с половинным числом) хромосом, имеют эллипсоидную, иногда слегка согнутую форму и образуются на обособленных, дифференцированных мутовчаторазветвленных ветвях мицелия — конидиеносцах. Клетка конидии также содержит обычно одно ядро, митохондрии, аппарат Гольджи, эндоплазматический ретикулум, вакуоли и другие клеточные органеллы, запасные, конституционные и питательные вещества (рис. 8). При

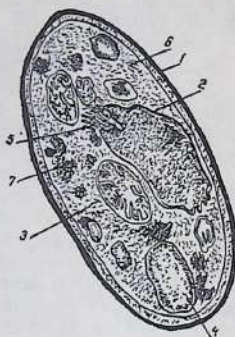


Рис. 8. Ультраструктура конидии гриба *Verticillium dahliae* K'ebahn: 1—оболочка, 2—ядро с ядрышками, 3—митохондрии, 4—вакуоли, 5—аппарат (комплекс) Гольджи, 6—эндоплазматический ретикулум, 7—жировые включения (ув. 36000, по Рысбазвой, 1971).

преимущественно жирами. Гриб таким способом переходит из активного состояния в стадию относительного покоя. В этой форме он может переносить довольно сильные морозы (до  $-30^{\circ}\text{C}$ ) или перегревы ( $+80^{\circ}\text{C}$ ) или дефицит влаги и зимует в почве, на растительных остатках (корни, стебли и листья хлопчатника, сорняков, бобовых и др.), накапливая и сохраняя инфекцию в течение длительного периода — до восьми лет (Маннанов и др., 1972; Мирпулатова, 1973). Весной, при температуре не ниже  $+6 - 7^{\circ}\text{C}$  и при наличии соответствующего количества влаги и кислорода происходит пробуждение гриба к активной жизнедеятельности; отдельные микросклеронии начинают прорастать, образуя мицелий, а затем и конидиеносцы с конидиями (Соловьева, Пояркова, 1940; Войтенко, 1966). По мере повышения температуры почвы усиливается развитие гриба. Наилучшее его развитие происходит при температуре  $+23 - 28^{\circ}\text{C}$  (Головин, 1953; Бабаян, 1961) и влажности почвы 70—75% от

благоприятной температуре и влажности конидии легко прорастают, образуя новый мицелий, на котором через несколько дней снова развиваются конидиеносцы. При экстремальных условиях среды путем продольного и поперечного деления определенных (утолщенных) участков мицелия образуются так называемые микросклеронии, состоящие из большой группы (нередко несколько сотен) неоднородных (тонкостенных и толстостенных) клеток и имеющие ядро, митохондрии, рибосомы (возможно, и другие органеллы) и темно-коричневую оболочку (чехол), заполненную питательными веществами,

ее полевой влагоемкости (Соловьева, Пояркова, 1940). При дальнейшем повышении температуры (+32°C и выше) прорастание гриба подавляется. Обязательным условием для нормального прорастания микросклероциев является также присутствие кислорода воздуха. По результатам опытов последних лет (Рамазанова, 1975), *V. albo-atrum* в цикле своего развития проходит покоящую стадию в виде темного узловатого мицелия (дауэрмицелия), а *V. dahliae* в форме микросклероциев, макросклероциев и хламидоспор. Оптимальной температурой для роста и развития *V. dahliae* является 22—27°C, для *V. albo-atrum* 23—26°C. Эти грибы очень требовательны к кислотности среды. Оптимальной для *V. albo-atrum* считается РН (отрицательный логарифм концентрации водородных ионов) —6, а для *V. dahliae* —7.

Возбудители вилта проникают в растения главным образом через корневую систему (т. е. из почвы) и разносятся по его водопроводящей системе. Распространение инфекции фузариозного вилта через семена не превышает 3—5% (Беккер, Чадова, 1971), а вертициллезного гриба через поверхность и внутреннюю часть (зародыш) семян достигает 15% (Рамазанова, 1975). Доказано также, что листья хлопчатника в определенных условиях (например, при повышенной влажности воздуха) могут непосредственно заражаться инфекцией *V. dahliae* и внекорневым путем (Козлова, 1968). Внутри растений хлопчатника встречаются все формы существования вертициллезного гриба: мицелий, конидиеносцы с конидиями и микросклероциии (Маннанов и др., 1972). Грибы *Verticillium dahliae* и *Fusarium oxysporum* F. *vasinfectum* в растении образуют в большом количестве споры типа конидий, которые вместе с транспирационным током воды распространяются в верхних и боковых зонах. Особенно много инфекций накапливается в молодых листьях, расположенных ближе к верхушке стебля (Губанов, Сабиров, 1972). При поражении хлопчатника вилтом происходит подавление роста и развития, сбрасывание плодовых органов (бутонов, цветов и завязей) и побурение древесины стебля в результате взаимодействия токсических выделений паразита с органическими соединениями, входящими в состав древесины (лигнин, гемицеллюлоза, клетчатка и др.), и другими веществами, находящимися в проводящей системе

Как показали наши наблюдения (Назиров, 1961; Назиров, Насретдинова, 1974), заболевание хлопчатника вертициллезным вилтом сопровождается существенным изменением ряда важнейших физико-химических свойств протоплазмы (вязкости, эластичности, изоэлектрической точки, гидрофильности биокolloидов и т. д.), резким подавлением дыхания и синтетической деятельности тканей (например, синтеза ДНК и белков типа гистонов в ядрах), уменьшением уровня энергетического и строительного материала (сахаров, аминокислот, гистонов и др.), нарушением эволюционно сложившихся соотношений ДНК и ядерных белков, координации и слаженности в работе ферментов (например, активность каталазы, расщепляющей токсичные продукты окислительного обмена — перекиси, снижается, а пероксидазы, катализирующей реакцию окисления фенолов с образованием высокотоксичных соединений хиноидной природы, повышается). Причем эти отклонения у восприимчивых сортов возникают задолго до проявления внешних симптомов болезни и их можно рассматривать как самый начальный этап вилтового поражения клетки. У устойчивых сортов при заражении их инфекцией вилта физико-химические свойства протоплазмы, активность ферментов, синтетические процессы, содержание гистонов и отношение ДНК к ядерным белкам долго остаются на уровне, близком к норме, происходит накопление сахаров и аминокислот в корнях, дыхание протекает более интенсивно, что является генетически обусловленной защитной функцией растения-хозяина от поражения патогеном основного носителя наследственной информации (ДНК) и всего организма в целом. И в самом деле, при заболевании хлопчатника содержание ДНК, несмотря на подавление ее биосинтеза, заметно не изменяется (Назиров, Насретдинова, 1974). РНК растений повреждается патогеном легко и глубоко, нежели ДНК. При поражении хлопчатника вилтом происходит целый ряд и иного рода биохимических и физиологических изменений в клетках. В частности, повышается активность гидролитических ферментов (амилазы, инвертазы, протеаз и др.), в результате чего усиливаются процессы распада крахмала (Губанов, 1973) и белков (Гранитова, 1960), происходит накопление дубильных соединений (Серебрякова, 1972), РНК и аммиака (Пушкарева, 1972), на-

рушается соотношение веществ энергетического обмена в клетках корней (Авазходжаев, Муслимов, 1972), снижаются водоудерживающая способность биокolloидов тканей и интенсивность фотосинтеза, изменяются осмотическое давление клеточного сока, темпы транспирации (испарение воды с поверхности листьев) и другие физиологические функции хлопчатника (Назирова, 1961; Гранитова, 1960). По данным Г. Я. Губанова (1973), усиление гидролитических процессов у хлопчатника особенно ярко проявляется в фазу плодоношения и сопровождается оно массовым поражением растений вилтом, что связано с физиологическим старением и ослаблением сопротивляемости организма к воздействию патогена.

У растений в результате эволюции вырабатывалась способность образовывать специфические биохимические защитные средства против действия грибов и их токсических продуктов, образующихся в процессе обмена веществ. У устойчивых сортов и видов растений защитных веществ больше и они находятся у них в активном состоянии. По нашему наблюдению, у хлопчатника одним из таких соединений являются специфический для рода *Gossypium* полифенол — госсипол и подобные ему вещества, которые ингибируют рост и развитие паразита. Как показали специальные опыты Т. Н. Леухиной (1972), щелочные растворы госсипола в небольшой концентрации (1—2 мг/мл) полностью подавляют дегидрогеназную активность (деятельность ферментов, участвующих в дыхательном процессе) и рост вертициллезного гриба. Нам установлено (Назирова, Леухина, 1964), что при предпосевной замочке семян в щелочном растворе (0,1—0,3%) госсипола и дополнительном внесении его в корневую зону растений в фазу четырех-пяти настоящих листьев устойчивость хлопчатника (сорта 108-Ф, С-4727 и др.) к вертициллезному увяданию значительно повышается, его вредоносность снижается. Госсипол оказывает на хлопчатник и терапевтическое действие: при тщательной инъекции его раствора в корневую систему или в стебель молодых растений в самом начале проявления симптомов болезни растения постепенно поправляются, образуются новые проводящие сосуды в стеблях за счет камбия (делящаяся ткань), они начинают нормально расти, развиваться и дают хороший урожай. Однако отсюда не следует делать поспешный вывод о прак-

ми состоянии. В этой форме он малоактивен. В норме активное участие в жизнедеятельности самого хлопчатника принимает лишь оставшийся в свободном виде госсипол.

Как показали наши исследования (Назиров, Пушкарева, 1970), в период массового заражения растений хлопчатника инфекцией возбудителя вилта (в фазу цветения-плодообразования) в вегетативных органах вилтоустойчивых сортов, в первую очередь в коре и древесине корней и стеблей, происходит большее накопление свободного госсипола, чем в аналогичных органах восприимчивых сортов. Иначе говоря, госсипол накапливается в большом количестве в тех органах и тканях устойчивых сортов, через которые грибок проникает в организм растений, что является препятствием для проникновения паразита в организм хозяина и расселения его по растению. При физиологическом контакте грибка с растением-хозяином связанный госсипол переходит в свободный, увеличивая концентрацию его активной формы в тканях. Устойчивые сорта с помощью специальных «орудий» — ферментов используют свободный госсипол и его производные для борьбы с паразитами. В частности, госсипол, окисляясь при участии фермента полифенолоксидазы, а также пероксидазы, которые, по нашим наблюдениям, при вторжении инфекции в организм растения сильно активизируются, переходит в еще более реакционноспособные высокотоксичные соединения — хиноны, а эти вещества в свою очередь убивают грибок или, реагируя с его митотическим аппаратом, подавляют клеточное деление и рост последнего. Однако механизм взаимодействия любого полифенола, в том числе госсипола, и ферментов необычайно тонок и любое более или менее сильное воздействие нарушает его. У восприимчивых сортов при их взаимодействии с грибом или под влиянием токсинов последнего сильно нарушается механизм использования госсипола и он в свободном виде накапливается в тканях организма хозяина в большом количестве, вызывая его самоотравление и ускоряя гибель пораженного вилтом растения.

В последние годы группой американских исследователей (Bell, 1967; Bell, Presley, 1969; Zak, oth., 1972) и нашими учеными Института биохимии им. А. Н. Баха АН СССР (Л. В. Метлицкий), Отдела биоорганической

ми состоянии. В этой форме он малоактивен. В норме активное участие в жизнедеятельности самого хлопчатника принимает лишь оставшийся в свободном виде госсипол.

Как показали наши исследования (Назиров, Пушкарева, 1970), в период массового заражения растений хлопчатника инфекцией возбудителя вилта (в фазу цветения-плодообразования) в вегетативных органах вилтоустойчивых сортов, в первую очередь в коре и древесине корней и стеблей, происходит большее накопление свободного госсипола, чем в аналогичных органах восприимчивых сортов. Иначе говоря, госсипол накапливается в большом количестве в тех органах и тканях устойчивых сортов, через которые грибок проникает в организм растений, что является препятствием для проникновения паразита в организм хозяина и расселения его по растению. При физиологическом контакте гриба с растением-хозяином связанный госсипол переходит в свободный, увеличивая концентрацию его активной формы в тканях. Устойчивые сорта с помощью специальных «орудий» — ферментов используют свободный госсипол и его производные для борьбы с паразитами. В частности, госсипол, окисляясь при участии фермента полифенолоксидазы, а также пероксидазы, которые, по нашим наблюдениям, при вторжении инфекции в организм растения сильно активизируются, переходит в еще более реакционноспособные высокотоксичные соединения — хиноны, а эти вещества в свою очередь убивают грибок или, реагируя с его митотическим аппаратом, подавляют клеточное деление и рост последнего. Однако механизм взаимодействия любого полифенола, в том числе госсипола, и ферментов необычайно тонок и любое более или менее сильное воздействие нарушает его. У восприимчивых сортов при их взаимодействии с грибом или под влиянием токсинов последнего сильно нарушается механизм использования госсипола и он в свободном виде накапливается в тканях организма хозяина в большом количестве, вызывая его самоотравление и ускоряя гибель пораженного вилтом растения.

В последние годы группой американских исследователей (Bell, 1967; Bell, Presley, 1969; Zak, oth., 1972) и нашими учеными Института биохимии им. А. Н. Баха АН СССР (Л. В. Метлицкий), Отдела биоорганической

химии АН УзССР, ТашГУ (А. С. Садыков), Института экспериментальной биологии растений АН УзССР (М. Авазходжаев) также подтверждена защитная роль госсипола и его производных (гемигоссипола, вергосина, изогемигоссипола и др.) против возбудителя вертициллезного вилта. Это так называемые фитоалексины (от греческих слов *Phyton* — растение, *alexo* — отражаю, защищаю).

Фитоалексины, за исключением госсипола, образуются при контакте растения с возбудителем вилта. Причем они накапливаются больше и быстрее в устойчивых к вилту сортах. Доказано (Мухамедова, Туракулов, 1974), что изогемигоссипол, выделенный из вилтоустойчивых сортов («Ташкент-1, -3»), подавляет рост возбудителя вилта. Выявлено, что гриб в пораженном растении продуцирует ферменты пектинтрансэлиминазу и экзополигалактуроназу, которые участвуют в разрушении тканей хозяина. По данным А. С. Садыкова, Л. В. Метлицкого и других, госсипол подавляет активность пектинтрансэлиминазы и предотвращает ее образование грибом.

По нашим многократным наблюдениям, основную роль в вилтоустойчивости хлопчатника играет его корневая система. При вторжении инфекции гриба в организм растения в корнях устойчивого сорта, как уже отмечалось выше, сильно увеличивается содержание свободных аминокислот и особенно сахаров, появляется богатый энергией трисахарид рафиноза. У неустойчивых сортов происходит обратное. При внедрении инфекции вертициллезного вилта в тканях вилтоустойчивого сорта хлопчатника увеличивается также содержание муравьиной кислоты, а у восприимчивого сорта, наоборот, снижается. Введение этой органической кислоты в инфицированное растение оказывает терапевтическое действие, препятствует расселению гриба, усиливает фитоалексинную активность листьев, тормозит заболевание хлопчатника вилтом (Ханходжаев, 1975). Выращивание гриба фузариозного вилта в растворе сахаров, в частности глюкозы, резко снижает его патогенетическое действие на растение (Lochhead, Cook, 1961). Некоторые аминокислоты (метионин, аспарагин, глютаминовая кислота) повышают устойчивость растений к грибковым и другим болезням.

Накопление свободных аминокислот, муравьиной кислоты и сахаров и возникновение рафинозы в корневой системе устойчивого сорта при заражении его вилтом — ответная реакция организма на воздействие вертициллезного гриба. Она является защитной реакцией и выработана у хлопчатника в результате многовекового взаимодействия растения-хозяина и паразита. При высокой концентрации аминокислот, органических кислот и сахаров у растений создается реальная возможность использовать часть этих веществ в обычной жизнедеятельности, а другую расходовать путем биохимических превращений на образование дополнительного количества госсипола и подобных ему соединений, которые, как уже отмечалось, блокируют ядовитые продукты обмена или ингибируют соответствующую ферментативную систему гриба, а также подавляют его рост и развитие. Это осуществляется уже в самой корневой системе устойчивых сортов и не дает паразиту и его выделениям распространиться по всему растению-хозяину. Корни неустойчивых сортов не способны накапливать сахара и аминокислоты в большом количестве, а то, что содержится в них, едва ли хватает даже как энергетического материала лишь для поддержания жизни; имеющегося в наличии госсипола и его производных недостаточно и не может быть использовано против возбудителя вилта из-за нарушения механизмов их реализации. Поэтому восприимчивые сорта легко поддаются воздействию вертициллезного гриба. Способность грибов проникать в растение и поражать его зависит также от их агрессивности, от инфекционной нагрузки, от состояния и химического состава почвы, соотношения и биологической активности других микроорганизмов в них, влажности, температуры, содержания кислорода, интенсивности освещения и др.

Борьба между хлопчатником и грибом, как упоминалось выше, происходит уже в самой корневой системе, в которой растительный барьер преодолевают лишь наиболее агрессивные (более приспособленные) формы паразита, происходит их отбор. Эти формы, быстро распространяясь по растению, вызывают его увядание. Затем вместе с листьями и другими растительными остатками они попадают в почву, что способствует накоплению в ней агрессивной инфекции. Многолетнее

бессменное культивирование хлопчатника с внесением азота только в виде минеральных удобрений также способствует усилению накопления приспособленной к растению агрессивной формы возбудителя вилта в почве и повышению его вредоносности, снижению количества и качества хлопка-сырца. Частое переувлажнение почвы и механическое повреждение корней, особенно наиболее жизнедеятельных, также создают благоприятное условие для паразита, открывают широкий путь к проникновению его в корневую систему, приводят к снижению сопротивляемости хлопчатника возбудителю вилта. Аналогично действует и искусственное повышение численности почвенных вредителей (нематодов) в зоне распространения корней хлопчатника (Michell, Powell, 1972). Частое (двухгодичное) внесение гербицидов тоже, подавляя синтетические процессы у хлопчатника, снижает его устойчивость к вилту (Ташматов и др., 1973).

Известно, что однолетний посев риса и затопление полей в осенне-зимний и ранневесенний периоды, создавая дефицит кислорода, также значительно снижают численность паразита в почве. Глубокое рыхление почвы (на 55—60 см) с послойным внесением органико-минеральных удобрений и посев на этом фоне предшественников (кукурузы и люцерны), активизируя деятельность ряда полезных грибов и бактерий-антагонистов возбудителя увядания в корнеобитаемой зоне, способствуют резкому снижению поражаемости хлопчатника вилтом и повышению его урожайности (Мухамеджанов, 1973). При обычной вспашке даже однократный посев кукурузы или джугары или трехкратный посев озимого рапса или ржи уменьшает поражаемость хлопчатника вилтом на 25—30% (Давлатов, 1971).

По многочисленным данным научно-исследовательских учреждений и передовых хозяйств, внесение органических удобрений и остатков глинобитных дувалов, построек и прирычной земли и т. д. создает наилучшие условия для роста и развития микроорганизмов — естественных врагов (антагонистов) возбудителей вилта, которые мешают накоплению последних в почве, помогают хлопчатнику бороться с ними. Искусственное обогащение почвы грибами-антагонистами (*Trichoderma eignogum* и *Aspergillus terrus*), как показали многочисленные опыты НИИЗР МСХ СССР, путем внесения их

препаратов также тормозит накопление возбудителей вилта в ней, снижает заболеваемость и повышает урожайность хлопчатника (А. С. Садыков, 1975). Внесение некоторых микроэлементов (Со, Zn и др.), антибиотиков — продуктов обмена актиномицетов (Аскарлова и др., 1964 а, б) и своевременное фосфорное и особенно калийное питание растений хлопчатника тоже повышают их сопротивляемость вилту (Маннанов и др., 1972; Мирпулатова, 1973). По сообщению З. А. Абузарии и Ш. А. Сафарова (1964), в условиях Азербайджана предпосевная обработка семян в растворах (1—3%) антибиотиков (трихотецина, кариоцина и фитобактериомицина) заметно повышает устойчивость хлопчатника к вилту и его урожайность (до 22%). По нашим многолетним данным (Назиров, Дададжанов, 1968), предпосевное внесение отходов гидролизной промышленности, содержащих лигнин (75—83%), серную кислоту (3—3,5%), полисахариды (14—16%) и золу (3,5—3,75%) и полученных в результате переработки хлопковой шелухи и древесных опилок, улучшает структуру почвы, заметно повышает ее температуру (на 1—1,5°C), предотвращает образование корки, способствует дружному появлению всходов и сохранению влаги в почве, заметно усиливает рост и развитие, особенно на начальных этапах онтогенеза, снижает поражаемость хлопчатника вилтом (на 20—30%) и его вредоносность. При этом эффект возрастает по мере увеличения нормы отходов только до 10 т/га. Наилучшие результаты дает внесение отходов под культивацию (урожайность повышается на 6—7 ц/га).

В полевых опытах, проведенных в Нью-Мехико, внесение беномила в почву (8,8 кг/га) перед севом хлопчатника с последующей обработкой растений данным химическим препаратом (при поливе) задержало появление симптомов заболевания вертициллезным вилтом у инокулированных (искусственно зараженных инфекцией) растений (Егураздова, 1972). Этот фунгицид испытывается сейчас и в Узбекистане. Одновременно изучается также влияние отечественного препарата узгена против возбудителя вилта. Предварительные результаты указывают на перспективность применения беномила и узгена против вертициллезного увядания, особенно при внесении первого совместно с навозом, дробленным ячменем или люцерновой мукой. Однако высокая стоимость

этих препаратов лимитирует пока их применение в широком масштабе (А. С. Садыков, 1975).

В последнее время сотрудниками СоюзНИХИ и ВИЗР установлено (Юнусов, Аведжанова, 1975), что внесение другого нового химического препарата — токсина осенью под зябь (из расчета 140 кг/га действующего вещества) также подавляет развитие возбудителей вилта, усиливает деятельность полезных микроорганизмов (нитрофикаторов, бактерий масляно-кислого брожения и целлюлозоразрушителей), снижает вертикальное увядание хлопчатника в пять-шесть раз и значительно повышает его урожайность (до 11 ц/га у сорта «Ташкент-1»).

Из изложенного ясно, какое громадное значение имеет правильная агротехника и высокая культура земледелия в борьбе с вилтом хлопчатника. Среди агротехнических мер борьбы с этим злом особое место отводится, безусловно, севооборотам. Под их влиянием заболеваемость хлопчатника вилтом снижается в три-четыре раза, урожай хлопка-сырца повышается на 20—40%, улучшаются физические свойства и мелиоративное состояние почвы, увеличивается эффективность использования минеральных удобрений. Более того, при внедрении севооборотов можно собрать по 150 ц/га отличного корма (Зинин, 1975). При этом, как установлено СоюзНИХИ, НИИЗР МСХ СССР и ВИЗР, наиболее эффективными являются сложные севообороты с более частым чередованием хлопчатника с невосприимчивыми культурами (люцерна, кукуруза, сорго, колосовые злаки) по схеме 1:3:2:4, 1:4:1:4, 2:5:1:2, 2:4:1:3 и др.

За годы девятой пятилетки колхозы и совхозы хлопкосеющих республик Союза ССР добились определенных успехов в освоении севооборотов. Так, в Узбекистане в 1970 г. севообороты были освоены всего в 53 хозяйствах на площади 26,6 тыс. га, что составляло 0,3% от введенных. К концу же 1975 г. они начали внедряться уже в 1084 колхозах и совхозах на площади более 1630 тыс. га, причем 37,6% введенных севооборотов освоены полностью. Однако в целом освоение севооборотов в хозяйствах идет, к сожалению, все еще очень медленно и к началу десятой пятилетки по республике в частичном и полном освоении находилось лишь около 80% площадей, что видно из следующих данных института Узгипрозем (в % к введенным):

Годы	1972	1973	1974	1975
Освоено севооборотов				
полностью	13,9	22,1	29,3	37,6
частично	46,4	52,1	45,9	41,8

Нужно принять все возможные меры для быстрейшего полного освоения севооборотов на всей намеченной для этой цели площади. Следует также напомнить, что в наших отдельных хлопководческих районах вследствие многолетней монокультуры и нарушения агротехнических правил накоплено большое количество инфекции возбудителя вилта.

В этих условиях существующие схемы севооборотов могут не дать должного эффекта. Поэтому необходимо усилить исследования по разработке дифференцированных для различных зон схем чередования культур.

Кроме севооборотов и агротехнических мероприятий, решающую роль в борьбе с вилтом играет внедрение в производство вилтоустойчивых сортов. В последние годы все в больших масштабах возделывается высокоустойчивый к вилту среднепозднеспелый сорт «Ташкент-1», полученный С. М. Мирахмедовым (1974) в Институте экспериментальной биологии растений АН УзССР путем скрещивания относительно скороспелого сорта С-4727 с мексиканским вилтоустойчивым диким хлопчатником *G. hirsutum* ssp. *mexicanum* var. *pergusum* и применением метода беккроса (возвратного скрещивания гибридов со скороспелым родителем). Широкое внедрение этого и некоторых других вилтоустойчивых сортов (например С-6030, относящегося к тонковолокнистому хлопчатнику) в производство затормозило нарастание вилта и резко снизило его вредоносность.

Однако возбудители вилта хлопчатника, как и многие другие микроорганизмы, будучи полифагами и космополитами, обладают чрезвычайно большой изменчивостью и высоколабильным свойством приспособляться к условиям существования. В последние годы установлены колоссальные возможности вертициллезного гриба проникать в ткани хозяина благодаря наличию у него активных пектолитических (разрушающих клеточные стенки растения) ферментов и повышать свои агрессивные свойства путем активизации ферментов системы полифенолы-полифенолоксидазы (пероксидаза, фенила-

ланиндиаминаза, шикимаза), преодолевать защитные барьеры, создаваемые в тканях устойчивых сортов хлопчатника за счет увеличения активности окислительно-восстановительного фермента дыхания — пиридиннуклеотид-хинонредуктазы (Гусева, 1975) и, как уже сказано выше, накопления госсипола и близких ему соединений. Поэтому при многолетней бессменной культуре численность агрессивных форм возбудителей вилта увеличивается, и хлопчатнику уже становится труднее справиться с ними. Помимо того, сорта постепенно снижают устойчивость также вследствие механического смещения во время заготовки семян и естественной гибридизации с более восприимчивыми сортами, а также спонтанно возникающих вредных мутаций (видимо, прежде всего под влиянием различных химических препаратов, применяемых против вредителей, болезней и сорняков, а также в качестве дефолирующих агентов). В результате хлопчатник поражается вилтом все в большей степени. Примером этому может служить сорт 108-Ф, который в свое время был слабо восприимчивым к вилту, а сейчас, как известно, очень сильно поражается им. В последние годы в производственных условиях в отдельных микроочагах и сорта типа «Ташкент» стали поражаться вилтом довольно сильно, причем ареалы заболевания их расширяются.

Как выяснено сотрудниками ВИЗР (Гусева, 1973), популяционный состав гриба *V. dahliae* неоднороден и условно разделяется на три группы: первая больше поражает сорт 108-Ф, вторая способна поражать 108-Ф и сорт «Ташкент-1» в равной степени, а третья сильно поражает сорт «Ташкент-1». В процессе выращивания сортов типа «Ташкент» отбираются из гетерогенной популяции возбудителя наиболее патогенные к ним штаммы. Этим в определенной степени и объясняется очаговое поражение и нарастание заболевания вилтоустойчивых сортов типа «Ташкент» из года в год.

Кроме того, во-первых, требование промышленности к качеству хлопкового волокна всемерно растет, а волокно существующих вилтоустойчивых сортов полностью не удовлетворяет ее, во-вторых, в последнее время, как отмечалось выше, вилтом стали болеть и скороспелые сорта, районированные в горных и северных хлопкосеющих районах. Поэтому следует всемерно усилить работы по селекции устойчивых к различным расам и формам

гриба, скороспелых, урожайных, для каждой зоны отдельных, сортов с высоким качеством волокна, внедрять в производство все новые и новые сорта и проводить смену их не так, как раньше (через 20 лет), а максимум через каждые восемь-десять лет. Селекцию хлопчатника на устойчивость к вилту нужно рассматривать как непрерывный процесс, как комплексную проблему, следует вести ее вместе с селекцией на скороспелость, холодостойкость и устойчивость к другим болезням и вредителям с применением различных классических и современных методов (гибридизация, мутагенез и т. д.).

В связи с этим уместно напомнить, что устойчивость хлопчатника к воздействию различных болезнетворных паразитов, в том числе и к вилту, наследственный физиологический признак. Поэтому не только различные виды, но и разные сорта одного и того же вида хлопчатника проявляют неодинаковую сопротивляемость возбудителю вилтовой болезни, причем на отдельных этапах развития в разной степени.

Для организма, безусловно, более целесообразно иметь много генов, ответственных за формирование и существование каждого признака. Эволюция «работала» наверняка именно в таком аспекте. Ибо для выживания и сохранения свойств организма в «аварийных ситуациях», причем прежде всего особо нужных ему признаков, в его клетках должна быть заменяемость отдельных небольших поврежденных «частей механизмов» системы управления и регуляции жизнедеятельностью неповрежденными. Иначе говоря, в случае повреждения и выхода из «игры» того или иного гена или отдельной группы генов (в частности, под влиянием таких экстремальных факторов, как ионизирующая радиация, химические агенты, низкая температура и т. п.) их роль должны выполнять другие (запасные) гены для того, чтобы организм смог сохранить себя и свою способность к воспроизводству со всеми ее атрибутами. Вот поэтому живому организму совершенно необходимо наличие «запасных» генов.

По нашему мнению, не только вилтоустойчивость хлопчатника, но и подавляющее большинство его других свойств (скороспелость, фотопериодическая реакция, холодостойкость, засухоустойчивость, солевыносливость, урожайность, качество волокна, масличность семян и

т. д.) являются полифакториальными и определяются целой группой генов, что гарантирует их сохранение и более или менее нормальное функционирование и при «выходе» из «строга» одного или, быть может, даже нескольких генов. Лишь единичные, например, такие маркерные качественные признаки, как темно-красный цвет листьев, красное пятно у основания лепестков цветов, антоциановый загар и опушенность стеблей у некоторых представителей рода хлопчатника, контролируются, видимо, малым числом генов, а может быть, даже только одним геном. И это оправдано и понятно, так как данные признаки, очевидно, не имеют решающего значения в жизни хлопкового растения. Оно вполне может нормально расти, развиваться и плодоносить и без указанных признаков, свидетельством чему служат лишенные их многие высокоурожайные местные сорта, дикие и полудикие сородичи хлопчатника, прекрасно существующие в естественных условиях местообитания, т. е. на его родине.

В последние годы в литературе (Вандер, Планк, 1972) устойчивость растений к воздействию болезнетворных микроорганизмов разделяется на два типа: вертикальная — к отдельным расам паразита и горизонтальная — ко всем расам популяции одного и того же патогена. Вертикальную устойчивость обычно рассматривают как физиологическую, сверхчувствительную, моногенную, расовую и как устойчивость молодых растений. Горизонтальная устойчивость характеризуется как общая, полевая, полигенная и устойчивость взрослых растений. Зарубежный опыт показывает (Рао, 1968), что селекция на базе устойчивости сверхчувствительного типа не гарантирует стабильности в получении полноценных урожаев. В последние годы все отчетливее стала выявляться необходимость получения сортов с использованием горизонтальной устойчивости. Проводятся работы по созданию многолинейных сортов. Допускается, что многолинейный сорт, состоящий из линий, схожих по хозяйственным признакам, но несущих различные гены устойчивости, не дает возможности распространиться той или иной расе, способной принести ущерб в данном районе. Многолинейные сорта обладают и вертикальной (специфической) и горизонтальной (общей) устойчивостью. При этом популяция растения-хозяина успешно может

противостоять популяции патогена, что хорошо показано на примере возбудителей ржавчины пшеницы и овса (Browning, 1969, Boskovic, 1971).

При выведении многолинейных сортов создается генетический барьер для патогена в результате увеличения разнообразия генотипов. Новые расы не будут иметь постоянного и благоприятного для их накопления субстрата в форме одного определенного генотипа, и заражение не приводит к эпифитотии. И, таким образом, будет обеспечена более длительная жизнь сорта. Для создания многолинейных сортов требуются использование разнообразных доноров устойчивости, достаточно точное знание рас и широко адаптированный повторяющийся родитель. Применяя обычную или сокращенную схему обратного скрещивания, получают фенотипически (внешне) идентичные, а генетически неоднородные линии путем гибридизации повторяющегося родителя с материалом, несущим различные гены устойчивости. Все эти внешне сходные линии смешивают вместе и внедряют как сложный сорт. Если новая раса поражает какую-либо линию, ее исключают из состава сорта (Миняева, 1974). Многолинейные сорта можно быстро модифицировать в зависимости от изменения рас возбудителя болезни (Rao, 1968). Однако производство таких сортов обходится намного дороже обычных сортов (Вандер, Планк, 1972).

Национальный институт сельскохозяйственных исследований Японии рекомендует три возможных пути создания длительно устойчивых сортов: сочетание истинной (вертикальной) и полевой (горизонтальной) устойчивости; аккумуляция генов истинной устойчивости и многолинейная селекция (Миняева, 1974).

На наш взгляд, целесообразно испытать эти методы для создания новых сортов хлопчатника. Возможны, конечно, и другие пути преодоления быстрой потери устойчивости сортами хлопчатника, это одновременное введение разнообразных генов устойчивости в единую исходную линию, отбор и т. д.

Например, в США для создания сортов, обладающих иммунитетом к основным болезням, особенно к вертикальному вилту, используют метод межвидовой отдаленной гибридизации и последующих сортовых и насыщающих скрещиваний и отборов. Большое внимание уде-

ляют подбору родительских пар для получения у гибридов хозяйственно-ценных признаков — выхода волокна, его длины, тонины и прочности, а также скороспелости и приспособленности к механизированной уборке (Хлебутина, 1972). На опытной станции штата Миссури путем сложных скрещиваний (*G. hirsutum*, *G. arboreum*, *G. thurberia*, *G. barbadense*) создан новый высокопродуктивный, устойчивый к вертициллезному и фузариозному вилтам сорт Делкот 277 (раннеспелый, обладает крупносеменными коробочками, длина и прочность волокна выше среднего; приспособлен к уборке шпиндельными машинами; гоммозом и церкоспориозом поражается лишь при недостатке калия и при высокой степени увлажнения) (Хлебутина, 1972). В Индии (штат Майсур) также получен межвидовой гибридный сорт Варалакми (*Varalaxmi*) путем скрещивания линий видов *G. hirsutum* и *G. barbadense*, превышающий по урожаю, вилтоустойчивости, качеству волокна и прядильным свойствам районированный сорт Гибрид-4. В научно-исследовательском институте в Коимбаторе путем отбора из египетского сорта Карнак выведен сорт Суджата с высоким выходом волокна хорошего качества, устойчивый к вертициллезному вилту и гоммозу (Хлебутина, 1973). По сообщениям американских фермеров, сорта хлопчатника с ограниченной генетической основой более подвержены поражению вилтом (Миняева, 1974). Генетически отдаленные родительские формы и наличие свободного опыления создадут широкую генетическую изменчивость среди растений одного сорта, что будет способствовать развитию устойчивости популяций хлопчатника к заболеваниям, как это отмечалось на кукурузе (Нечипоренко, 1975). При индивидуальном и массовом отборе по хозяйственным признакам и ежегодном «принудительном» самоопылении создаются формы и сорта с повышенной продуктивностью, но одновременно у них происходит резкое сужение генетического разнообразия, что приводит к снижению устойчивости к новым агрессивным расам возбудителей. Поэтому в селекционно-семеноводческих работах надо обратить серьезное внимание на обогащение генофонда существующих и вновь создаваемых сортов с привлечением генетически и географически отдаленных форм и с широким применением более сложных скрещиваний и естественного сво-

бодного самоопыления. По наблюдениям, проведенным на Среднеазиатской опытной станции ВИРА, межсортовая отдаленно-географическая гибридизация также является перспективным способом при выведении относительно устойчивых к вилту сортов хлопчатника (Раимжанов, 1971).

Как показали многолетние исследования Института экспериментальной биологии растений АН УзССР, Института селекции и семеноводства хлопчатника им. Г. С. Зайцева МСХ СССР, Туркменского НИИССТХ и других учреждений, воздействие радиацией на хлопчатник на определенных этапах его онтогенетического развития также является одним из высокоэффективных способов непосредственного выведения вилтоустойчивых сортов или получения разнообразного исходного материала для дальнейшей селекционной работы. Особенно хорошие результаты дает инкорпорирование (внедрение) радиоактивного фосфора в семена и развивающиеся на материнском растении зародыши диких вилтоустойчивых форм хлопчатника в сочетании с ежегодным отбором на провокационном фоне (сильно зараженной инфекцией паразита почве).

Так, в лаборатории радиобиологии Института экспериментальной биологии растений АН УзССР нами совместно с Ф. Джаникуловым, Д. Дададжановым, Х. Камбаровым (1970, 1974 а) путем замочки обычно труднопрорастающих семян дикого вилтоустойчивого хлопчатника *Gossypium hirsutum* ssp. *mexicanum* var. *peruvianum* с обильными мелкими плодами (вес сырца одной коробочки — 0,9—1,2 г), с коротким бурым волокном в растворе радиоактивного фосфора ( $50 \mu\text{с}^1$  на 30 семян) и применения метода многолетнего индивидуального отбора на зараженном инфекцией возбудителя вертициллезного вилта фоне выделено более 15 новых перспективных мутантов, из которых следующие размножаются в производственных условиях или проходят испытание по линии Госсорсети:

**Среднеспелый вилто-, засухоустойчивый сорт АН-401.** Куст компактный, выход хлопка-сырца из каждой коробочки — 7—7,5 г, скороспелость — 136—140 дней, технологические качества волокна (IV—V типа) и маслячность семян (22,9%) такие же, как у сорта 108-Ф и

<sup>1</sup>  $\mu\text{с}$  — микрокюри.

Таблица 1

Технологические качества сортов «Ташкент-1» и АН-401  
(Данные конкурсного сортоиспытания ИНЭБР АН УзССР за 1972 г.)

Показатель	«Ташкент-1»	АН-401
Выход, %	36,6	36,9
Длина, мм	33,1	33,9
Метрический номер	5265	5473
Крепость, г	4,6	5,0
Разрывная длина, км	23,9	27,6
Тип	V—VI	IV

значительно лучше, чем у сорта «Ташкент-1» (табл. 1). Урожай хлопка-сырца на зараженной вилтом почве составляет 45—53 ц/га, а у сорта 108-Ф—20—25 ц/га. Сорт с 1971 по 1973 г. испытывался по линии Госсортсе-ти. Данные двух сортоучастков за 1973 г. приводятся в табл. 2.

Таблица 2

Результаты Госсортоиспытания за 1973 г.

Сорт	Общий урожай хлопка-сырца, ц/га	% поражения вилтом
<i>Каракульский ГСУ</i>		
153-Ф	40,6	21,9
108-Ф	29,0	39,3
«Ташкент-1»	37,2	7,3
«Ташкент-3»	38,2	9,3
АН-401	42,8	7,7
<i>Избасканский энтомофитоучасток</i>		
«Ташкент-1»	50,2	22,7
«Ташкент-3»	48,0	34,5
АН-401	53,8	10,2

Скороспелый вилтоустойчивый сорт АН-402 с естественным листопадом (рис. 11). Куст компактный, ветвление половинно-первого типа, вегетационный период — 132—135 дней, осенью при нормальной агротехнике с момента раскрытия трех-четырёх коробочек растения постепенно сбрасывают листья без обработки химическими дефолиантами. Коробочки—7—7,5 г, урожай хлопка-



Рис. 11. Радиационный вилтоустойчивый сорт АН-402 с естественным листопадом: отдельный куст, фрагмент поля с производственным посевом сорта (участок готов к машинному сбору урожая без применения химических дефолиантов).

сырца —45—56 ц/га. Сорт по маслячности семян на 1—2% превышает промышленные сорта. Волокно V типа (табл. 3). Сорт с 1974 г. испытывается по линии Госсортсети (табл. 4, 5) и размножается в Избасканском, Московском и Ургенчском районах УзССР, Карасуйском и Ленинском районах КиргССР.

**Скороспелый вилтоустойчивый высоковыходной сорт АН-403 с частичным листопадом (рис. 12).** Куст относительно раскидистый, ветвление первого-полуторного типа. Vegetационный период —133—136 дней. Коробочки —8—8,5 г, урожай хлопка-сырца —45—50 ц/га и более. По выходу волокна сорт превышает промышленные сорта (см. табл. 3). Волокно белое, хорошо удерживается в створках, коробочки дружно раскрываются, куст

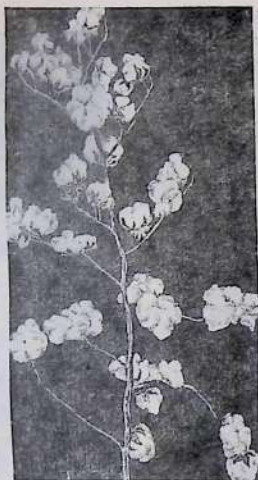


Рис. 12. Радиационный высокоустойчивый к вилту сорт АН-403 с повышенным выходом волокна.

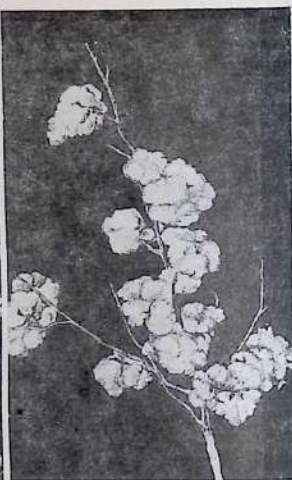


Рис. 13. Радиационный вилтоустойчивый, ультраскороспелый низкорослый сорт АН-405.

удобен для машинной уборки урожая. Сорт с 1975 г. испытывается по линии Госсортсети (см. табл. 4, 5) и размножается в Ташкентском и Аккурганском районах УзССР и Карасуйском районе КиргССР.

**Ультраскороспелый низкорослый вилтоустойчивый сорт АН-405** (рис. 13). Куст компактный, ветвление половинно-первого типа, рост главного стебля—60—70 см, закладка первого симподия на четвертом-пятом узле. Vegetационный период—120—130 дней, коробочки—4,5—5 г. Урожай при обычной схеме посева 34—43 ц/га, при загущенных посевах может дать очень высокие результаты. Масличность семян на 2,5% превышает стандарт. Волокно V типа. Сорт с 1975 г. проходит испытание по линии Госсортсети (см. табл. 5).

**Среднезрелый высоковилтозасухоустойчивый сорт АН-407.** Получен путем индивидуального отбора от сор-

Таблица 3

Хозяйственные, технологические и биологические свойства радиационных сортов хлопчатника в условиях экспериментальной базы ИНЭБР АН УзССР  
(Ташкентская область, 1974 г.)

Сорт	Урожай хлопка-сырца, ц/га	Поражаемость вилгом, %	Длина волокна, мм	Крепость, г	Метрический номер	Разрывная длина, км	Выход, %
Ташкент-1»	44,2	18,4	32—33	4,6	5230	24,05	36,6
АН-402 с листопадом	45	5,6	33—34	4,9	5420	26,6	40
АН-403	47,8	3,1	31—32	4,6	5750	26,4	41,8
АН-405, ультраскороспелый	43,2	3,5	31—32	4,8	5600	26,9	36,8
АН-407	49,5	1,2	33—34	4,9	5480	26,8	37,1
АН-408	47,6	3,8	32—33	4,8	5610	26,9	38,8
108-Ф	20	95	32—33	4,9	5440	26,6	37,4

Таблица 4

Результаты Государственного испытания радиационных и некоторых других сортов хлопчатника селекции ИНЭБР АН УзССР на Избасканском энтомофитоучастке

Сорт	% поражаемости вилгом	Урожай за сентябрь, ц/га	Общий урожай, ц/га
<i>1974 г.</i>			
«Ташкент-1»	40,3	36,8	52,7
АН-402	43,6	39,9	56,9
(листопадный)			
<i>1975 г.</i>			
«Ташкент-1»	63,9	45,1	48,8
АН-402	63,2	48,2	54,4
АН-403	40	50,5	64,2
АН-405	55,8	46,3	43,5
<i>1976 г.</i>			
«Ташкент-1»	74,4	42,3	43,3
АН-402	64,2	45,3	46,9
АН-403	44,8	49,5	53,8
АН-405	69,9	32,6	34,8
АН-407	50,6	46,8	51,9
АН-408	60,8	46	49,5
АН-Узбекистан-3	64,2	43,8	44,8
Экспресс-2	85,8	32,6	33,1

Таблица 5

Результаты Государственного испытания новых радиационных сортов хлопчатника за 1975 г. по ГСУ

Сорт	Общий урожай, ц/га	Вегетационный период, дни	Выход волокна, %	Вес коробки, г	% пораженности вилтом
<i>Московский</i>					
«Ташкент-1»	40,5	146	—	5,8	7
АН-402	41,2	144	—	6,3	8
<i>Уйчинский</i>					
«Ташкент-1»	51	148	35,5	6,4	11,1
АН-402	49	149	38,9	6,2	16,4
<i>Шахрисабзский</i>					
«Ташкент-1»	31,5	139	—	4,6	2
АН-402	33,3	142	—	5,2	1,7
<i>Пастдаргомский</i>					
«Ташкент-1»	31,1	135	—	5,6	9,9
АН-402	32,2	137	—	6,4	5,4
АН-403	33	135	—	6,0	3,3
<i>Денауский</i>					
«Ташкент-1»	45,0	138	—	5,6	30,7
АН-403	45,9	138	—	5,9	7,7
<i>Кургантепинский</i>					
«Ташкент-1»	39,8	150	—	5,6	80,4
АН-403	42,2	151	—	5,9	54,0
<i>Кунградский</i>					
«Ташкент-1»	38,0	142	36,4	—	—
АН-405	44,1	131	32,3	—	—

та АН-401. Сорт высокоурожайный (45—50 ц/га и более), более устойчив к вилту и обладает повышенным выходом волокна (на 0,5—1%), чем у исходного АН-401. По остальным свойствам не отличается от сорта АН-401.

С 1976 г. сорт проходит испытание по линии Госсортсети и размножается в элитном хозяйстве Аккурганского района УзССР и в одном хозяйстве Карасуйского района КиргССР и дает обнадеживающие результаты (см. табл. 4).

**Среднеспелый вилтоустойчивый сорт АН-408** (рис. 14). Куст относительно раскидистый, ветвление первого полуторного типа, вегетационный период — 135—137 дней. Коробочки — 8—8,5 г. Урожай хлопка-сырца—40—

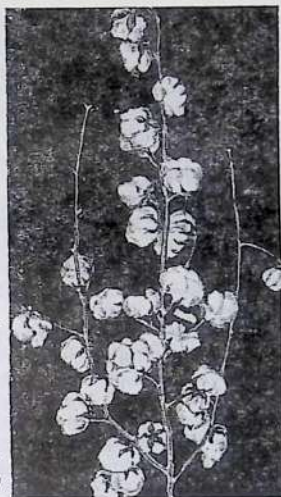


Рис. 14. Радиационный вилтоустойчивый скороспелый сорт АН-408.

46 ц/га, масличность семян—21—22%. По выходу волокна на 1—2% превышает сорт 108-Ф. С 1976 г. испытывается по линии Госсортсети и размножается в одном хозяйстве Карасуйского района КиргССР. Результаты испытания 1976 г. на Избасканском энтомофитоучастке приведены в табл. 4.

В последние годы нами совместно с Ф. Джаникуловым и Х. Камбаровым (1976) путем внесения радиоактивного фосфора (25— и 50  $\mu\text{c}$ ) в 20 и 30-дневные коробочки прародителя современных тонковолокнистых сортов дико-го хлопчатника *Gossypium barbadense* ssp. *darvinii*, развивающегося на материнском растении, и применения метода многократного индивидуального отбора сильно зараженной инфекцией возбудителя вилта почве был выделен также ряд вилтоустойчивых скороспелых относительно крупнокоробочных мутантных линий (4—5 г). Один из этих мутантов обладает волокном высшего

класса (длина — 37—38 мм, крепость — 4,6—4,8 г, метрический номер — 7000—7200, разрывная длина — 32—33 км), которое по нормативу Госстандарта относится ко второму типу.

Помимо того, ранее нами совместно с О. Жалиловым путем замочки семян сорта 1306-ДВ в растворе радиофосфора и гаммаоблучением 20-дневных коробочек сорта С-4727 были получены высокопродуктивные крупнокоробочные скороспелые сорта АН-Каттакурган и АН-Чимбайабад, которые, однако, как и исходные материалы, сильно поражаются вилтом (Назиров, Жалилов, 1971). Затем эти мутанты О. Жалилов, Х. Камбаров и Д. Дададжанов скрещивали с вилтоустойчивым радиационным сортом АН-401, а также АН-401 с сортом 108-Ф и получили высокоурожайные гибридные линии и сорта, сочетающие в себе большую скороспелость с высокой устойчивостью к вилту, обладающие хорошим качеством волокна. И, таким образом, они ликвидировали недостаток радиационных сортов и сорта 108-Ф.

Сейчас идет доработка наиболее интересных линий, а сорт АН-Самарканд-2 передан на Государственное испытание.

В Институте селекции и семеноводства хлопчатника им. Г. С. Зайцева МСХ СССР Ш. И. Ибрагимов, Р. И. Ковальчук (1972) после гамма-облучения сорта 108-Ф в фазу плодообразования (дозой 2 килорентген) получили вилтоустойчивый мутант № 7, который по ряду хозяйственных признаков превосходит исходный материал и с 1974 г. дорабатывается в совхозе «Қзыл-рават» Наманганской области УзССР. Сотрудники этого же института (Гуламов, Атаджанов, Наримов и др., 1973) также путем облучения семян с последующей тепловой обработкой получили мутанты РС-26 и РС-139, первый устойчив к одной форме гриба, обитающего в условиях института, второй — к другой форме, распространенной в производстве.

В Туркменском научно-исследовательском институте селекции и семеноводства тонковолокнистого хлопчатника (Фурсов, Конопля, 1971; Фурсов, 1974) путем воздействия на семена средневолокнистых сортов (*G. hirsutum*) гамма-лучами и нейтронами выделены мутанты с качеством волокна тонковолокнистых сортов, которые не поражаются фузариозным вилтом и обладают рядом

хозяйственно-ценных свойств исходных материалов. В настоящее время перспективные мутанты дорабатываются.

В лаборатории мутагенеза Института экспериментальной биологии растений АН УзССР (Егамбердиев, Пайзиев, 1973, 1974) после гамма-облучения вилтоустойчивого сорта «Ташкент-2» также выделены новые линии, сохранившие устойчивость исходного материала и превосходящие его по ряду хозяйственных признаков, часть которых сейчас проходит институтское конкурсное испытание.

Надеемся, что описанные выше сорта и линии успешно пройдут испытание и получат путевку в жизнь. Однако никому не секрет, что внедрение в производство вилтоустойчивых сортов, смена сортов — это еще не полное решение проблемы борьбы с вилтом. Одновременно необходимо применять и более совершенные севообороты, правильную дифференцированную агротехнику, разработанную для каждого нового внедряемого сорта, различные микробиологические и другие препараты, органические удобрения, отходы промышленности или микроэлементы, сдерживающие накопление возбудителей в почве. Нужно удалить гузапаю и остатки сорных растений (источник питания и хранитель инфекции в осенне-зимне-весенний период) путем механического корчевания зараженных возбудителем вилта стеблей с извлечением корня до глубины 30—35 см, как это рекомендовано САИМЭ (А. С. Садыков, 1975). Надо особое внимание обратить на семеноводство хлопчатника, которое зачастую нарушается в производственных условиях. Как показали опыты СоюзНИХИ, ТуркНИИЗ, Киргизской опытной станции по хлопководству (А. С. Садыков, 1975) и Избасканского энтомофитоучастка (Малинин, 1971, Мирахмедов, 1974), устойчивость хлопчатника к вилту сохраняется больше при заготовке семян со здоровых растений, выращенных на высокоплодородных полях. Без перечисленных мероприятий любой сорт не может долго противостоять натиску быстро меняющих свою природу грибов — возбудителей вилта, и теряют смысл усилия селекционеров по выведению вилтоустойчивых сортов.

Вместе с тем следует провести более глубокие исследования по сортовой специализации на уровне физиоло-

гических рас и форм возбудителя вилта, по его генетике, биохимии и физиологии. Главное внимание, на наш взгляд, нужно уделить расшифровке генетической природы, биохимической сущности устойчивости хлопчатника к вилту и внутренних физиологических и внешних причин снижения ее при многолетней бессменной культуре, изучению процессов оплодотворения, доопыления, эмбрионального и постэмбрионального развития зародыша при внутривидовой и отдаленной гибридизации. Целесообразно усилить исследования по созданию устойчивых сортов к различным расам вертициллезного и фузариозного грибов с применением ионизирующей радиации и химических мутагенов, по выявлению новых доноров устойчивости к разнообразным формам вилта и другим болезням среди диких и полудиких форм хлопчатника. С целью создания сортов с высоким качеством волокна необходимо начать сложную гибридизацию между различными видами хлопчатника (*G. hirsutum*, *G. barbadense*, *G. herbaceum*, *G. arboreum* и др.).

Для ускорения селекционного процесса на вилтоустойчивость большое значение имеет разработка экспресс-методов определения вилтоустойчивости исходного материала в ювенильном возрасте. В настоящее время этот вопрос разрабатывается в ряде научно-исследовательских учреждений Узбекистана, и в этом направлении уже имеются некоторые достижения. Например, в НИИССХ МСХ СССР Ю. Икрамов и С. Бердыев (1976), изучая действие температурного фактора на вилтоустойчивость различных сортов хлопчатника в искусственных условиях на раннем этапе онтогенеза, разработали метод ранней диагностики степени устойчивости исходного материала для селекции. Сущность данного способа заключается в том, что растения в фазу семядольных и трех-четырёх настоящих листьев выращивают в специальной камере, в сосудах или ящиках на зараженных инфекцией возбудителя болезни фонах при влажности почвы 75—80% от полной влагоемкости, искусственном освещении с интенсивностью 4500—4000 люкс и постоянной температуре 27—29°C; через 20—25 дней делают учет больших вилтом кустов и отбирают наиболее устойчивые формы для дальнейшей селекционной работы. Этот метод довольно прост и поэтому следовало бы более широко испытать его с привлечением большого набора

образцов хлопчатника и при получении положительных результатов активно внедрять в селекционную практику.

Помимо изложенного, актуальным является также выяснение механизмов адаптации возбудителей вилта к хозяину-растению и взаимоотношения между ними и сопутствующими организмами, с одной стороны, между паразитом и его антагонистами, а также другими почвенными макро- и микроорганизмами, с другой, изучение влияния экологических и агротехнических условий на эти взаимодействия, т. е. необходимо изучить саморегуляцию почвенных биоценозов. Специальному всестороннему, в первую очередь генетическому, исследованию подлежат вопросы, связанные с применением ядохимикатов в хлопководстве.

Эти исследования, безусловно, способствуют разработке новых эффективных методов сохранения и повышения вилтоустойчивости хлопчатника, быстрых нетрудоемких способов ее определения и биологических и агротехнических мер борьбы с вилтом.

#### КОРНЕВАЯ ГНИЛЬ, ГОММОЗ И ДРУГИЕ БОЛЕЗНИ И ВРЕДИТЕЛИ ХЛОПЧАТНИКА

Кроме вилта, большой урон хлопководству наносят также целый ряд иных болезней растений, коробочек и волокна, а также различные вредители, особенно паутинный клещ и тля. Приводим краткое описание наиболее злостных или потенциально опасных, с нашей точки зрения, болезней и вредителей.

**Корневая гниль** — инфекционное заболевание, в основном молодых растений, возбудителем которого является комплекс микроорганизмов. При пониженных температурах и избыточной влажности почвы корневую гниль вызывают грибы, относящиеся к роду *Fusarium*, *Pythium*, *Thielaviopsis*, а при более высоких температурах главным образом *Rhizoctonia* (Головин, 1953). На юге Узбекистана, в Туркмении и Таджикистане довольно широко распространена черная корневая гниль, поражающая тонковолокнистый хлопчатник. Она в отличие

от других форм болезни проявляется в фазу всходов и созревания (Расулев, Кравцева, 1971; Гошаев и др. 1972).

Массовому заболеванию растений корневой гнилью способствуют условия, задерживающие прорастание семян, появление всходов, развитие корневой системы и надземной части (например, обильные дожди, сопровождающиеся понижением температуры, плохая планировка полей, образование корки). Правильный севооборот, зяблевая вспашка с одновременным внесением навоза и минеральных удобрений, ранневесеннее боронование, хорошая планировка полей, внесение различных органических отходов (например, лигнина), мульчирование почвы, своевременное разрыхление корки улучшают физико-химические и биологические свойства почвы, способствуют дружному появлению всходов, развитию корневой системы и резко снижают заболевание хлопчатника корневой гнилью.

Ранее против корневой гнили семена перед севом обрабатывали сернистым аммонием, препаратами НИИИФ-2 и ТМТД (тетраметилтиурамсульфид). В настоящее время для этой цели рекомендуется более эффективный комбинированный препарат фентиурам, состоящий из ТМТД, ТХФМ (трихлорфенолят меди), гамма-изомера гексахлорана, сульфитно-спиртовой барды, каолина и азросили), высеваются сравнительно устойчивые к черной корневой гнили сорта тонковолокнистого хлопчатника (С-6030 и др.)

Гоммоз — болезнь как молодых, так и взрослых растений. Им поражаются семядольные и настоящие листья, стебли, коробочки.

В 1969—1970 гг. в отдельных хозяйствах Узбекистана было отмечено до 70% пораженных всходов.

При поражении гоммозом на листьях и коробочках образуются маслянистые темно-зеленые, затем бурые пятна, задерживаются рост и развитие растений, иногда происходит перелом у основания, реже в верхней части стебля. Возбудителем болезни является аэробная, подвижная, палочковидная неспороносная бактерия *Xanthomonas malvacearum* величиной  $1,1-2,3 \times 0,3-0,9$  микрон (Головин, 1953). Она гетерогенна (неоднородна). В последние годы из пораженных семядольных листьев хлопчатника сорта 108-Ф выделено 15 штаммов *X. malvacearum*.

гип, из которых более подробно изучено шесть (Саттарова, 1973).

Эти штаммы различаются между собой по вирулентности, характеру поражения хлопчатника и некоторым физиологическим свойствам. Например, все шесть штаммов выделяют сероводород, а два из них способны также восстанавливать нитраты ( $-\text{NO}_3$ ) до нитритов. Клетки изученных штаммов имеют сложную оболочку, ядерный аппарат (нуклеонд), капсулу, жгутики, протопласт, окруженный цитоплазматической мембраной, рибосомы и другие органеллы. Они выделяют неспецифические токсины, обладают дегидрогеназной, пектолитической и целлюлолитической активностью (напомним, что под этим подразумевается действие трех групп ферментов, из которых две последние расщепляют клеточные оболочки тканей корневой системы хлопчатника). Сильно вирулентные штаммы характеризуются четко выраженным полиморфизмом (многоформенностью) ядер и особей, высокой активностью названных ферментов, более быстрыми темпами деления клеток и способны поражать различные как старые, так и новые промышленные сорта хлопчатника (108-Ф, АН-318, «Ташкент-1»).

В сухих растительных остатках бактерия может сохраняться годами (Головин, 1953). Она в сухом виде может выдержать температуру до  $70^\circ$ , сохраняя жизнеспособность. Во влажных условиях бактерия погибает при  $50-51^\circ\text{C}$ . В наших условиях она отлично зимует на растительных остатках. Нормальной для развития бактерии является  $25-28^\circ\text{C}$  и 70%-ная влажность почвы от полной ее влагоемкости, т. е. для нее благоприятен тот же оптимум температуры и влаги, что и для хлопчатника. Основным источником инфекции считаются семена и неразложившиеся за зиму остатки стеблей, ветвей и створок коробочек хлопчатника. Следовательно, сбор семян только со здоровых растений, тщательное удаление растительных остатков и своевременное проведение зяблевой пахоты и правильная в санитарном отношении очистка семян на заводах помогут сохранить хлопчатник от гоммоза.

Но в практике в комплексе мероприятий по борьбе с гоммозом, как и при корневой гнили, основным считается все же обеззараживание семян путем их предпосевного протравливания химическими препаратами. Раньше

протравливание проводили, как правило, формалином. Сейчас с этой целью применяют 20%-ный ТХФМ. Его сочетают обычно с 50%-ным ТМТД (против загнивания семян и проростков). Некоторые авторы (Шифрина, 1971) для повышения эффективности этих препаратов против гоммоза и корневой гнили рекомендуют применять дополнительно ростовое вещество типа 4-фенил-валерьяновой кислоты путем совместного дражирования семян перед севом. В Туркмении лучшие результаты в борьбе с ними дает упомянутый комплексный препарат фентнурам.

**Мучнистая роса.** Появляется на листьях хлопчатника в виде белых налетов сначала на нижней, потом на верхней поверхности. Возбудителем этой болезни считается гриб *Levellula malvacearum* Golov. f. *Gossypii* (Zargometov). Размножается гриб с помощью конидий (белый налет), зимует на опавших листьях в форме особых плодовых тел — клейстокарпиев, внутри которых весной образуются споры в сумках. Основные меры борьбы — удаление растительных остатков и систематическое уничтожение сорных растений как возможных резерваторов инфекции, опыливание хлопчатника серными препаратами в течение вегетации.

**Скручивание листьев.** Инфекционное заболевание, наблюдается с момента бутонизации. Молодые листья больных растений по краям гофрированы, имеют хлоротичность, черешки и ветви становятся красными, нередко с фиолетовым оттенком. Старые листья скручены, без хлоротичности. Поверхность листьев, черешков и ветвей покрыта клейковидным веществом, стебель искривлен в верхней части. Возбудителем болезни является специальный вирус, который может переноситься с больного на здоровое растение и заражать его с помощью тлей. Кроме хлопчатника, поражает и отдельные дикорастущие мальвовые *Malva* sp., *Hibiscus esculentus*, *Hibiscus cannabinus*, *sida spinosa* и др. Не все виды хлопчатника одинаково поражаются вирусом. *Gossypium hirsutum* в полевых условиях практически не более, а *Gos. herbaceum* (гуза) и *Gos. arboreum* высокоустойчивы к вирусу. Восприимчивы к нему сорта тонковолокнистого хлопчатника (*G. barbadense*). Заболевание носит очаговый характер. Потери урожая иногда достигают 90% и выше. Резервацией инфекции считаются ткани местных много-

летних сорняков и дикорастущих растений. Основной метод борьбы с вирусом — уничтожение сорных растений и насекомых (тлей и др.), замена восприимчивых сортов устойчивыми, ранние посевы, внесение фосфорных удобрений.

**Пятнистость листьев.** Вызывается различными грибами и бактериями (*Ascochyta Gossypii*, *Phyllosticta Gossypii*, *Ph. malkoffii*, *Ramularia areolata*, *Bacterium lohnsii* и др.). Болезнь непаразитарного характера и в настоящее время большого практического значения не имеет.

**Макроспориоз и альтернариоз** поражают семядольные и настоящие листья, прицветники, коробочки и волокно. Наблюдается на разных этапах онтогенеза. Возбудителями этих болезней считаются грибы *Macrosporium* и *Alternaria*, возникают обычно при повышенной влажности воздуха и развитии тлей на хлопчатнике. Болеют и средневолокнистый и тонковолокнистый хлопчатники. От этих болезней особенно сильно страдают высокоурожайные сорта тонковолокнистого хлопчатника (С-6002, С-6022 и др.). В Туркмении потери хлопка-сырца от макроспориоза нередко достигают 6 ц/га (Гошаев и др., 1972). Вместе с тем различные сорта этого вида хлопчатника как по заболеваемости отдельных органов, так и по степени устойчивости к макроспориозу и альтернариозу довольно резко отличаются друг от друга (Расулев, Джамалов, 1971).

Основные меры борьбы с макроспориозом и альтернариозом — уничтожение тлей, а также предпосевное протравливание семян препаратами ТХФМ, ТМТД, фентиурам и опрыскивание растений 1%-ной бордосской жидкостью, 0,7—1%-ной суспензией цинеба или хлорокиси меди, 1%-ной суспензией динитророданбензола. В последние годы в южных районах Узбекистана с целью повышения эффективности увеличена доза цинеба до 1,5%-ной суспензии (Расулев, Джамалов, 1971).

**Болезни коробочек** многообразны и вызываются различными микроорганизмами. А. А. Ячевский делит их на четыре группы (Головин, 1953): сплошное поражение коробочек, которые слабо раскрываются или вовсе не раскрываются; внутреннее поражение коробочек и хлопка-сырца, которые внешне вполне нормальные; поражение отдельных долек, волокно которых остается нерас-

пушенным, и поражение распустившегося волокна. К первой группе относятся розовая гниль (возбудитель гриб *Trichothecium roseum*), серая гниль (возбудитель гриб *Botrytis cinerea*), фузариоз (вызывается грибами *Fusarium udum*, *F. en oxysporum* и др.), склероциальная гниль (*Sclerotium Cossypii*) и гоммоз коробочек. Ко второй группе относятся аспергиллез (возбудитель *Aspergillus niger* var. Tieg) и мукороз коробочек (вызывает гриб *Rhizopus nigricans*) и пеннистая клейкость волокна или клейкий бактериоз (возникает при действии различных бактерий и люцернового клопа, а затем при окончательном загнивании семян и волокна участвуют многие грибы).

Поражение отдельных долек волокна в коробочках (третья группа) происходит многими грибами и разделяется на следующие типы болезни: 1) макроспориоз возникает при развитии грибов *Macrosporium*, *Alternaria* и *Cladosporium*, при этом волокно имеет черно-оливковую окраску; 2) нигроспориоз вызывается грибом *Nigrospora Gossypii*, при этом волокно имеет сероватую окраску и как бы посыпано мелким черным порошком; 3) пенициллиоз — возбудители многие виды гриба *Penicillium*, а в отдельных случаях описанный выше *Verticillium dahliae*. Симптомы болезни — волокно поврежденных долек имеет сероватую, серо-зеленую, серовато-голубую или желтую окраску.

Поражение распустившегося волокна (четвертая группа) осуществляется широкой и связано с развитием осенних тлей на хлопчатнике (Головин, 1953). Эти насекомые выделяют на листьях и стеблях клейкие жидкости, богатые сахарами и другими питательными веществами, которые стекают на волокно. Затем на этих выделениях появляются различные сапрофитные грибы (*Cladosporium*, *Macrosporium* и др.).

Массовое заболевание коробочек и загнивание семян и волокна наблюдается обычно при повышенной влажности и чрезмерно загущенных посевах, особенно при полегании кустов. Этому способствует также, как отмечено выше, повреждение хлопчатника насекомыми (коробочным червем, люцерновым клопом, тлями и др.). Поэтому необходимо иметь нормальную густоту стояния растений, не допускать полегания кустов, вести борьбу с вредителями, проводить своевременную уборку урожая

и тщательно просушивать сырец и хранить его в хорошо проветриваемых сухих помещениях.

Вместе с тем следует отметить, что некоторые из перечисленных болезней хлопчатника и коробочек (например, мучнистая роса, скручивание листьев, пятнистость листьев и др.) в настоящее время большого распространения не получили. Поэтому им не уделяют должного внимания. Однако в будущем при возникновении определенных ситуаций, благоприятных для развития возбудителей этих болезней, они могут представлять большую опасность и принести огромный ущерб хлопководству и сельскому хозяйству в целом, что имело место, как мы уже знаем из горького опыта с вилтом хлопчатника. Вот почему уже сегодня нужно развернуть глубокие исследования в области биологии (в первую очередь, по генетике, биохимии и физиологии) и экологии возбудителей этих болезней, по их полной инвентаризации, по изучению влияния на них различных агротехнических приемов и климатических условий и на этой основе разработать эффективные, прежде всего биологические методы борьбы с ними.

**Паутинный клещ**<sup>1</sup> — наиболее злостный вредитель хлопчатника, величиной 0,3—0,6 мм, повреждает около 250 видов растений. Оплодотворение самок происходит осенью. После перезимовки, при среднесуточной температуре 7—8°C они начинают откладывать шаровидные яйца. Ранней весной клещ развивается на сорняках и листочках шелковицы, с появлением всходов хлопчатника переходит на его листья, высасывая сок. При этом на верхней стороне листа появляются багрово-красные пятна. Затем лист буреет и опадает. Клещ за сезон дает 12—20 поколений. Продолжительность развития паутинного клеща ранней весной — 25—30 дней, в мае — 15—20 и летом — 8—12 дней.

**Тли.** Хлопчатник повреждается различными видами: бахчевой, люцерновой (акациевой), большой хлопковой, корневой хлопковой, персиковой, бородавчатой и тлей Плотникова. Они различаются между собой размером, окраской и биологией развития.

---

<sup>1</sup> Описание сосущих вредителей дано в основном по З. К. Адылову и Ш. Т. Ходжаеву (1969).

Например, бахчевая тля длиной до 2 мм в условиях Средней Азии размножается только партенокарпическим (девственным) путем (женская половая клетка развивается в плод без оплодотворения). Плодовитость 25—150 личинок, за сезон дает до 26 поколений. Период развития каждого поколения в зависимости от условий — от 5 до 20 дней.

Люцерновая (акациевая) тля, 1,3—2,1 мм в длину, размножается двояко: осенью появляются формы, рождающие самцов и самок, последние оплодотворяются и откладывают яйца, на которых рано весной отрождаются живые личинки, превращающиеся затем в девственницы и образующие колонии насекомого на различных растениях. Плодовитость самок большая — 60—70 личинок; за сезон вредитель дает 15—20 поколений.

Большая хлопковая тля длиной 3,5—4,5 мм, в летнее время размножается также бесполовым путем, осенью дает одно половое поколение, которое откладывает зимующие яйца.

Тли заселяют хлопчатник на протяжении всей вегетации. Благодаря способности к быстрому размножению путем живорождения они за короткий срок образуют большие колонии, причиняя большой ущерб хлопчатнику. Осенью они, как уже отмечалось выше, своими сахаристыми выделениями способствуют развитию на волокне особых грибов, вызывающих ухудшение его качества, а нередко полное загнивание хлопка-сырца.

В условиях Арабской Республики Египет отмечена прямая связь между количеством внесенного азота и частотой полива и степенью заражения тонковолокнистого хлопчатника (сорт Гиза-67) тлей. Увеличение количества вносимого азота и частые поливы способствовали более быстрому и массовому размножению хлопковой тли. Именно при орошении через каждые десять дней и внесении 142,8 кг/га азота происходило более сильное заражение хлопчатника тлей, чем при поливе с интервалом 20 дней и дозе азота 71,4 кг/га (Кулаков, 1975).

Кроме перечисленных форм, имеются еще более 100 видов и подвидов корневых тлей, различающихся по биологии размножения, экологии, физиолого-биохимическим особенностям и источникам существования. Они живут на корнях злаковых, сложноцветных, зонтичных, различных травянистых и древесно-кустарниковых ра-

стений (Кан, 1974). Эти тли в настоящее время особой опасности для хлопчатника не представляют, и мы их здесь рассматривать не будем. О них упоминалось лишь потому, что в будущем в результате мутации, отбора и физиологической адаптации могут появиться такие формы этих тлей, которые будут паразитировать на корнях хлопчатника и принесут ему ущерб.

**Табачный трипс** широко распространен, развивается на хлопчатнике и многих других растениях. Насекомое длиной около 1 мм имеет светло-желтую окраску, две пары крыльев. Самка живет примерно месяц, откладывая за это время до 100 яиц в ткани листа растений. Зимует взрослый трипс, реже личинки, как правило, под растительными остатками. Насекомое приносит особенно большой вред в начале вегетации хлопчатника, но может жить на нем до осени, давая за сезон десять и более поколений.

**Люцерновый клоп.** Распространен во всех хлопкосеющих зонах Средней Азии, особенно ощутимый вред хлопчатнику приносит в Хорезме. Насекомое величиной 7—9 мм, с желтовато- или буровато-зеленой окраской и двумя черными точками на спине, появляется на хлопчатнике в массовой форме в период плодообразования и повреждает завязи и молодые коробочки, вызывая вытекание камеди, что способствует развитию особых, рассмотренных выше болезнетворных грибов. В результате коробочки преждевременно растрескиваются, снижается выход хлопка-сырца, увеличивается процент улючных (мертвых) и щуплых семян. Основные меры борьбы: весной проводят обработку шелковицы (не менее трех раз) и обочины дорог, края поля для уничтожения сорных растений 4—6%-ным раствором нитрафена и 2%-ным раствором 50%-ного октаметила. Обработку хлопковых плантаций против паутинного клеща и тлей раньше проводили обычно меркаптофосом, сейчас — метилмеркаптофосом (1—2 кг/га), рогором (1—2 кг/га), кильвалем (1,5—2 кг/га), антио (1,5—2 кг/га), октаметиленом (2—2,5 кг/га) и нитратионом (0,6—1,2 кг/га). Вблизи селений посеы обрабатывают контактными препаратами: хлорофосом, трихлорметафосом-3, карбофосом и кельтаном (3 кг/га) в сочетании их с эфирсульфонатом или тедионом (5 кг/га). Однако замечено, что в результате обработок хлопковых полей химическими пре-

паратами в течение ряда лет появляются высокоустойчивые к ним формы (Манина, 1971; Дерябин, 1971 и др.). Поэтому число обработок ими полей с каждым годом растет. В частности, ранее число обработок метилмеркаптофосом против паутинного клеща за сезон не превышало двух-трех раз, а сейчас достигло семи-восьми раз.

В связи с этим против высокоустойчивого клеща рекомендуется обработка мельбексом (2 кг/га), кельтаном (3 кг/га), акрексом (2 кг/га) или коллоидальной серой (Адылов, Ходжаев, 1969).

**Озимая совка.** (*Agrotis segetum* Schiff.)— Один из наиболее опасных вредителей тонковолокнистого хлопчатника (Намазов, 1971). На юге Узбекистана за год дает три-четыре поколения. Зимуют гусеницы старших возрастов в почве. Весной вылет бабочек происходит при 16—20°C и влажности воздуха 51—57% (вторая-третья декада апреля). Плодовитость бабочек—600 (третье поколение)—1150 (четвертое поколение) яиц.

В борьбе с этим вредителем ранее применяли препарат ДДТ, сейчас для этой цели рекомендуется при севе хлопчатника вносить в почву 4%-ный гамма-изомер гексахлорана (50 кг/га) и 10%-ный безудин (20 кг/га) в почву.

**Хлопковая совка** (*Heliothis obsoleta*)— опасный вредитель средневолокнистых и тонковолокнистых сортов хлопчатника. Дает много поколений, первое из них развивается на сорняках. Гусеницы очень прожорливы, питаются бутонами, цветами, завязями и семенами. Одна гусеница повреждает более десяти бутонов и молодых коробочек хлопчатника. Хлопковая совка вызывает также вторичное поражение початков кукурузы плесневыми грибами (фузариоз). В природе хлопковую совку уничтожает жук дрофа-вихляй (Бей-Биенко, 1972).

Установлено, что вредоносность хлопковой совки на хлопчатнике меняется в разных поколениях в зависимости от агроклиматических условий. Так, ее первое поколение представляет угрозу для урожая в основном в Азербайджане, а вторая генерация наиболее опасна в Таджикистане и Туркмении. Третье поколение совки редко достигает угрожающей численности (Танский и др., 1975). Меры борьбы с хлопковой совкой: уничтожение сорняков и химическая обработка хлопчатника.

Кроме описанных вредителей, хлопководству приносят огромный ущерб карадрины, хлопковая цикадка, хлопковые долгоносики, коробочный червь, нематоды и др. Основные пути борьбы с ними — различного рода химические препараты, среди которых ведущая роль принадлежит фосфорорганическим соединениям.

Анализ потока информации и ознакомление с состоянием мер борьбы с описанными выше болезнями и вредителями на местах показывают, что в настоящее время все еще главным средством против них являются различные высокотоксичные химические соединения, которые применяются в хлопководстве во всевозрастающем количестве. Вместе с тем эффективность химических препаратов против болезней (корневой гнили, гоммоза и др.) и особо опасных вредителей хлопчатника — паутинного клещика, тлей и других, как уже вскользь отмечалось, из года в год падает, соответственно растут частота обработок и их концентрация, что объясняется появлением все более устойчивых к ним форм патогенов и насекомых в результате мутации и физиологической адаптации. Возникновение различных устойчивых болезнетворных грибов к фунгицидам и вредных насекомых к инсектицидам отмечается и в зарубежных странах (Скачкова, 1973; Кулаков, 1975 и др.). Например, в Северной Америке за последние 50 лет более 50 видов насекомых приобрели устойчивость к действию химических препаратов, причем число таких видов неуклонно растет. Более того, эти вещества загрязняют атмосферу, водоемы, нередко отравляют людей, рыбу, скот и иных теплокровных животных, особенно полезных насекомых и микроорганизмов (пчел и других насекомых-опылителей растений, естественных врагов вредителей и возбудителей болезней хлопчатника и других сельхозкультур). Подсчитано, что химическая обработка посевов растений (например, пшеницы) может снизить численность энтомофагов (животных, истребляющих вредных насекомых) в три-восемь, иногда и в 18 раз. В результате этого в экологических системах могут тормозиться или вовсе выключаться регулирующие механизмы и возникать благоприятные условия для неограниченного размножения вредителей, что уже не раз имело место во всем мире с вредоносными растениеядными тетраниховыми клещами, некоторыми видами червецов (Бей-Биен-

ко, 1972) и другими вредителями. Например, на хлопковых плантациях в долине Сан-Хоакин (США, штат Калифорния) после обработки растений пестицидами в начале сезона против одного вредителя (род *Lygus*) в конце вегетации непомерно размножается другой, более опасный вредитель хлопчатника — коробочный червь (*Heliothis*), что объясняется гибелью всех его естественных врагов. Химические яды могут также привести к нарушению эволюционно сложившейся взаимосвязи не только между полезными и вредными насекомыми, но и между различными макро- и микроорганизмами в природе, т. е. в биоценозе в целом. Приведем один конкретный пример. В США в 1958 г. были применены против огненного муравья диэldrин и гептахлор на площади 1 млн. акров (более 0,5 млн. га). Даже спустя девять месяцев после обработки не рождалось ни одного живого поросенка. На одной ферме погибло 19 коров. Но проверка, проведенная через два года, показала, что вредитель (огненный муравей) распространился на значительно большую площадь, нежели до обработки полей указанными ядохимикатами (Иноземцев, Ковалева, 1971).

На XVII Генеральной Ассамблее Международного Союза биологических наук (МСБН), состоявшейся в октябре 1970 г. в Вашингтоне, один из ведущих ученых США В. Ф. Котэн заявил, что за последние 70 лет резко изменился характер смертельно опасных болезней у людей. В настоящее время бактериальные возбудители болезней практически побеждены, а основными патогенами стали химические и физические (прежде всего, ионизирующая радиация) факторы, вызывающие злокачественные опухоли, нервные и сердечно-сосудистые заболевания (Иноземцев, Ковалева, 1971).

В США экспериментально установлено (Скачкова, 1974), что во внутренние органы человека пестициды (ядохимикаты) поступают в основном через кожу и их большая часть аккумулируется в половых органах (иногда до 100%) и ушных каналах (до 47%). В ФРГ показано, что каждый житель этой страны ежегодно вместе с растительной и животной пищей принимает определенное количество пестицидов — ДДТ, линдана, гептахлора, альдрина, мелатиона, дитиокарбаматов (Кулакова, 1973). В 1973 г. в Канаде в среднем один человек

потреблял в сутки с продуктами питания растительного и животного происхождения 18 мг хлорорганических (ДДТ, дильдрин и др.) и 1 мг фосфорорганических инсектицидов (Фокина, 1975). В США выяснено, что такие широко применяемые в растениеводстве пестициды, как хлордан и гептахлор, вызывают образование у подопытных животных (мышей) злокачественных опухолей. Они обнаружены в продуктах питания, жировых тканях человека и материнском молоке. Поэтому в 1975 г. запрещено производство и применение этих пестицидов (Science News 1975, v. 108, № 6, p. 87). Пестициды обычно довольно долго не расщепляются и, накапливаясь во внутренних органах птиц и рыб, могут широко распространяться в биосфере. В частности, в печени, почках, легких и других органах пингвинов, живущих в Антарктиде, найдены гексахлоран и ДДТ, в тканях арктических белых медведей, гольца и тюленей обнаружены полихлорбифенилы и ДДЕ (Фокина, 1973 и др.). Поскольку многие из них обладают канцерогенным и мутагенным действием, то они могут вызвать появление злокачественных новообразований (раков) и различных наследственных аномалий в ближайшем или отдаленном поколениях людей, животных и растений. Поэтому химические препараты в растениеводстве, в том числе и в хлопководстве, надо использовать с большой осторожностью.

Коммунистическая партия и Советское правительство уделяют этому вопросу особое внимание. Верховным Советом СССР принят специальный Закон об охране окружающей среды. XXV съезд КПСС поставил перед советской наукой как одну из важнейших задач разработку способов охраны природы. Принимаются меры по предотвращению загрязнения водоемов и рек отходами промышленности. Многие заводы и фабрики уже сейчас работают по замкнутой схеме, создаются системы автоматического дозирования нейтрализаторов для очистки сточных вод, которыми без участия человека постоянно контролируется концентрация последних, обеспечивая полную очистку отходов производства (Даниловский, 1976).

В США, ФРГ, Японии, Канаде и некоторых других зарубежных странах также приняты специальные правительственные меры, ограничивающие использование химических средств защиты растений.

В последние годы как у нас в Советском Союзе, так и за рубежом (особенно в США) во многих научно-исследовательских учреждениях проводятся широкие и разносторонние исследования по разработке биологических методов защиты растений от болезней и вредителей, по изысканию безвредных для окружающей среды физических, биохимических и химических средств борьбы с ними и рациональному использованию их в производстве.

Биологическая борьба с вредными насекомыми основана на использовании их естественных врагов — хищников (энтомофагов), направленном нарушении жизненного цикла или изменении природы вредителей путем применения гормонов полезных насекомых, их половых аттрактантов (феромонов), стерилизации и т. д. Однако масштабы этих исследований в хлопкосеющих республиках Союза, особенно на его основной хлопковой базе — в Узбекистане, еще недостаточны и проводятся они не на должном уровне.

Работы по разработке этой проблемы проводятся в Институте зоологии и паразитологии Академии наук УзССР и Научно-исследовательском институте защиты растений (НИИЗР) МСХ СССР, Среднеазиатском институте лесоводства, в учреждениях Госкомиссии по карантину растений и некоторых других организациях. Но уже сегодня достигнуты определенные успехи, свидетельствующие о перспективности исследований в данном направлении. Так, Научно-исследовательским институтом защиты растений МСХ СССР разработаны биологические методы борьбы с карантинным вредителем — червцем Комстока, яблонной молью, хлопковой и подгрызающими совками и сорняком-заразихой.

В настоящее время в республике при всех областных станциях защиты растений и в ряде колхозов и совхозов с помощью Управления защиты растений МСХ УзССР созданы специальные биологические лаборатории (их уже более 50), в которых разводят ряд видов энтомофагов (яйцеед трихограмма, габробракон, афелинус, златоглазка обыкновенная, псевдофикус и др.) против вредителей сельскохозяйственных культур и внедряют их в производство.

Применение трихограммы на хлопковых плантациях против яиц хлопковой и малой наземной (карадрины) совки и габробракона и апантелеса в борьбе с гусеницами

первого вредителя, а также хищного клеща фитосейулюса против паутинного клеща с каждым годом заметно расширяется (Кремянец и др., 1975). Внедряются также микробиологические препараты: энтобактерин и дендробациллин против грызущих вредителей хлопчатника (хлопковой совки), овощных и плодовых культур и бактероденцид в борьбе с мышевидными грызунами (Скачкова, 1974, 1975; А. Нагайбеков, 1975).

Из новых микробных средств биотоксибациллин и экзотоксин обеспечивают 80—100% гибель гусениц различных совок, паутинного клеща, тлей, личинок и жуков фитонюмуса, саранчовых и других вредителей. В борьбе с хлопковой совкой лучшие результаты показывает комбинированный биологический метод воздействия: однократный выпуск трихограммы в период яйцекладки вредителя и последующая обработка микробными препаратами. Особое внимание уделяется защите гусениц тутового шелкопряда от вредного действия биопрепаратов в момент обработки полей (Кремянец и др., 1975).

Важно, что биологический метод, как показали подсчеты, экономически более выгоден, чем химический. Например, применение яйцеда-трихограммы против хлопковой совки в условиях Узбекистана дает экономию 5—8 руб. с каждого гектара посевной площади хлопчатника (Скачкова, 1975).

Таджикским научно-исследовательским институтом земледелия совместно с Институтом зоологии и паразитологии АН Таджикской ССР разработан интегрированный метод применения инсектицидов против озимой совки и паутинного клеща, который дает возможность сократить в три раза число обработок посевов хлопчатника и норму, а также вдвое уменьшить расход препаратов на гектар. Такое ограничение химических обработок способствует накоплению полезных насекомых — энтомофагов (златоглазки, кокцинеллиды, жука стеторуса, дрофы-выхляя и др.) и повышению их эффективности в борьбе с вредителями. Этот метод в настоящее время внедряется в производство (Коганова, Чернин, 1974).

Значительная работа по изысканию естественных врагов вредных насекомых проведена в Туркмении (Даричев, 1973). Установлено, что в Тедженском оазисе определенную роль в ограничении размножения вредителей хлопчатника играют наездники: *Nabrobracon he-*

betor, *Rogas testaceus*, *Rogas pellucens*, *Chelonus oculator* (против хлопковой, озимой совок и карадрины). Наибольший эффект в снижении численности гусениц карадрины и подгрызающих совок дали виды бруконид: *Rogas pellucens* и *Macroceutrus collaris*.

В Индии потери хлопка от вредителей составляют до 70% урожая. Поэтому вопросам защиты хлопчатника, особенно разработке биологических методов борьбы с ними придается особое значение (Исаева, 1973).

В ряде районов определен видовой состав энтомофагов вредителей хлопчатника. Обширный набор энтомофагов (около 20 видов для каждого вредителя) выявлен у розового червя, шиповатого червя, у хлопковой тли. У цикадок найден только один вид златоглазки, один вид паука и несколько видов кокциеллид. Проводится работа по отбору устойчивых к инсектицидам форм энтомофагов, найдено 12 эффективных видов энтомофага трихограммы (*Tr. australicum*).

В США составлена обширная программа исследований биологических и интегрированных способов борьбы с вредителями, наносящими значительный ущерб сельскохозяйственным культурам и древесным породам. Для снижения количества пестицидов в борьбе с вредителями хлопчатника и других растений применяют различные способы: биологические, биохимические (гормоны, половые аттрактанты энтомофагов), агротехнические, физические и др. (Исаева, 1972, 1975; Воронина, 1972; Евдокимова, 1972; Скачкова, 1973; Покровская, 1973). Положительные результаты получены при использовании златоглазки и паразитирующих ос против хлопковой совки и коробочного червя. Перспективным оказалось также применение бактериальных и вирусных препаратов в борьбе с рядом вредителей хлопчатника (Исаева, 1972). Проводится стерилизация самцов и самок хлопковых долгоносиков (*Anthonomus grandis*) и розового коробочного червя при помощи специального диетического питания, содержащего бисульфат (0,2%) и метотрекс. Этот прием иногда сочетают с облучением насекомых низкими дозами гамма-лучей. Стерилизация насекомых предотвращает их естественное размножение и миграцию в другие районы (Скачкова, 1973).

В Мексике сейчас функционируют 15 биологических лабораторий, занимающихся разведением и выпуском на посевы хлоп-

чатника, кукурузы, сои, сорго, кунжута, сахарного тростника и овощных культур естественных врагов (энтомофагов) вредных организмов, в основном яйцеда-трихограммы и хищника-златоглазки. Производительность лабораторий по размножению энтомофагов довольно высокая, в частности 15—40 млн. особей трихограммы в сутки. В настоящее время трихограмма применяется на площади примерно 1 млн. га. Ежегодный выпуск златоглазки на поля (по расчетам 1974 г.) составляет около 6 млн. особей. Показано, что в уменьшении численности вредных насекомых важную роль играют как местные (мексиканские), так и завезенные из соседних стран энтомофаги (Исаева, 1976 б).

В США и других странах немалый ущерб сельхозкультурам приносят саранчи. В природе саранчей истребляют богомолы и птицы. Однако некоторые виды богомолов поедают и отдельных полезных насекомых (пчел, наездников и др.). Поэтому, прежде чем размножить богомолов для борьбы с саранчами, нужно провести полную инвентаризацию их видов и разновидностей, глубоко изучить биологические особенности и условия местобитания их и на этой основе отобрать безвредные в отношении к полезным организмам формы и рекомендовать для разведения. В связи с этим в США против саранчей в настоящее время изыскивают и другие, менее вредные для окружающей среды средства. В частности, против саранчи пустынной (*Schistocerca gregaria*) и нематод эффективным было биологическое вещество азидирактин, получаемый из семян или листьев декоративного дерева мелии *Azadirachta indica* (Евдокимова, 1972). Недавно синтезирован новый препарат пиретроид Ниагара IA-83297 (метилфеноксibenзилцис, транс-3—2,2—диметилциклопропан—карбоксилат), менее токсичный для млекопитающих, высокоэффективный против хлопковой совки, коробочного червя и хлопкового долгоносика (Скачкова, 1975).

Крупные успехи достигнуты в США в разработке искусственных половых аттрактантов (феромонов) и приемов использования добавок к этим веществам, которые ингибируют ответную реакцию насекомого, предотвращая тем самым спаривание. Хорошие результаты дают гормональные препараты ввиду их высокой биологической активности, специфичности действия и низкой ток-

сичности для позвоночных. Среди них особенно перспективным был гормон линьки экзидон (Исаева, 1972). В борьбе со многими вредителями чрезвычайно эффективными оказались синтетические гормоны (метилendioксисбензиловые, метилendioксифениловые простые эфиры терпеноидных соединений). Они нетоксичны для человека и полезных насекомых, а вредители не адаптируются к ним (Воронина, 1972). В США большое внимание уделяют также быстрому прогнозированию болезней и вредителей с применением ЭВМ (Миняева, 1973). Например, специалисты университета штата Арканзас с целью интегрированной борьбы с хлопковой совкой (*Heliothis zea*) разработали модель краткосрочного прогноза появления и вредоносности этого вредителя (на пять дней после обследования полей). Она основана на результатах текущих подсчетов яиц и личинок совки и данных предшествующих учетов ее численности, включает температуру воздуха в момент обследования, прогноз ее на последующие пять дней, фактический материал о биологии развития совки (функциональной зависимости степени роста личинок от температуры, связи между их возрастом и количеством съедаемой ими пищи и т. д.). Анализ предшествующих данных численности яиц совки, различия между текущими и предшествующими результатами учета позволяют судить об интенсивности яйцекладки и предсказать ее возможную активность на прогнозируемый период. Эти данные закладываются в память ЭВМ и служат основанием для прогноза численности и вредоносности хлопковой совки. В настоящее время модель испытывается в производстве (Егураздова, 1976). Сейчас в США разработана также интегрированная система мероприятий по полному уничтожению хлопкового долгоносика, приносящего наиболее сильный ущерб хлопководству (Исаева, 1975):

- 1) осенью проводятся обработки инсектицидами (ядами), в результате сокращается число перезимовавших особей этого жука;

- 2) весной следующего года для отлова на полях до сева хлопчатника размещаются ловушки с половым аттрактантом;

- 3) до массового сева хлопчатника засеваются приманочные участки, которые после появления насекомого обрабатываются инсектицидами;

4) в течение вегетации ведется систематическая борьба с вредителями;

5) после достижения низкой численности популяции хлопкового долгоносика выпускаются его стерилизованные особи. Допускается, что уничтожение этого вредителя приведет к сокращению на  $\frac{1}{3}$  количества применяемых в этой стране инсектицидов и снижению затрат на производство хлопка на 120—400 долл/га.

В настоящее время в Советском Союзе, Японии, Болгарии, Франции, Польше, Англии, Италии, Швеции, Швейцарии, ФРГ, Канаде, на Кубе и в других странах также проводятся большие работы по разработке интегрированных методов борьбы с вредителями, болезнями, их диагностики и механизации разведения полезных насекомых и микроорганизмов (энтомопатогенных вирусов, бактерий, грибов, микроспоридий нематод), по изысканию избирательно действующих и малотоксичных для антагонистов пестицидов, по применению биохимических препаратов (ювинильных гормонов, антибиотиков, половых аттрактантов) и их синтетических аналогов. Уже синтезированы половые аттрактанты (феромоны) более 100 видов насекомых, в том числе таких опасных вредителей, как розовый коробочный червь (хлопковая моль), непарный шелкопряд и другие и налаживается их промышленное производство. Делаются попытки по лучевой и хемотрепидации (этиленемии) вредных насекомых и использованию их в производстве (Скачкова, 1973; Ларченко, Запевалова, 1973; Новожилов, Шумаков, 1973; Кулаков, 1975; Исаева, 1972, 1973; 1974 а, б, 1975 а, б; Егураздова, 1975; Ольховская-Буркова, Ерин, 1973 и др.). Установлено, что энтомопатогенные вирусы (ФРГ) и бактерии (Япония) обладают высокой избирательностью, поражают только определенных вредителей и не поражают людей, животных и близкие виды насекомых (Исаева, 1972, 1975 б). Причем использование микробиологических препаратов против вредителей экономически более выгодно, чем химических.

Во Всесоюзном институте защиты растений (ВИЗР) разрабатываются условия и созданы «фабрики» для разведения яйцеда зерновой моли трихограммы, златоглазки и божьей коровки, личинки которых уничтожают паутиных клещей и тлей (С. В. Андреев). Они очень прожорливы. Например, в Самаркандской области при среднесу-

точной температуре 25—30° одна личинка златоглазки обыкновенной за сутки поедает около 300 яиц и взрослых особей паутинного клеща. В среднем за период развития личинка златоглазки уничтожает более 1100 паутинных клещей или более 300 особей бахчевой тли (Юзбашьян, 1971). Против тлей также разводится божья коровка, личинка которой за сезон ликвидирует более 1000 особей вредителя.

Как показывают расчеты, при правильном подходе затраты на производство и применение энтомофагов против вредителей сельхозкультур почти в 20 раз меньше, чем использование химических препаратов (Ю. Н. Фадеев).

Для разработки способов интегрированной борьбы с вредителями, т. е. приемов разумного ограничения химической защиты растений от них, необходимо глубоко знать жизненный цикл, популяционную вариабельность и степень вредоносности каждого вредителя, состав и биологические особенности энтомофагов. Очень важно также разработать математические методы краткосрочного и долгосрочного прогнозирования появления вредителей с применением ЭВМ и установить объективные показатели своевременного выявления вредоносности насекомых, при которой необходимость химической обработки становится очевидной. Все это создает возможность сократить концентрацию ядохимикатов и число обработок, провести более рациональные (ленточные или краевые) обработки, определить менее опасные для полезных насекомых сроки проведения химической операции. Правда, этот вопрос довольно сложный, но уже, как мы видели выше, имеются определенные успехи и у нас, в хлопкосеющих республиках.

Добавим, что тщательное изучение биологии и вредоносности хлопковой совки *Heliothis obsoleta* Ft. позволило изменить методы борьбы с ней и повысить урожайность хлопчатника на 20% (Бей-Биенко, 1972). Большую помощь в разработке интегрированных приемов борьбы с вредителями оказывают агротехнические мероприятия и смена культур, ликвидация сорной растительности — естественных местообитаний вредных насекомых.

Например, в Казахстане борьбу с озимой совкой значительно облегчает высокая агротехника, при которой

растение-хозяин быстро растет и развивается. Успешной борьбе с этим вредителем способствуют также постоянное уничтожение сорняков в самом начале их появления, ранний сев сельхозкультур и сплошные поливы (Скачкова, 1973).

В Японии огромный ущерб однолетним и многолетним сельскохозяйственным культурам, особенно рису, приносят различные нематоды (круглые черви), снижая величину и качество урожая. Там обнаружено более 100 видов паразитических фитонематод, относящихся к родам *Meloidogyne*, *Pratelenchus*, *Heterodera*, *Tylerichulus*, *Hirschmanniella* и *Aphelenchoides*. Основными мерами борьбы с нематодами в этой стране являются севообороты и возделывание высокоустойчивых сортов растений. Против нематодов применяются также различные химические препараты (этилендибромид, ДДТ и два соединения дибромхлорпропана, этилтиоцианатацетат) путем внесения их в почву, главным образом в корнеобитаемую зону (Скачкова, 1973).

В последние годы одним из оригинальных способов использования биометода в СССР и других странах явилось совместное применение энтомофагов, биопрепаратов, полезных микроорганизмов и пестицидов. Получены положительные результаты и по совместному использованию биопрепаратов с сублетальными (несмертельными) дозами ядохимикатов в плодовом саду, на посадках картофеля и др. (Новожилов, Шумаков, 1973).

В Болгарии опрыскивание яблоневого сада бактериальным препаратом (энтобактерин) с добавлением инсектицидов (гордона, севин, фостиол) в концентрации в десять раз меньше обычной, было эффективно в борьбе с яблонной плодовой гусеницей. Хорошие результаты дало также использование энтобактерина и гордоны в сочетании с выпуском трихограммы. Совместное применение биопрепарата с инсектицидными добавками не оказывало отрицательного действия на полезную энтомофауну (Исаева, 1973). В ГДР в борьбе с гусеницами непарного шелкопряда гибель вредителей после химических (вофатокс) и бактериальных (энтобактерин и биотрол) препаратов была высокой (88%), но в первом случае смерть полезных насекомых составляла 8,9%, а во втором — только 0,8%. Бактериальные препараты обладали высокой токсичностью также по отношению к гусеницам

златогузки и низкой активностью к хищным жукам, наездникам и другим полезным насекомым (Исаева, 1972). Против мучнистой росы огурцов высокую эффективность в закрытом грунте показывает опрыскивание растений смесью антибиотиков (трихотеции, бластицинидин) и фунгицидов (морестан) в минимальных концентрациях.

В США хорошую защиту кукурузы от корневой гнили (*Fusarium roseum*) обеспечивает совместная обработка семян культурной жидкостью двух ее антагонистов (*Bacillus subtilis*, *Chaetomium globosum*) и фунгицидом-каптаном (Миняева, 1975).

На возбудителей болезней и вредителей различных растений антибиотики сами по себе тоже оказывают влияние, но степень их защиты резко меняется в зависимости от места проведения опытов, качества препарата, биологической особенности паразита и других факторов. Так, ранее в условиях Андижанской области Узбекской ССР опудривание семян 20%-ным дустом антибиотиков (гриземина и фитобактериомицина) снижало заболеваемость неустойчивого сорта хлопчатника (С—9020) гоммозом в той же степени, что и фунгицид трихлорфенолят меди (Кравченко, Пономарев, 1964).

Недавно в Индии (Нью-Дели) обработка искусственно зараженных инфекцией гоммоза семян высоковосприимчивого сорта хлопчатника Н-14 антибиотиками (стрептомицином, стрептоциклином, ауреофунгином и агромицином) против этой болезни оказалась малоэффективной (Миняева, 1973).

В Японии получен и испытан новый антибиотик тетранактин, который показал высокую инсектицидную активность против двухпятнистого паутинного клеща (*Tetranychus urticae* Koch) европейского красного клеща (*Roponychus urticae* Koch) и клещей *Tetranychus kanzawa*, *T. viennensis* и низкую токсичность по отношению к теплокровным животным (Скачкова, 1973).

Зарубежные и советские исследователи ищут и другие пути защиты сельхозкультур от болезней и вредителей — индуцирование устойчивости путем их предварительного заражения (инокуляции) авирулентными формами возбудителя или внедрением определенных веществ в организм и создание генетического барьера пу-

тем изыскания естественных доноров генов устойчивости и передачи их реципиентам — восприимчивым формам растений.

Так, опыты, проведенные в США, показали, что предварительная инокуляция побегов груши авирулентными формами микроорганизмов (*Erwinia amylovora*, *E. herbicola*, *Pseudomonas tabaci*) индуцирует у растений устойчивость к бактериальному ожогу плодов, вызываемому вирулентной формой возбудителя (*E. amylovora*). Опрыскивание листьев табака суспензией конидий непатогенного изолята гриба *Alternaria alternata* (F 646) за несколько дней до инокуляции патогенного изолята (А 5) приводило к снижению бурой пятнистости на 60% при полевых и лабораторных испытаниях, проведенных в Оксфордском университете (Егураздова, 1973). По мнению ученых Корнельского университета, путем предварительного заражения какой-либо части ткани растений вирусом, грибами и другими микроорганизмами можно индуцировать у них устойчивость к вирусным заболеваниям. После заражения растений вирусом наблюдается образование большого количества этилена, что, видимо, играет большую роль в процессе возникновения индуцированной устойчивости (Миняева, 1973).

В Индии химическую борьбу с вредителями рекомендуют сочетать с созданием сортов, обладающих такими свойствами, которые делают их менее благоприятными для перезимовки и размножения вредных насекомых. В Сурате создали уже сорт хлопчатника, имеющий короткое симподиальное ветвление, компактное расположение коробочек, что способствует эффективному использованию пестицидов и стерилизации насекомых, созданию условий для лучшего сохранения и накопления полезной энтомофауны (Скачкова, 1976).

Учеными Министерства сельского хозяйства США Д. Вильсоном и Р. Вильсоном выделены три дикорастущие формы хлопчатника, характеризующиеся высокой устойчивостью к розовому коробочному червю, который причиняет огромный ущерб на юго-западе этой страны (Хлебутина, 1973). Эти формы могут быть прекрасным материалом в селекции для выведения сортов, устойчивых к розовому коробочному червю.

Подобные исследования в настоящее время проводятся и в Узбекистане, в частности в Институте экспе-

риментальной биологии растений (А. Е. Егамбердиев), Институте зоологии и паразитологии Академии наук УзССР, Институте защиты растений МСХ СССР и других учреждениях.

Совместными усилиями отдельных сотрудников первых двух институтов среди многообразия тропических форм хлопчатника выявлены три относительно устойчивые к тле и паутинному клещику вида (*G. australe*, *G. raimondii*, *G. sturtii*), имеющие 26 хромосом, которые вовлечены в скрещивание с вилтоустойчивым сортом «Ташкент-3» (*G. hirsutum*) и уже получены гибриды, представляющие интерес для дальнейшей практической селекции.

В Сибирском научно-исследовательском институте сельского хозяйства в результате изучения многочисленных форм (более 350) яровой пшеницы нашли несколько сортов, комплексно устойчивых к бурой и стеблевой ржавчине и пыльной головне. Привлечение их в скрещивание позволяет получать высокоустойчивый гибридный материал (Широков, 1973).

Пора усилить исследования в перечисленных направлениях и в Узбекистане и других хлопкосеющих республиках Союза.

К. А. Высоцкий (1975) рекомендует проводить сложные межродовые скрещивания. Это предложение заслуживает поддержки. Он получил плодоносящие хлопково-гибискусовые и хлопково-мальвовые гибриды, которые можно использовать для выведения высокоурожайных, комплексно устойчивых к болезням (вилт, гоммоз и др.) и вредителям сортов хлопчатника. При этом, по его мнению, в качестве материнской формы лучше использовать гибриды  $F_1$  между видами *Gossypium hirsutum* и *G. barbadense*, а в качестве отца — *Hibiscus esculentus* ( $2n=72$ ) или *H. gossypinus* ( $2n=28$ ).

В условиях Узбекистана род *Gossypium* в генетическом, физиолого-биохимическом, экологическом и хозяйственном отношениях еще мало изучен. Настало время развернуть исследования в этих направлениях, более широко привлекая к изучению дикие и полудикие формы, используя их в скрещиваниях и в опытах по экспериментальному мутагенезу с целью выведения комплексно устойчивых к различным болезням и вредителям сортов

хлопчатника. При этом надо обратить внимание, по нашему мнению, на следующее обстоятельство.

Американские ученые (Боттджер, Шихен, Лакфар, 1965) с целью обезвреживания хлопковой шелухи и масла в семенах от сопутствующего токсичного соединения — госсипола — вывели сорта хлопчатника, не содержащие госсиполовых железок. Но эти сорта стали сильно поражаться различными насекомыми. В настоящее время американские исследователи при селекции хлопчатника на устойчивость к различным вредителям (хлопковому долгоносику, совкам, паутинным клещам, белокрылке и т. д.) большое внимание уделяют концентрации госсипола, наличию нектара и некоторым морфологическим признакам (степени опушенности, форме прилистников и листьев). Показано, что отсутствие опушения на листьях и стеблях хлопчатника уменьшает яйцекладку хлопковой совки на 60%, а в комбинации с отсутствием нектара — на 80%. Причем отсутствие это не оказывает отрицательного влияния на энтомофагов, за исключением златоглазки, численность которой несколько снижается. Комбинация высокой концентрации госсипола, отсутствия опушенности на стеблях и листьях и нектара придает сортам хлопчатника высокую устойчивость к совкам и клопам, а сочетание измененных прилистников, отсутствия нектара и неопушенности — устойчивость к совкам, клопам и хлопковому долгоносику. В Техасе получена скороспелая форма хлопчатника, которая имеет измененные прилистники, лишена нектара и устойчива к болезням (Исаева, 1976 в).

Как уже отмечено в предыдущем разделе данной работы, госсипол обладает инсектицидными, антисептическими и другими свойствами (Рахманов, 1960), он и его производные выполняют защитную функцию от вилта. Более того, по данным наших однолетних полевых опытов, проведенных под Ташкентом, предпосевная замочка семян в 0,3%-ном щелочном растворе (0,1%-ный КОН) значительно повышает устойчивость хлопчатника к гоммозу. Как показали наблюдения С. Д. Перепеленко, проведенные в 1965 г. в колхозе «Москва» Багдадского района Ферганской области, трех-, четырехкратное опрыскивание хлопчатника 1%-ным щелочным раствором (0,1%-ный КОН) технического 60%-ного госсипола за сезон фактически полностью предотвратило посещае-

мость растений паутиным клещиком, тлями, коробочными червями. В контрольном же варианте опыта и на соседних участках отмечалось довольно большое число насекомых, что требовало трехкратной обработки хлопчатника меркаптофосом за сезон. Воистину, «природа не прощает излишеств» (Szent-Georgyi, 1960). Госсипол выполняет универсальную функцию в организме хлопчатника и он вместе с отмеченными выше признаками (опушенность, измененные прицветники, форма листьев и наличие нектара) может служить ориентиром для селекционеров в их работе по подбору исходного материала и выведению комплексно устойчивых сортов. Параллельно нужно начать и расширить работы по генетике, биохимии, биофизике, молекулярной биологии, физиологии, экологии возбудителей корневой гнили, гоммоза и других болезней и различных вредителей, в первую очередь паутинового клеща и тлей, их антагонистов, по изысканию новых энтомофагов, полезных микроорганизмов и биопрепаратов, что создаст возможность урегулировать биологическую взаимообусловленную цепь в природе, выработанную в процессе эволюции, поможет раскрыть ее глубокие тайны и рационально пользоваться ими, сохранить человека и теплокровных животных от губительных последствий применения ядохимикатов в сельском хозяйстве.

Живая природа и природа в целом — бесконечный родник нашего здоровья и знания. Поэтому охрана природы не только предохраняет ее от катастрофы, но и способствует развитию человеческой личности.

#### МЕХАНИЗАЦИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ УБОРКИ УРОЖАЯ И ЗАЩИТА ХЛОПЧАТНИКА ОТ СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

В. И. Ленин еще в 1921 г. на заре Советской власти указывал, что «...единственной материальной основой социализма может быть крупная машинная промышленность, способная реорганизовать и земледелие»<sup>1</sup>. В нашей стране предначертания Ильича давно уже претворились в жизнь.

В настоящее время наше сельскохозяйственное производство вообще, хлопководство в частности, оснащено

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 44, стр. 9—10.

мощными машинно-тракторными агрегатами с повышенной скоростью, широкозахватными пропашными и другими орудиями, двух-, четырех-, шестирядными уборочными комбайнами, погрузочно-разгрузочными механизмами и прочей современной техникой. Благодаря этому многие операции по производству хлопка механизированы, а в ближайшем будущем все работы по технологии выращивания хлопчатника, уборке, заготовке, транспортировке, переработке урожая и другие процедуры будут возложены на машины.

Как указывал К. Маркс, с дальнейшим прогрессом науки и техники «...место старых машин, инструментов, аппаратов и т. д. заступают новые более эффективные и сравнительно с размерами своей работы более дешевые»<sup>1</sup>. Процесс воспроизводства сопровождается постоянным обновлением и усовершенствованием машин, заменой старых орудий более мощными, производительными и экономически выгодными агрегатами (Сулейманов, 1975).

Технический прогресс в хлопководстве будет направлен на полную комплексную механизацию всех операций, уменьшение доли ручного труда до минимума, на повышение производительности труда, увеличение урожайности хлопчатника, качества хлопка и снижение его себестоимости.

Для успешного разрешения этой задачи нужно создать длиннобазовые планировщики со специальным приспособлением, совмещающие планировку и рыхление полей, резко улучшить технологию основной предпосевной обработки почвы и внесения удобрений с внедрением новых, более совершенных машин и агротехнических приемов (например, вместо обычной вспашки применять двухъярусную на глубину 30—40 см или 50—60 см или рыхление без оборота пласта до 60 см и более в сочетании с обычной вспашкой и внесением удобрений и летнюю распашку люцерны с полным оборотом пласта до 60 см и посевом кормовых культур, обеспечивающих, по данным М. В. Мухамеджанова (1974), повышение урожайности хлопчатника на 5—7 ц/га и выше); сконструировать агрегаты, которые могли бы обеспечить посев по заданной схеме размещения растений в зависимости от

<sup>1</sup> К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 23, стр. 619.

плодородия почвы, глубины залегания грунтовых вод и биологических особенностей сорта хлопчатника; разработать комплексно-механизированную систему уничтожения одно- и многолетних сорняков на полях и очистки оросителей от наносов и растительности; усовершенствовать и автоматизировать технику поливов (дождевание, использование гибких трубопроводов, трубок-сифонов, армирование выводных борозд, подземное орошение и др.).

Существующая хлопкоуборочная техника еще полностью не отвечает современным требованиям, работает с определенными потерями урожая, собирает хлопок с относительно большим загрязнением, повреждает семенной материал. Поэтому в перспективе намечается усовершенствование уборочных машин, которые позволили бы повысить полноту сбора, собирать хлопок из нижних ярусов куста, уменьшить дробление семян и засоренность сырца. Будут также созданы универсальные и комбинированные уборочные машины, способные собирать хлопок из раскрытых коробочек и курак, имеющие устройство для одновременного подбора упавшего на землю хлопка, а также позволяющие быстро переналадить их для сбора семенного хлопка, особенно тонковолокнистых сортов (Рудаков, 1973; Зинин, 1975).

Одним из решающих факторов технического прогресса в будущем считается повышение производительности сельхозмашин, что требует увеличения энергонасыщенности, зачастую и класса тяги тракторов, применяемых в хлопководстве. Например, по мнению Г. М. Рудакова (1973), у существующего трактора Т-4 необходимо постепенно повышать мощность двигателя до 210—220 л. с., класс его тяги довести до 4,5 т, у трактора класса 1,4 т увеличить мощность поэтапно до 75—80 и до 120—130 л. с., у трактора 0,9 т — до 50—60 и 80—90 л. с. соответственно. Параллельно надо создать еще более мощные тракторы высокого класса (в частности 5,0 т).

Эти реконструкции двигателей и класса тракторов позволят увеличить рабочие скорости и ширину захвата машин на допосевной, предпосевной и послепосевной обработках почвы, уборке гузапан. Расчеты показывают, что за счет внедрения перспективной технологии и системы машин в производство в ближайшие годы можно по-

высить производительность труда в пять-шесть раз и снизить себестоимость хлопка в полтора-два раза (Рудаков, 1973).

Однако в настоящее время затраты ручного труда на возделывании хлопчатника и особенно на уборке урожая еще достаточно велики, сроки сбора хлопка растянуты. Это задерживает зачистку полей и проведение зяблевой вспашки до глубокой осени. Решение данной проблемы в большей степени зависит от позитивной разработки скороспелости хлопчатника (от создания скороспелых сортов, агротехнических способов ускорения развития) и других вопросов хлопководства.

Вместе с ростом механизации производства хлопка в последние годы в борьбе с сорной растительностью и для подготовки урожая к машинной уборке, как и против вредителей и болезней хлопчатника, во все больших и больших размерах применяются различные ядохимикаты — гербициды, дефолианты, десиканты.

Гербициды на хлопковых полях США применяются уже давно (Jay, 1964). В хлопкосеющих республиках Союза, в частности в Узбекистане, первые производственные испытания гербицидов начались в 1965 г., а более широкая обработка ими хлопковых полей проводится в основном с 1970 г. (около 200 тыс. га). Сейчас объем применения гербицидов возрастает ежегодно. За эти годы испытывались разнообразные вещества гербицидного действия: сначала пентахлорфенолят натрия, хлор ИФК, трихлорацетат натрия, дихлоральмочевина, трихлорацетатаммония, гидразид малеиновой кислоты, карболеум, фенурон, монурон, диурон, прометрин, хлоризин, эптам, аланап, симазин, атразин и др., затем — гербан, трефлан, линурон, которан, далапон и ряд отечественных препаратов (метурин, парахлорформанилид, производные аминокетилинов, аминоспиртов, бензимидазола и др.). Ассортимент гербицидов из года в год растет, испытываются различные способы внесения; изучаются влияние гербицидов на физиолого-биохимические процессы у хлопчатника и эффективность препаратов в зависимости от агротехнических и экологических условий (Алеев, 1965; Алхасьян, Богаченко, 1970; Киргизбаев, 1970; Мирхайдаров, 1971; Имамалиев и др., 1973 и др.)

На хлопковых плантациях произрастают около 70 видов одно- и многолетних сорных растений. Против од-

нолетних сорняков (марь белая, ширица колосистая, куриное просо, паслен черный, портулак огородный и др.) эффективными оказались которан, диурон, монурон, прометрин, которые (особенно первый) в настоящее время широко применяются в производстве.

Отечественный препарат метурин по характеру действия приближается к диурону и сейчас его рекомендуют для внедрения на сероземных почвах. У многолетних сорняков (гумай, свинорой, сыть круглая, вьюнок полевой и др.) корни проникают в почву до 2 и более метров. Поэтому указанные препараты не оказывают существенного влияния на них. В борьбе с ними были эффективными другие гербициды — эптам, трихлорacetат натрия и особенно далапон. Согласно результатам опытов некоторых исследователей (Имамалиев и др., 1973), совместное двукратное внесение далапона с диуроном зимой (50+2 кг/га соответственно) и ранней весной (20+2 кг/га) подавляет рост и развитие как многолетних, так и однолетних сорняков на хлопковых полях. В последние годы на мелкоделяночных опытах показано гербицидное действие препаратов, синтезированных Институтом химии растительных веществ АН УзССР (бутилового эфира метакриловой кислоты, бутиндиола, аллилкаптакса, гептилэтилкаптакса, этилкаптакса, пиперилкаптакса, гептилтрийодбензойной кислоты). Установлено избирательное гербицидное влияние парахлорформанилида (20—25 кг/га) на однолетние сорняки (Имамалиев и др., 1973). Однако эти гербициды еще не нашли широкого применения в практике главным образом из-за высокой себестоимости и отсутствия резкого преимущества их эффективности в сравнении со стандартными препаратами (которан, диурон, далапон и др.).

В последнее время найден новый гербицид толуин, эффективный в борьбе с однолетними сорняками хлопчатника в разных почвенно-климатических условиях (Р. М. Камилова, 1975).

Первые опыты по химической дефолиации и десикации хлопчатника в Средней Азии проводились в СоюзНИХИ в конце сороковых годов (Кондратюк, Пругалов, 1948). С начала 50-х годов разворачиваются работы по разработке методов применения активных химических веществ (цианамид кальция и свободного цианамид) для предуборочного удаления листьев хлопчатника и

внедрению их в производство (Пругалов, 1955; Т. С. Закиров, 1968). Затем начинаются широкие исследования по изысканию новых, более активных дефолиантов и десикантов хлопчатника и изучению их действия на физиолого-биохимические процессы и анатомо-морфологическое строение этого растения в целом ряде учреждений Союза (Мельникова, Баскаков, 1962; Стонов, 1961; М. Закиров, 1959; Имамалиев, 1969 и др.) Установлена дефолирующая и десикацирующая активность многочисленных неорганических и органических соединений (Бакарев, 1965; Т. Закиров, 1968; Имамалиев, 1969 и др.). Из них в настоящее время в практике хлопководства широко применяются бутифос, хлорат магния, цианамид кальция, хлорат-хлорид кальция и некоторые другие дефолианты и десиканты.

Применение гербицидов заменяет ручную прополку полей, освобождает рабочие руки, столь нужные в последнем месяце весны и начале лета для других сельскохозяйственных работ (например, для ухода за шелкопрядом) и способствует внедрению полной механизации производства хлопка. Без предварительного удаления или высушивания листьев существующих промышленных сортов хлопчатника с помощью дефолиантов и десикантов вообще невозможно собрать хлопок машинами. Однако гербициды, дефолианты, десиканты, как фунгициды и инсектициды, безусловно, в той или иной степени влияют отрицательно также на окружающую среду, попадают в оросители и водоемы, заражая все живое в них, особенно при несоблюдении санитарных правил защиты.

Почва — не мертвый субстрат только для роста и развития растений согласно геотропическому закону в вертикальном положении, корнями вниз и их механического прикрепления к ней и не просто хранилище воды и питательных элементов для них, а сложная и вместе с тем высокоупорядоченная слаженная живая система. Постоянное применение гербицидов и других ядохимикатов может изменить деятельность отдельных участников или целых звеньев этой системы. Это непременно нарушит сложившуюся в процессе эволюции слаженную взаимосвязь в работе различных членов всей системы в целом, что в свою очередь может привести к нежелательным для нас последствиям (например, к потере плодо-

родия почвы, появлению злостных болезнетворных микроорганизмов и т. д.)

Установлено, что при некоторой поспешной обработке хлопчатника дефолиантами и десикантами, которая нередко имеет место в производстве, значительно снижается масличность семян (Барьетас, Ташкулов, 1974 и др.). Определенное количество этих соединений независимо от срока обработки хлопчатника проникает, бесспорно, и в состав масла, ухудшая его качество. Большая часть хлопкового масла, как известно, идет на общественное питание. Следовательно, дефолианты и десиканты вместе с маслом могут поступить в организм человека, аккумулируясь в его отдельных органах (печень, селезенка, костные ткани, желудочно-кишечная система и др.) и вызывая постепенное отравление.

Доказано (Жирмунская, 1975), что гербициды и другие биологически активные вещества способны глубоко проникать через клеточные мембраны, аккумулироваться внутри клеток и взаимодействовать с чувствительным рецептором (например, с хромосомным аппаратом). Поэтому можно допустить, что гербициды, дефолианты, десиканты, в равной мере и фунгициды и инсектициды, могут оказывать и мутагенное действие на различные организмы, в том числе и на хлопчатник, вызывая появление тех или иных нежелательных наследственных отклонений (возникновение уродов, снижение устойчивости к болезням, вредителям, неблагоприятным условиям внешней среды и т. д.) в близком или более отдаленном потомстве. Они могут быть также причиной, как фунгициды и инсектициды, появления у грядущих поколений людей серьезных заболеваний (злокачественных новообразований, лейкоз и иного рода наследственных аномалий).

В ряде стран (США, Канада, Швеция, ФРГ и др.) в связи с выявлением высокой токсичности некоторых гербицидов (пропиленгликольмонобутил эфира — 2,4,5-Т) для человека и животных еще в 1970 г. наложен запрет на использование на плантациях сельхозкультур вблизи водоемов, жилищ и мест отдыха (Покровская, 1972).

В нашей стране все делается ради человека, направлено на благо советских людей. Высшей целью нашей партии всегда была забота о здоровье советских людей,

о повышении их жизненного уровня, о сохранении и улучшении окружающей нас живой и неживой природы. В «Основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы» особо указано: «Разрабатывать и осуществлять мероприятия по охране окружающей среды...». Поэтому следует изыскать безвредные для окружающей среды пути уничтожения сорняков и предуборочного удаления или высушивания листьев хлопчатника. Здесь так же, как и в отношении возбудителей болезней и вредителей хлопчатника, необходимо, в первую очередь, основные усилия направить на разработку биологических и безвредных для среды физических средств защиты его от сорняков и обезлиствления. В возможности скорого позитивного решения этой задачи убеждает нас ряд фактов. Так, в настоящее время в США против водной сорной растительности рекомендовано использование патогенных почвенных грибов: *Rhizoctonia solani*, *Fusarium roseum* и *Aphanomyces* (Бей-Биенко, 1972). В ВНР против тростника, камыша, рогольника и других сорняков, произрастающих в каналах и водоемах, специально разводят в них растительноядных рыб — толстолобика и белого амура (Исаева, 1972). В СССР, в том числе и в Узбекистане, в борьбе с опасным паразитарным сорняком — заразихой — на посевах подсолнечника и овощных культур уже широко используется муха фитомиза (Капралов, 1975; Скачкова, 1975), а против горчака розового на пастбищах Казахстана применяется узкоспециализированная галловая нематода, которая в очагах поражает до 90% названного сорняка (Мариковский, Тюребаев, 1973).

К сказанному небезынтересно добавить, что в Болгарии созданы и давно внедрены в практику высокомасличные заразихоустойчивые сорта подсолнечника (Стоянова, 1973).

Заслуживают внимания также опыты, проведенные на опытной станции Техасского сельскохозяйственного института (США) по применению УКВ — ультракоротких волн (12,5 см) электромагнитного поля для борьбы с сорной растительностью на полях овощных и других культур. Для этой цели была использована специальная установка (бензиновый двигатель и генератор с приставкой, преобразующей электрический ток в ток высокой частоты).

В результате выяснилось, что наиболее чувствительны к воздействию УКВ набухшие семена, проростки и вегетирующие растения сорняков. Погибают от воздействия УКВ и однолетние двудольные и многолетние сорняки (корневища гумая, клубни сыти круглой и др.). После обработки в течение шести месяцев на полях не было сорняков. Оказалось, что УКВ губительны и для вредных нематод, фитопатогенных грибов, личинок и куколок вредителей, находящихся в почве. Полагают, что УКВ можно будет использовать также в борьбе с вилтом хлопчатника и для его дефолиации.

Применение УКВ не вызывает загрязнения окружающей среды и не оказывает отрицательного влияния на последующие сельхозкультуры (Исаева, 1973).

В более поздних опытах той же станции показано, что при допосевной обработке полей токами высокой частоты (180—360 дж/см<sup>2</sup>) также погибает большое количество сорняков (81—100% гулявника, щирицы запрокинутой, портулака огородного, молочая и др.) (Исаева, 1975).

Известно, что семена многих сорняков распространяются через навоз. Интересные опыты по засоренности навоза семенами сорняков и снижению их всхожести проводили в Харьковском сельхозинституте (Милый, 1972). Для этой цели сначала проводили тщательную механическую очистку фуражного зерна, затем его подвергали термической обработке (при 120°C в течение 2 час.). В результате всхожесть семян куриного проса снизилась с 24 до 6%, щирицы — со 100 до 7% и горчицы полевой — с 74 до 3%. Подобные опыты не мешало бы провести и в наших условиях, так как в последние годы навоз стали применять более или менее широко и на хлопковых полях.

По нашему мнению, для разработки наиболее эффективных мер борьбы с сорняками нужно прежде всего знать их физиологически наиболее чувствительные к воздействию гербицидов и других факторов моменты, что требует глубокого изучения биологии этих растений. Целесообразно было бы изыскать специальные микроорганизмы (грибы, бактерии, вирусы), вызывающие загнивание корней сорняков, вести широкие исследования по испытанию против них различных физических факторов (электрический ток высокой частоты, ультразвук, гамма-

лучи и т. д.). Наряду с этим следует начать и расширить всесторонние исследования по вскрытию истинной картины действия применяемых в сельском хозяйстве химических ядохимикатов на физико-химические и биологические свойства почвы, на жизнедеятельность обитающих в ней микроорганизмов, на окружающую среду и наследственность хлопчатника. В этом отношении заслуживают всякого поощрения работы, проводимые в НИИЗР МСХ СССР и Институте почвоведения и агрохимии АН УзССР (Т. С. Закиров, А. Алимов, 1976 и др.), по изучению влияния гербицидов на физико-химические свойства и плодородие почвы. Параллельно нужны и поиски по детоксикации ядохимикатов в воздухе, почве, водоемах, оросителях и созданию машин, предотвращающих распространение их по воздуху и воде, а также по синтезу гербицидов, дефолиантов и десикантов, обладающих «абсолютно» высокой селективностью биологического действия, по изысканию приемов повышения их эффективности и снижения дозы применяемых препаратов. По разработке и этих вопросов как у нас, так и за рубежом уже имеются интересные результаты.

Например, в Институте микробиологии Академии наук УзССР (А. М. Музафаров) показана роль различных водно-болотных высших растений и некоторых микроводорослей в очищении оросительных каналов и водоемов от ядохимикатов, и сейчас разрабатываются рекомендации по их использованию в обеззараживании сточных вод (Мадалиева, 1975). Напомним, что ранее обработку хлопковых плантаций и окраин полей биологически активными соединениями проводили, как правило, с помощью авиации. Сейчас, чтобы уменьшить их отрицательное влияние на окружающую среду, для обработки чаще стали использовать наземную технику. Однако она еще не может полностью обеспечить защиту экипажа и окружающей среды от вредного действия ядохимикатов. Поэтому надо создать более совершенные машины. Опытные образцы таких машин уже имеются. Так, в США (университет штата Миссисипи совместно с экспериментальной станцией «Della Branch») создана машина на воздушной подушке для обработки широкорядных посевов хлопчатника пестицидами (в том числе и гербицидами). Рабочее место оператора, двигатель и вен-

тилятор этой машины расположены над растениями, ведущие колеса размещены внутри так называемых фиброгласовых кожухов, которые выполняют роль воздушных камер. Обработка пестицидами производится под прикрытием кожухов, что предотвращает снос ядов ветром (Пестрякова, 1975). Надо подумать о создании такой машины и у нас.

В США постоянно совершенствуется и технология применения гербицидов. В частности, сейчас в ряде штатов (Айова, Луизиана, Миссури) гербициды стали использовать в виде пены, что значительно уменьшает их снос, особенно при авиаобработках, и снижает опасность повреждения культур на соседних участках. По расчетам, нанесение диурана (0,56 кг/га), которана (1,12 кг/га) и капарола (0,9 кг/га) в форме пены до восьми раз увеличивает их эффективность в борьбе с сорняками по сравнению с обычным опрыскиванием, что дает возможность резко снизить расход рабочей жидкости и дозу препарата на гектар, повысить производительность, сократить расходы на обработку и уменьшает опасность загрязнения окружающей среды (Исаева, 1973). Кроме того, в настоящее время Южным отделением Министерства сельского хозяйства США и сельскохозяйственной опытной станцией университета штата Джорджия путем установления наиболее чувствительных фаз развития сорняков разработаны эффективные системы многократного дробного применения гербицидов на посевах хлопчатника на супесчаных почвах. При многократном внесении гербицида в эти фазы роста сорняков получен наибольший урожай волокна без изменения его длины, прочности и цвета. Причем даже после трехлетнего ежегодного применения гербицидов в почве не найдены их остаточные количества (Исаева, 1976).

В Азербайджане сочетание ленточного внесения гербицида (каторана) с рядом агротехнических мероприятий (вспашка на глубину 26—28 см, вычесывание корневищ сорняков и удаление их с полей, зимой провокационный полив для прорастания семян с последующим уничтожением всходов орудиями предпосевной обработки) резко повысило эффективность борьбы против сорной растительности на хлопковых полях после распашки двухлетней люцерны и сократило число обработок ядохимикатом (Коробатов, Нагнев, 1975).

В последнее время неплохие результаты достигнуты в Узбекистане по снижению вредности вновь синтезируемых дефолиантов для окружающей среды. Сейчас проходит довольно широкое испытание новый дефолиант сакс Института химии Академии наук УзССР, обладающий более высокой избирательностью действия и поэтому менее токсичный для человека и теплокровных животных, чем существующие препараты, например, бутифос (М. Аскарлов, 1975).

Однако и данный дефолиант также будет в определенной, пусть в меньшей, степени заражать окружающий мир. Поэтому и в этой области целесообразно изыскать другие способы. В частности, надо особое внимание уделить созданию сортов хлопчатника, обладающих свойством осенью сбрасывать листья без применения дефолиантов, или сортов, хотя бы очень чувствительных к воздействию химических веществ, что создаст возможность снизить дозу применяемых препаратов и кратность обработок ими. В этом направлении уже сделаны первые шаги в лаборатории радиобиологии Института экспериментальной биологии растений Академии наук УзССР: как уже описано выше, путем воздействия радиоактивным фосфором на одну из диких форм хлопчатника (*G. hirsutum* ssp. *mexicanum*) и многолетнего отбора выведены вилтоустойчивые, скороспелые, высокоурожайные сорта с хорошим качеством и большим выходом волокна, обладающие свойством сбрасывать осенью (начиная с момента раскрытия трех-четырёх коробочек) на 60—70% (АН-402) или частично (АН-403, АН-408) свои листья без химического или механического вмешательства со стороны. В настоящее время методом радиационного мутагенеза и иными способами (внутривидовое отдаленное скрещивание, отбор и т. д.) в других лабораториях названного института и Туркменском НИИССТХ (Фурсов и др., 1975) также получены листопадные формы средневолокнистого и тонковолокнистого хлопчатника, представляющие интерес для дальнейшей селекционной работы над ними. Ранее селекционерами путем сложного скрещивания и многолетнего отбора тоже были созданы сорта, старение листьев которых совпадало с созреванием коробочек, и они осенью сбрасывали листья, например средневолокнистый 142-Ф (автор Л. В. Румшевич) и тонковолокнистый 8704-И

(автор И. К. Максименко). Но эти сорта по ряду признаков (технологическому свойству волокна и др.) уступали промышленным сортам и не пошли в производство. Здесь ничего необычного, сверхъестественного нет. Многие дикие сородичи культивируемого хлопчатника, в том числе и наших современных промышленных сортов, растут и размножаются в жарких, засушливых зонах Южной Мексики, Перу и других районах Центральной и Южной Америки (И. К. Максименко, 1975). Хлопчатник в этих местностях вегетирует и плодоносит в период выпадания осадков, а с наступлением засухи коробочки созревают, листья по мере старения сами по себе постепенно опадают, и он, как наши плодовые, плодово-ягодные и декоративные деревья зимой, переходит в состояние относительного покоя. В таком виде хлопчатник находится до момента нового сезона осадков. В условиях Узбекистана с относительно непродолжительным летом листья существующих промышленных сортов хлопчатника не успевают полностью созреть до наступления заморозков (особенно верхушечные и боковые) и поэтому они сами не опадают.

Глубокие внутренние механизмы естественного листопада хлопчатника, да и других растений, во многом еще остаются тайной. Считается, что в результате целого цикла сложных физиолого-биохимических изменений у основания черешков листьев образуется так называемый отделительный слой, и листья опадают (Закиров, 1968; Имамалиев, 1969 и др.). На опадение листьев большое влияние оказывают условия внешней среды (температура, влажность почвы и воздуха, продолжительность дня, интенсивность солнечного освещения, минеральное питание, особенно азотистое и т. д.). Однако естественное сбрасывание листьев находится под непосредственным генетическим контролем организма и теснейшим образом связано с его общим физиологическим состоянием (со старением растений). Поэтому истинные причины листопада нужно искать в процессах индивидуального (онтогенетического) и филогенетического развития растений. Механизмы естественного листопада у хлопчатника целесообразно изучать в неразрывной связи с проблемой скороспелости, фотопериодизма и онтогенеза в целом. В этой области особенно перспективным является глубокое изучение молекулярно-генетического контроля и биохимии

мических изменений, происходящих в процессах старения клеток у основания черешка листьев, при этом следует обратить внимание на обмен фитогормонов, на возможность возникновения тех или иных новых физиологически активных соединений (например, типа абсцизиновой кислоты, которая появляется в стареющих листьях). Ибо подобные исследования, бесспорно, приведут к точной расшифровке природы основного эндогенного вещества или группы эндогенных веществ (образующихся в процессе обмена веществ у растений), причастных к естественному опадению листьев, и на этой основе создается возможность синтезировать высокоэффективные, абсолютно безвредные для окружающей среды дефолианты.

На наш взгляд, искусственное обезлиствление и десикацию хлопчатника можно вызвать без применения химических препаратов и другим путем, в частности, применением электрического тока высокой частоты или ультразвука. Для этого необходимо всесторонне исследовать влияние этих физических факторов на хлопчатник и окружающую среду и на этой базе разработать эффективные способы их использования для удаления или высушивания листьев.

Подготовку урожая хлопка к машинной уборке без применения химических реагентов можно осуществить еще путем предварительного сбора листьев с помощью специально сконструированных для этой цели самоходных установок. С нашей точки зрения, это не так уж сложная задача, и в настоящее время, в эпоху научно-технической революции решение ее не представляет слишком серьезных трудностей и не требует чрезмерно больших затрат средств. В подтверждение данному предложению можно привести следующий факт: в Грузии давно изобретены и широко применяются в производстве специальные машины, избирательно собирающие листья чая определенного возраста.

Если будут изобретены машины и для сбора листьев хлопчатника, то это будет разносторонне полезно. Во-первых, листья хлопчатника являются ценным сырьем для медицинской, пищевой и других отраслей промышленности, из них можно получить, по данным акад. А. С. Садыкова, до 12% органических (лимонной, яблочной и др.) кислот, которые до сих пор вырабатывают из листьев табака. Во-вторых, листья хлопчатника богаты

витаминами, провитаминами (каротином), белком, жирами, крахмалом и простыми сахарами и их можно с успехом применять в качестве корма скоту, особенно в форме силоса или в составе комбикорма. В-третьих, если будет осуществлена эта идея и на полях начнут работать листоуборочные машины, то на землю не опадут больные вилтом листья. В результате в почве меньше будут накапливаться возбудители вилтовой болезни, ибо именно больные листья являются главным источником распространения самых вирулентных форм патогенов (Губанов, Сабиров, 1972; Губанов, 1973 и др.).

На основании изложенного в заключение мы еще раз подчеркиваем целесообразность создания листоуборочных машин в самом ближайшем будущем.

#### ОПТИМИЗАЦИЯ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ПОЛИВОВ И ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ ХЛОПЧАТНИКА

Вода в жизнедеятельности живых организмов, в том числе и высших растений, играет исключительно важную роль. В зависимости от возраста, физиологического состояния и генотипа (наследственной основы) растений отдельные их ткани содержат от 60 до 90% воды (Максимов, 1926). Например, содержание воды в активно метаболизирующих листьях хлопчатника при оптимальном водоснабжении составляет 70—80% к сырому весу (Попова, Самиев, 1970), но это очень мало по сравнению с тем количеством, которое расходуется растением в течение вегетации.

Так, один куст различных по скороспелости сортов средневолокнистого хлопчатника в вегетационных сосудах за сезон испаряет с поверхности своих листьев 120—130 л воды и на образование единицы урожая хлопко-сырца расходует громадное количество влаги, превышающее его вес более чем в 1000 раз (табл. 6), а в трудноконтролируемых (полевых) условиях, безусловно, еще больше.

Вода нужна растениям для обеспечения поступления из почвы питательных веществ и пополнения расхода ее на испарение (транспирацию) и другие жизненные процессы, для поддержания постоянной насыщенности ею клеток, нормальной температуры и сохранения их от перегрева под влиянием солнечной радиации.

Расход воды различными сортами хлопчатника за вегетацию и на образование единицы урожая хлопка-сырца

Сорт	Расход воды за сезон на одно растение, л	Урожай сырца с одного куста, кг	Хлопок-сырец на 1 л воды, г	Расход воды на 1 кг сырца, л
С- 3210, скороспелый	121,4	0,094	0,77	1291,3
108- Ф, среднеспелый	121,3	0,105	0,86	1155,2
137- Ф, среднепозднеспелый	137,8	0,106	0,83	1205,6
С- 460, позднеспелый	129,0	0,105	0,82	1228,5

Однако не всякая вода в почве доступна растениям. Степень доступности влаги в почве для растений обуславливается ее механическим, структурным состоянием (Рыжов, 1948; Еременко, 1957 и др.), уровнем осмотического давления почвенного раствора, определяемого концентрацией растворенных в нем неорганических солей, биологическими особенностями корневых систем (ростом, морфологией, размером оккупированной ими площади) и деятельностью надземной части (Шардаков, 1960). Поглощение воды корнями и расходование ее растениями также сложный процесс.

С одной стороны, поступление воды в растение совершается в тесной связи с обменом веществ и сопровождается определенной затратой энергии, а с другой — оно обуславливается чисто физическими явлениями — диффузией и силами осмотического порядка (Крафтс и др., 1951; Шардаков, 1960 и др.). Расходование воды растениями тоже происходит в результате их активной деятельности, но определяется не только биологическими особенностями, но в большей степени и окружающими надземные органы атмосферными условиями.

Например, по наблюдениям, проведенным в различные годы (Назирова, 1961; Шерматов, 1975), расход воды скороспелыми, среднеспелыми и позднеспелыми сортами хлопчатника резко меняется как в течение дня, так и на протяжении всей вегетации, что вызывается отмеченными внутренними и внешними причинами.

Утром, когда атмосфера достаточно насыщена водяными парами, температура и дефицит влажности возду-

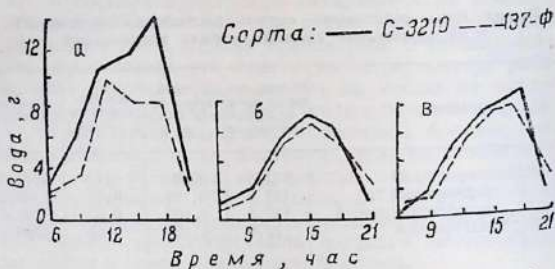


Рис. 15. Динамика интенсивности транспирации у различных сортов хлопчатника в течение дня (г/час/дм<sup>2</sup> площади листьев): а—начало цветения (8/VII), б—цветение (17/VII), в—разгар цветения (29/IV).

ха еще невысоки, интенсивность транспирации у хлопчатника очень низка (рис. 15). С возрастанием температуры, понижением влажности воздуха и особенно увеличением ее дефицита испарение воды хлопчатником постепенно повышается и достигает максимальной величины (за редким исключением) в 15—18 час. Затем понижение температуры, повышение насыщенности атмосферы водяными парами и уменьшение дефицита влажности воздуха в вечерние часы снова приводят к закономерному снижению интенсивности транспирации хлопчатника. Подобные колебания транспирации и расхода хлопчатником воды в целом происходят и в течение вегетации.

Так, благодаря относительно низкой температуре воздуха, достаточной насыщенности атмосферы водяными парами и небольшой площади листовой поверхности в первый период вегетации расход воды хлопчатником незначителен. С разрастанием вегетативной массы, увеличением транспирационной (листовой) поверхности, повышением температуры воздуха и понижением относительной влажности атмосферы он изо дня в день увеличивается (рис. 16).

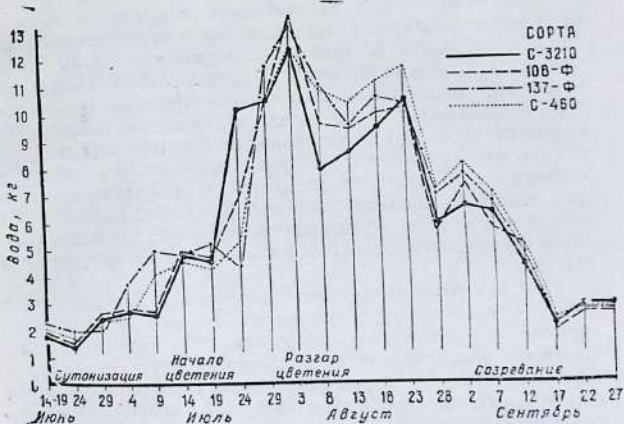


Рис. 16. Динамика расхода воды различными сортами хлопчатника в течение вегетации, кг на одно растение за пять дней.

Максимальная величина расхода воды у различных по скороспелости сортов хлопчатника отмечается в разгар цветения. В этот период растения уже имеют достаточно мощную корневую систему и надземную часть, резко ослабевают процессы их дальнейшего роста, но усиливаются плодообразование и фотосинтез (Назиров, Сайпова; 1974), продукты которого идут главным образом на развитие репродуктивных органов, что вызывает повышение потребления воды хлопчатником. Безусловно, на процесс расхода воды и в данный период большое влияние оказывают также внешние факторы, особенно колебания напряжения температуры и влажности воздуха.

В дальнейшем расход воды хлопчатником постепенно падает, что обусловлено естественным старением растений, сопровождающимся снижением интенсивности фотосинтеза и других синтетических процессов (Назиров, Сайпова; 1974), а также иными изменениями в клетке (Цивинский, 1934; Шардаков, 1953 и др.), понижением температуры воздуха (особенно ночью) и увеличением насыщенности атмосферы водяными парами.

Вода — не только растворитель и среда, в которой протекают жизненные процессы, но и строительный материал, элементы которого расходуются и вновь синтезируются в обмене веществ (Петинов, 1969). Например, в зеленых листьях в процессе фотосинтеза за счет водорода (электрона) воды осуществляется восстановление углекислоты ( $\text{CO}_2$ ) и образование богатых энергией органических соединений, а другая ее составная часть — кислород — частично вовлекается в дыхательный процесс самих же растений, а большей частью выделяется в свободном виде в окружающую атмосферу и расходуется на аэробные процессы в живой и неживой природе и технике.

При окислительном распаде органических веществ в живой клетке или физическом их сгорании в различных технических установках, сооружениях и ситуациях, связанных с человеческой деятельностью и не связанных с ней (например, пожар в лесу, вызванный космическими факторами), снова образуются вода и углекислота. Так совершается круговорот воды в природе.

Вода в растительной и животной клетке находится в постоянном взаимодействии со всеми ионами и молекулами различных веществ, имеет упорядоченную структуру, является одним из ингредиентов (составной частью) общей структуры протоплазмы (Сент-Дьерди, 1960; Тринчер, 1966) и вместе с остальными структурными компонентами составляет единую высокоорганизованную живую систему. Поэтому даже легкое обезвоживание клеток не проходит без следа для организма, хотя, по утверждению отдельных исследователей (Бриллиант, 1949), оно может привести и к усилению фотосинтетической деятельности растений. В наших опытах, проведенных в вегетационных сосудах с хлопчатником (Назиров, Ташматов, 1973, 1974, 1975) и при довольно слабом кратковременном дефиците воды (снижении влажности почвы с 65 до 55% от полной ее влагоемкости), подавляются процессы поступления фосфора ( $\text{P}^{32}$ ) в растение и его включения в состав различных органических соединений и повышается, как это ни парадоксально, количество фосфорсодержащих и других белков, макроэргических (богатых энергией) веществ типа АТФ, фосфорных эфиров, сахаров, всех кислоторастворимых форм фосфорорганических веществ и неорганического фосфора

в листьях. Аналогичное явление отмечено и в полевых опытах с хлопчатником (Петин, др., 1974), а также с другими растениями (Жолкевич, 1968; Самуилов, Лебедева, 1973). Накопление различных фосфорорганических соединений и белков в листьях при пониженном уровне их биосинтеза следует рассматривать не как активизирование жизненных процессов под влиянием небольшого водного дефицита, а как результат нарушения механизмов использования и торможения расхода этих веществ в жизнедеятельности растений, о чем свидетельствует также указанное повышение содержания неорганического фосфора, несмотря на подавление его поступления в растение.

При более глубоком водном дефиците в почве корневая система уже не может покрыть расход воды растением на транспирацию и другие процессы, испарение осуществляется большей частью за счет влаги, имеющейся в клетках. В результате снижается уровень насыщенности клеток водой ниже эволюционно выработанного предела колебания, что приводит к разрыву органической взаимосвязи структурированной воды с другими структурными элементами протоплазмы и нарушению целостности всей системы и, как следствие, к более сильному изменению обмена веществ в организме. Это выражается, прежде всего, как показали многочисленные исследования на различных культурах (пшеница, ячмень, хлопчатник, кукуруза, подсолнечник, томаты, овес, свекла, бобовые, тыква, картофель, огурцы и т. д.), в разрушении цитоплазматических органелл (например, расщепление полисом «фабрик» белков на отдельные рибосомы и субъединицы, нарушение тонкой структуры фотосинтетического аппарата — хлоропластов), в довольно резком подавлении образования биологически особо важных макромолекул (ДНК, РНК, белков), других синтетических процессов (в том числе и фотосинтеза) и усвоения растениями питательных элементов из почвы, активации гидролитических и протеолитических ферментов, ДНК-аз, РНК-аз и усилении распада высокомолекулярных соединений (крахмала, липидов, белков, нуклеиновых кислот), изменении соотношения азотистых оснований в молекулах РНК (в частности, пуринов к пиримидинам), уменьшении генерации макроэргов (АТФ, АДФ и т. п.), продуктивности дыхания и содержания эн-

догенных фитогормонов типа ауксинов, накоплении низкомолекулярных органических (простых сахаров, аминокислот, амидов, жирных кислот) и неорганических веществ (аммиака, нитратов, фосфатов, остатков фосфорной кислоты и т. д.), повышении концентрации и осмотического давления клеточного сока, сосущей и вододерживающей сил клеток (Сисакян, 1940; Шардаков, 1953; Петин, 1969; Генкель, др., 1967; Тарчевский, 1964; Соколова, 1967; Алексеев, 1968; Жолкевич, 1968; Сатарова, Творус, 1971; Попова, Самиев, 1970; Назиров, Ташматов, 1973, 1974, 1975 и др.). Быть может, при достаточно сильном водном голодании в тканях появляются и другого рода биохимические отклонения (например, аккумуляция таких токсических промежуточных продуктов метаболизма, как органические и неорганические перекиси, гипоксиды, гистоаминоподобные вещества, хиноны и т. д.). Все эти изменения биохимизма в клетках приводят в свою очередь к потере так называемого тургесцентного состояния тканей и завяданию растений, подавлению роста, нарушению процессов дифференциации и образования генеративных органов, механизмов оплодотворения, эмбрионального и постэмбрионального развития зародышей и массовому опадению плодов (например, у хлопчатника бутонов, цветов, завязей, а зачастую и молодых коробочек).

При продолжительном глубоком дефиците влаги в организме происходят необратимые структурные и метаболические нарушения, что влечет за собой гибель растений. Если же водный дефицит был сравнительно кратковременным и соответственно изменение структурных элементов клеток и обмена веществ в организме зашло не слишком далеко, то вскоре после начала оптимальной водообеспеченности растений они могут более или менее восстанавливаться (иногда даже до нормы). Благодаря этому постепенно возобновляются и рост растений, а затем и образование генеративных органов главным образом в периферийных частях куста, появляются и новые плодовые побеги, в основном за счет дифференциации и развития «спящих» во время водного дефицита боковых почек. Однако восстановление оптимальной водообеспеченности не может полностью вылечить однажды нанесенную растению водным голоданием рану и компенсировать уже принесенный ему ущерб.

Поэтому, несмотря на нормальный уровень воды в дальнейшем, нередко происходит преждевременное старение растений, снижается биологический и хозяйственный урожай и ухудшается качество продукции (в частности, у хлопчатника волокно становится коротким и непрочным). Такое явление довольно часто наблюдается не только в эксперименте, но и в производственных условиях (например, в 1975 г. в ряде областей Узбекистана, особенно в Бухарской, Кашкадарьинской, Наманганской и др.).

Вместе с тем следует отметить, что хлопчатник на разных этапах онтогенеза неодинаково реагирует на недостаток воды в почве. Он особенно сильно страдает от дефицита влаги в период дифференциации стеблевых почек и формирования генеративных органов — бутонизации (Цивинский, 1937; Меерсон, 1938; Назиров, Ташматов, 1972). Недостаток влаги именно в эту фазу развития растений чаще всего вызывает необратимое нарушение обмена воды и других веществ в клетках, приводящее к снижению урожая хлопка-сырца и его качества. Помимо того, замечено, что разные формы и сорта хлопчатника и других сельскохозяйственных культур страдают от дефицита воды не в одинаковой степени. Среди различных форм хлопчатника большей засухоустойчивостью отличаются их дикие сородичи: *G. Davidsonii* (Мауер, 1954) и *G. hirsutum* ssp. *mexicanum* var. *peruvosum* (Назиров, Ташматов, 1972).

Интересно отметить, что у хлопчатника нет определенной корреляции между скороспелостью и засухоустойчивостью, с одной стороны, и между восприимчивостью к вилту и устойчивостью к водному дефициту, с другой, т. е. эти признаки детерминируются различными генами. Среди изученных форм наиболее чувствительными к недостатку воды в почве оказались среднекороспелые сильнопоражающиеся вилтом сорта С-4727 и полученный от последнего радиационный сорт АН-Чимбайбад и, наоборот, самыми устойчивыми были практически невосприимчивый к вилту уже упомянутый «многолетний» дикий хлопчатник ssp. *mexicanum* и его среднеспелый относительно вилторезистентный мутант АН-401. Промежуточное положение между этими двумя группами в отношении засухоустойчивости занимают скороспелые восприимчивые к вилту сорт 1306-ДВ и по-

лученный от него радиационный сорт АН-Каттакурган. Радиационное воздействие существенно не затрагивало засухоустойчивости хлопчатника. Поэтому мутанты по степени засухоустойчивости заметно не отличаются от своих исходных форм.

Если исходная форма была очень чувствительна к недостатку воды в почве (сорт С-4727) или относительно устойчива к нему (сорт 1306-ДВ), то полученный от нее радиационный мутант также оказался соответственно незасухоустойчивым (сорт АН-Чимбайабад) или сравнительно устойчивым (сорт АН-Каттакурган). Если же исходный материал был высокоустойчив к почвенной засухе (дикая форма), то полученный от него мутант (сорт АН-401) по этому свойству лишь немного уступал ему и показал себя достаточно выносливым в условиях водного дефицита, несмотря на то, что в процессе работы не было никакого естественного или искусственного отбора на засухоустойчивость (табл. 7).

Наши опыты, проведенные совместно с Д. Акбаровым, Т. Х. Кошоевым и А. Тиллабаевым (1976) в различных производственных условиях (в колхозах им. Кирова Бувайдинского района Ферганской области УзССР и им. В. И. Ленина Карасуйского района Ошской области КиргССР), также подтвердили относительно высокую устойчивость сорта АН-401 к недостатку воды в почве и к суховеям. Так, исключение одной поливной нормы в период бутонизации на урожайности сорта АН-401 достоверно не сказывается, а у сортов «Ташкент-1,3» снижает ее.

По данным О. Т. Курбаева (1975), существует четкое различие и между тонковолокнистым сортом 5595-В (*G. barbadense*) и средневолокнистым 153-Ф (*G. hirsutum*) в их реакции на снижение водоснабжения—первый более засухоустойчив, чем второй.

Многочисленными опытами установлено также (Шредер, 1913; Зайцев, 1929; Рыжов, 1948; Меднис, 1950; Шардаков, 1953; Тодоров, Нешина, 1955; Еременко, 1957; Авлиякулов, 1975 и др.), что не только недостаточное, но и избыточное увлажнение почвы (особенно в первой половине вегетации) отрицательно сказывается на жизнедеятельности хлопчатника. При этом изменяются направление и характер регуляторных и обменных (в первую очередь, синтетических) процессов и качество

Влияние дефицита влажности почвы на различных этапах онтогенеза на урожайность радиационных мутантов хлопчатника и их исходных форм (на одно растение)  
(Данные Н. Назирова и Н. Ташматова, 1972)

Исходный материал и мутанты	Контроль (65%)		Снижение влажности почвы до 35% к полной влагосмкости в период бутонизации						массового плодообразования	
	число коробонок	вес одной коробоки, г	урожай хлопид-сырья, г (M±m)	число коробонок	вес одной коробоки, г	урожай сырья, г (M±m)	число коробонок	вес одной коробоки, г	урожай сырья, г (M±m)	t
1306-ДВ—исходный сорт	8,9	3,2	28,5±0,65	7,5	2,9	21,7±0,71	6,3	3,0	26±0,52	3,0
АН-Каттакурган—мутант	6,2	4,7	28,0±0,44	5,2	4,0	21,0±0,57	9,8	4,1	26,5±0,17	3,1
С-4727—исходный сорт	6,7	4,5	30,0±0,62	4,0	4,7	18,6±0,44	15,0	5,2	27,1±0,53	3,3
АН-Чимбайбад—мутант	5,2	5,8	30,0±0,55	3,1	5,7	17,8±0,37	17,4	4,6	27,3±0,70	3,0
Ssp. mexicanum—исходная форма	10,2	1,3	13,3±0,22	10,1	1,2	12,1±0,22	3,1	11,2	14,5±0,24	1,9
АН-401—мутант	6,0	5,1	31,0±0,24	5,4	5,3	28,6±0,51	4,2	5,7	31,3±0,1	3,1

Примечание. M—среднее из 30 растений, ± m—квadraticное отклонение от среднeарифметического, t—показатель достоверности различия между контролем и опытом.

продуктов фотосинтеза, листья «работают» на себя и само растение, усиливая ростовые процессы и вызывая зачастую жирование хлопчатника. В результате задерживаются заложение и развитие плодоорганов, затягивается созревание урожая, нередко происходит массовое опадение бутонов, цветов, завязей (бывают случаи сбрасывания и молодых семи, десятидневных коробочек), особенно когда обильное увлажнение почвы (например, при 80—90% от полной влагоемкости) сочетается с внесением высоких доз азотистых удобрений и повышением густоты стояния растений. В таких условиях создается также большая возможность для активации деятельности возбудителей болезней (гоммоз, вилт, гниение волокна и т. д.) и вредителей (в частности осенних тлей) хлопчатника. Все это, в конечном счете, опять же приводит к снижению урожая хлопка-сырца и масличности семян, ухудшению качества продукции.

Таким образом, в условиях орошаемого земледелия создание правильного водного режима для хлопчатника в течение вегетации является одним из решающих факторов, определяющих количество и качество его урожая. Поэтому целый ряд исследователей и коллективов занимались установлением оптимальных режимов орошения и техники поливов хлопчатника и сейчас продолжают проводить широкие опыты в этом направлении (Легостаев, 1935; Рыжов, 1948; Меднис, 1973; Шардаков, 1953; Еременко, 1957; Чарыев, Ходжамурадов, 1975 и др.). В результате многолетних работ режим орошения хлопчатника разработан удовлетворительно (Рыжов, Садыков, 1971). Рекомендованы различные схемы (число) и нормы поливов, приуроченных к главным этапам развития хлопчатника — бутонизации, цветению и созреванию, способ поливов по влажности почвы (во многих случаях нижним пределом, при котором требуется полив, принято считать 70—70—60% от предельной полевой влагоемкости) и некоторым ее гидрологическим константам (Рыжов, 1948; Еременко, 1957; Меднис, 1973; Авлиякулов, 1975), по высоте узла цветения на кустах, началу подвядания листьев (Легостаев, 1936), по сосущей силе клеток растений (Шардаков, 1953) и т. д. Среди них более правильно отражает действительную потребность растений в воде последний физиологический метод. Ибо сосущая сила является относительно объек-

тивным показателем степени насыщения клеток водой, в основном она определяет поступление воды в растение и ее отдачу в окружающую среду. Величина сосущей силы возрастает сразу же после снижения обеспеченности растений водой и уменьшается при поливе. Это дает возможность своевременно и оперативно снабдить хлопчатник водой в нужном ему количестве еще задолго до возникновения глубоких структурно-биохимических нарушений в клетках и физиологических расстройств в организме в целом. Поэтому поливы по сосущей силе дают лучшие результаты, чем по другим способам. Поливы по сосущей силе, кроме того, позволяют оросить больше растение, а не почву и сэкономить столь драгоценную в аридной зоне воду, повысить эффективность ее использования (коэффициент полезного действия). Однако по определенным главным образом объективным причинам (например, из-за известной сложности методики, отсутствия в хозяйствах полевых лабораторных помещений, приборов и других условий для проведения определения сосущей силы листьев) этот метод еще не нашел применения в производстве.

В настоящее время размеры и режимы орошения сельскохозяйственных растений, в первую очередь, главной нашей технической культуры — хлопчатника, определяются дифференцированно по системе так называемого гидромодульного районирования орошаемой территории Средней Азии, основанной на конкретных данных климатических условий, глубины залегания грунтовых вод, механического состава почв и мощности почвенного слоя над подстилающей песчаной или галечниковой толщей грунта (Легостаев, 1935; Рыжов, 1948; Шредер, сотр. 1968 и др.). С. Н. Рыжов (1970) предложил внести в данную систему некоторые дополнения: при проектировании режимов орошения хлопчатника принять во внимание и такие физические свойства различных почв, как водоотдача, скорость и высота поднятия грунтовых вод к их поверхности. Однако до сих пор не ясен вопрос об использовании влаги непосредственно на орошаемом поле. Мало кому известно также, насколько производительно и экономно расходуются поливные воды растениями для формирования урожая хлопка-сырца. Поливы в производственных условиях проводят обычно по внешним признакам хлопчатника (потемнению окраски и на-

чалу увядания листьев, появлению цветов на верхних узлах стебля и т. д.). Наиболее распространенным способом поливов, как известно, до сих пор остаются поверхностные поливы по бороздам малой струей воды (Еременко, 1957). Полив хлопчатника и других культур еще не механизирован и базируется почти полностью на ручном труде, расход воды на орошение чрезмерно большой, из-за просачивания влаги в нижние горизонты, неравномерного увлажнения почвы и поверхностного сброса на полях теряется до 35—50% оросительной воды (Рудаков, 1974).

В США довольно быстрыми темпами совершенствуется техника поверхностных способов полива. Применяется автоматическое регулирование расхода оросительной воды, широко испытываются самоходные сифоны, смонтированные на понтонах, которые двигаются вдоль каналов при помощи водяной турбинки (Беляева, 1972). Для расчета оптимальных поливных режимов (сроков и норм полива) широко используются электронно-вычислительные машины (Беляева, 1974). Организована специальная служба управления орошением, которая занимается научно обоснованным планированием поливных режимов сельскохозяйственных культур. За счет оптимизации режимов орошения центральное планирование поливов способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур в среднем на 16% при экономии оросительной воды на 8%, а расход составляет 7,5 долл. на гектар (Беляева, 1976).

В последнее десятилетие и в Средней Азии проводятся большие работы по установлению автоматических систем управления (АСУ) водопользования и совершенствованию технологии полива путем капитальной планировки поверхности поливных участков, оптимизации длины поливных борозд, автоматизации бороздкового полива, бетонированию оросительных каналов, замене их железобетонными лотками на опорах или закрытыми водоводами с выпуском воды в борозды при помощи гибких шлангов, использования сифонов. Имеется тенденция к замене временной сети в земляных руслах жесткими или полужесткими передвижными трубопроводами и распределительными лотками, что позволяет автоматизировать разделение воды между бороздами и

полосами, способствует большему ее использованию, более равномерному увлажнению почвы и лучшему развитию растений. Но новая система полива применяется еще на незначительной площади, в основном в новоосваиваемых районах Голодной степи (Рудаков, 1974). В Киргизии (Институт автоматки Академии наук КиргССР) создана физико-математическая модель прогнозирования норм и сроков полива сельскохозяйственных культур с помощью ЭВМ, которая основана на потребностях растений в воде в конкретных условиях (Пакудин, 1975). Не исключена возможность, что эта модель окажется полезной и для определения сроков полива хлопчатника в условиях Узбекистана.

Еще в 50-е годы в Узбекистане и других республиках проводились опыты по орошению хлопчатника дождеванием, которые продолжают в ряде научных и проектных организаций и по сей день (Средазгипроводхлопок, САНИИРИ, СоюзНИХИ и др.) При этом способе можно резко сократить расход оросительной воды без ущерба урожаю (Еременко, 1957).

В настоящее время в ряде зарубежных стран (США, Венгрия, Румыния, Болгария, Югославия, Куба, ГДР и др.) дождевание хлопчатника и других культур испытывается и применяется довольно широко с использованием самоходных карусельных и других установок (Беляева, 1972 а, б; 1975 а, б; Нестерова, 1972; Нестерова, Беляева, 1972; Гигиберия, 1974; Ионова, 1975). Шестилетнее сравнение поливов дождеванием и в борозды в условиях Болгарии при норме 75% от полной полевой влагоемкости показало, что дождевание оказалось наиболее эффективным способом для получения высоких урожаев хлопка (Гигиберия, 1974). Однако в наших условиях дождевание до сих пор не вышло за рамки испытания; недостаточно разработана экономически выгодная техника орошения хлопчатника этим способом и не применяется в больших масштабах на хлопковых плантациях. Поэтому наравне с дальнейшим усовершенствованием бороздкового полива следует проводить экспериментальные работы как по разностороннему изучению дождевания, так и удешевлению данного метода полива и созданию новых легко управляемых дождевальных машин.

В Узбекистане (Институт механики АН УзССР, Средазгипроводхлопок, САНИИРИ и др.) и Таджикистане (Институт земледелия) на мелкоделяночных опытах показана хорошая результативность подпочвенного капельного орошения хлопчатника. В условиях тяжело-суглинистых почв Ростовской области также установлено более производительное использование растениями (пшеницей) влаги при подпочвенном орошении (Сыпченко, 1972).

Интересные результаты получены и в опытах по использованию хозяйственно-бытовых сточных вод для подпочвенного полива пшеницы. Подпочвенное орошение такими водами пос. Радужных Коломенского района Московской области с помощью низконапорной системы, состоящей из трубчатых полиэтиленовых увлажнителей (длиной 150—200 м), установленных на глубину 50—60 см через 1,25 м, способствовало нейтрализации почвенного раствора, активизации микробиологических и физико-химических процессов в подзолистой почве и повышению ее плодородия. При этом ежегодно в почве накапливалось более 3 т/га органических веществ, значительно возрастало количество фосфора и суммы обменных оснований (с 6,9 до 38 мг и с 15 до 25,6 м-экв на 100 г почвы), на 4% увеличилось содержание ила. Урожай зерна яровой пшеницы сорта Мироновская 808 при двукратном поливе сточными водами в засушливом 1973 г. составил 47 ц/га, во влажном 1974—53 ц/га, а на контроле—37 ц/га (Шевцов, Белова, 1975).

Системы подпочвенного капельного орошения различных культур быстро распространяются в ряде зарубежных государств (Австралия, Мексика, Великобритания, Италия и др.), особенно в США (Ермакова, 1972; Беляева, 1973 а, б; 1974 а, б; Кузлякина, 1975 и др.).

Так, в этой стране в 1972 г. орошаемые капельным способом площади составляли 4 тыс. га, а в 1973 г.—24 тыс. га. По мнению специалистов, в 1977 г. капельное орошение займет около 400 тыс. га. Опыты по поливу хлопчатника данным методом проводятся в основном в штате Техас (Беляева, 1974 а).

Промышленность США выпускает различное оборудование для капельного полива: двухстенные трубопроводы из стабилизированной в ультрафиолетовых лучах полиэтиленовой пленки (толщиной 0,3 мм, выдерживаю-

щей усилие на разрыв до 2,1 кг/см<sup>2</sup>), внутрпочвенные микропористые незасоряющиеся трубопроводы («Микропор продукт» и др.), капельные насадки для установки на стационарной дождевальной установке и т. д. В Австралии также проводятся широкие опыты по усовершенствованию систем капельного орошения и их отдельных элементов: трубопроводов, фильтров, водовыпусков. Сконструированы новые системы «Даймонд — γ» и «Триклон». В первой системе капельницы оборудованы гибкой трубчатой насадкой с пиппелем и поэтому водовыпуски постоянно находятся в увлажненном состоянии, что предотвращает осаждение на них солей и препятствует закупорке высохшей пылью и грязью. Во второй системе суточная норма подаваемой воды соответствует расходу ее растениями за предыдущие дни, а в ранее используемых конструкциях она поступала постепенно и равномерно (Беляева, 1973 а, 1973 б; 1974 а, б).

Сейчас в Турции также проводятся широкие опыты по изучению влияния регулируемого подпочвенного орошения на рост, развитие и урожайность хлопчатника. В частности, на государственной станции по орошению в Манамене (Западная Турция) показано, что при подпочвенном орошении хлопчатника с укладкой дренажных труб на глубине 0,8 м (почва — песчаные суглинки) ускоряется развитие растений на первых фазах вегетации, значительно повышается число коробочек на кусте и соответственно увеличивается урожай хлопка-сырца, особенно первого сбора. Так, при таком способе полива среднее число коробочек на растение к 31 августа было 36,5, урожай первого сбора составил 31,6 ц/га, или 78,2% общего сбора (40 ц/га). При бороздковом поливе число коробочек составило 30,3, урожай первого сбора — 20,4 ц/га, при орошении дождеванием соответственно — 29,9 шт. и 25 ц/га, в контрольном варианте (без полива) — 12,5 шт. и 15,5 ц/га (Гигиберия, 1976 б).

Преимущества капельного полива заключаются в экономном расходовании растениями воды, непрерывной подаче ее непосредственно в прикорневую зону, более или менее нормальном обеспечении водопотребности хлопчатника, в автоматизации орошения, возможности внесения удобрений вместе с оросительной влагой, предотвращении образования корки на поверхности почвы и довольно резком повышении урожая. Например, по рас-

четам сотрудников Института земледелия МСХ Таджикской ССР, при внутрипочвенном капельном орошении и питании хлопчатника можно получить до 80 ц/га хлопксырца с сокращением расхода оросительной воды в два раза (Отчет САО ВАСХНИЛ за 1975 г.) По данным же американских исследователей, экономия воды при таком поливе по сравнению с дождеванием составляет около 50%, а с бороздковым — 90%; значительно сокращаются затраты труда, заметно подавляется рост сорняков в междурядьях, так как они остаются сухими. При этом способе можно использовать также слабоминерализованную воду, которая непригодна для полива по бороздам (Беляева, 1973 а). Однако следует напомнить, что постоянное увлажнение корнеобитаемого слоя при капельном поливе может способствовать развитию возбудителей болезней растений. Поэтому этот вопрос необходимо тщательно изучить.

Партия и правительство приняли решение о расширении посевных площадей под орошаемыми культурами, в первую очередь под хлопчатником. Лишь в Каршинской степи намечено освоить до 1980 г. более 300 тыс. га и производить там более 400 тыс. т хлопка. Причем, как предусмотрено в «Основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 гг.», в этом крае будут расширены главным образом посевы высококачественного тонковолокнистого хлопчатника. Естественно, в этих условиях, да и вообще во всех районах аридной зоны с ограниченными водными ресурсами из года в год все больше будут возникать трудности, связанные с нормальным обеспечением хлопчатника и сопутствующих культур (люцерны, кукурузы и т. д.) водой. Помимо того, в южных и юго-западных хлопкосеющих районах довольно часто бывают сильные суховеи (гармсар, афганка), которые иссушают почву, вызывают массовое опадение плодовых органов хлопчатника. В этом свете большое значение приобретают широкие испытания и внедрение подпочвенного капельного способа полива, изыскание других прогрессивных методов экономного использования оросительной влаги, простых полевых методов диагностики потребности хлопчатника в воде и агротехнических мер повышения его устойчивости к водному дефициту в почве, суховеям, выведение более засухоустойчивых сортов, экономно потребляющих воду, способных

дать высокие урожан с хорошим качеством волокна при ограниченном водоснабжении, и разработка дифференцированных оптимальных режимов орошения для каждого нового сорта применительно к району его возделывания. Мы убедились в том, что в решении этой проблемы большую услугу может оказать использование радиации в селекции. Например, при замачивании семян дикой формы хлопчатника (*G. hirsutum* ssp. *mexicanum*) в растворе радиофосфора нами довольно быстро был получен ряд засухоустойчивых скороспелых и среднеспелых мутантов, из которых такие высокоурожайные вилто-, засухоустойчивые сорта, как АН-402, АН-403, АН-407, АН-408, в настоящее время широко испытываются по линии Госсортсети и размножаются в некоторых хозяйствах Узбекской и Киргизской ССР. Бесспорно, в деле выведения засухоустойчивых сортов нужно шире применять также методы гибридизации и химического мутагенеза с привлечением названных выше высокорезистентных к дефициту воды диких форм (*G. hirsutum* ssp. *mexicanum*, *G. Davidsonii*) и радиационных мутантов.

В данной области перспективными могут быть исследования генетической природы засухоустойчивости хлопчатника, закономерностей наследования этого свойства, генетической связи его с другими признаками, состояния клеточных органелл (ядер, митохондрий, хлоропластов, рибосом), фотосинтеза, дыхания, особенности водного и энергетического обмена, минерального питания (макро- и микроэлементов), выделительной и поглотительной функций корней, спектров белков у различных сортов, мутантов при недостаточном водоснабжении, пусковых механизмов и процессов восстановления после устранения водного дефицита и создание простых лабораторных методов быстрого определения засухоустойчивости сортов на ранних этапах развития, что очень важно для селекции. Такой способ уже разработан в Молдавии для кукурузы, сущность которого заключается в выращивании растений на фоне гербицида, внесенного перед севом в несколько большей дозе, чем принято, и изменении темпов роста корней (Либерштейн, 1973).

В преодолении недостатка оросительной воды и борьбе с почвенной, воздушной засухами и горячими суховеями большую роль может сыграть создание долгосрочных прогнозов погоды и способов активного воздейст-

вия на атмосферные явления. Например, в США председатель комиссии по использованию водных ресурсов доктор И. Крик, изучая фактический материал о еженедельном распределении атмосферного давления в северном полушарии, начиная с 1889 г., показал закономерное чередование приблизительно шестидневных циклов атмосферного давления и на этой основе разработал математический метод долгосрочного прогнозирования погоды, который оправдывает себя на 80% (Беляева, 1972 г.). Под руководством этого специалиста во многих штатах проводятся работы, позволяющие уже сейчас увеличить количество осадков на 20—30%. В штате Колорадо путем распыления йодида серебра над облаками вызывают искусственные снежные осадки зимой, чтобы обеспечить достаточные водные запасы для орошения растений летом. По расчетам, стоимость прибавки урожая на единицу площади от применения дополнительной воды в 100—200 раз превышает расходы на активное вызывание осадков (Беляева, 1972 г.). Кроме того, в США рекомендован способ нейтрализации оросительной воды с повышенным содержанием ионов  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{++}$ , бикарбонатов натрия и аммония путем добавления к ней серной кислоты, что предотвращает засоление почвы (Беляева, 1975 г.). Целесообразно развернуть аналогичные исследования и в условиях Узбекистана, ибо в последние годы (1974—1975) из-за маловодья для поливов хлопчатника стали использовать также минерализованную коллекторно-дренажную воду, содержащую соли на тяжелых почвах до 2,5—3 мг/л, а на легкосуглинистых и песчаных почвах — даже до 4—5 мг/л (Отчеты СоюзНИХИ и Каракалпакского научно-исследовательского института земледелия МСХ СССР за 1975 г.). Длительное же орошение оросительной водой, содержащей минеральные соли в повышенном количестве без предварительной нейтрализации (в течение 10—15 лет), как показано в Австралии, приводит к засолению почвы до ее глубоких слоев — 100—120 см (Шишова, 1975). Работы по нейтрализации оросительной влаги могут открыть в будущем широкие горизонты использования морской воды для орошения хлопковых полей, так как уже установлена возможность полива ряда сельскохозяйственных культур (подсолнечник, пшеница, ячмень) водой Каспийского моря (Грамматикати и др., 1975).

## МЕЛИОРАЦИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ И СОЛЕУСТОЙЧИВОСТЬ ХЛОПЧАТНИКА

В аридных зонах большие площади (более 50%) посевных земель засолены в разной степени. В Средней Азии, например, около 1 млн. га составляют солончаки. В некоторых хозяйствах Голодной степи площадь засоленных пятен достигает 35% посевов хлопчатника. На орошаемых полях микропятна с повышенным содержанием солей со временем нередко становятся солончаками, например, в Бухарской области. Возможность развития вторичного засоления сдерживает и освоение новых земель в этой области, которая имеет большие резервы для увеличения посевных площадей (Таджиходжаев, Гафуров, 1975).

Засоление земель снижает численность и активность полезных микроорганизмов (нитрификаторов, аммонификаторов), имеющих непосредственное отношение к плодородию почв (Музафарова, 1975), способствует интенсификации процессов денитрификации и увеличивает потери азота через улетучивание в виде газа (Чумаченко, 1970). Оно нарушает эволюционно сложившуюся избирательную проницаемость клеток для различных веществ и, как следствие, усиливает поступление в хлопчатник одних элементов из внешней среды (натрия, хлора, алюминия, железа, кремния, фосфора и др.) и уменьшает других (калия, кальция и т. д.), повышает концентрацию и осмотическое давление клеточного сока, снижает поглощение воды корнями, изменяет ультра-тонкое строение и функциональное состояние микроструктур (митохондрий, аппарата Гольджи, эндоплазматического ретикулума, лейкопластов), скорость и направление ферментативных процессов обмена, индуцирует распад высокомолекулярных биологически особо важных соединений (например, разрывает связь между ДНК и гистонами), резко подавляет так называемый гликолитический (или гексозодифосфатный) цикл и усиливает пентозофосфатный (или гексозомонофосфатный) путь окисления органических субстратов, снижает энергетическую эффективность дыхания, вызывает накопление в тканях различных токсичных продуктов жизнедеятельности организма (минеральных, органических и аминокислот, аммиака и т. д.) и целый ряд иного рода

отклонений в клетках (Строгонов, 1962; Саидов, 1966; Шахов, 1968; Азимов, 1973 и др.). Все это приводит к покраснению и сильному изгибу корешков проростков, а затем постепенному их отмиранию и изреженности хлопковых полей. У выживших растений засоление нарушает состояние хлоропластов, изменяет количество и соотношение хлорофиллов (а, б), качество продуктов фотосинтеза, снижает интенсивность этого процесса, биосинтеза белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов и жиров, затягивает вегетационный период, уменьшает вес и число коробочек, задерживает их раскрытие. В результате снижаются валовая продукция и качество хлопко-сырца.

Вред, наносимый засолением почв продуктивности хлопчатника, огромен. По расчетам, ежегодная потеря урожая под влиянием солей только на староосвоенных землях хлопкосеющих республик Советского Союза составляет не менее 1,5 млн. т хлопко-сырца (Азимов, 1973). Поэтому борьба с засолением почвы, повышение солеустойчивости хлопчатника имеют большое народнохозяйственное значение. Основным же средством борьбы с засолением являются промывки земель, зимние и ранневесенние поливы — яхоб, которые, однако, могут вызвать вторичное засоление полей. И эта проблема с давних времен привлекает внимание исследователей и практических специалистов сельскохозяйственного производства с различных точек зрения.

Следует признать, что одним из важных звеньев повышения плодородия засоленных почв было и остается коренное улучшение их мелиоративного состояния. Как указывал первый секретарь ЦК КП Узбекистана Ш. Р. Рашидов, «ирригация и мелиорация у нас являются основой всего сельскохозяйственного производства, главным фактором повышения плодородия почв и культуры земледелия, выращивания гарантированных высоких урожаев»<sup>1</sup>.

В последние годы немало работ проведено по улучшению мелиоративного состояния засоленных земель, на сотнях тысяч гектаров площадей построены современные

---

<sup>1</sup> Ш. Р. Рашидов. Хлопок — наше богатство. В кн. Сельское хозяйство СССР на современном этапе. М., Политиздат, 1972, стр. 54.

горизонтальные и вертикальные дренажи (Духовный, 1975). Сконструирован комбинированный (уложенный бестраншейным способом) пластмассовый дренаж с вакуумной системой для использования в период капитальных промывок засоленных и сильнозасоленных земель, который дает возможность резко интенсифицировать рассоление, повысить эффективность промывок и повторно использовать промывные воды (Рабочев, 1973; Бобченко, Булаева, 1975). В настоящее время ведутся также другие поисковые исследования по радикальному рассолению почв, изыскиваются пути создания надежного и более экономичного дренажного фона, разрабатываются системы освоения новых засоленных почв, дающие возможность всемерного повышения их плодородия при оптимальном использовании водных и земельных ресурсов. Некоторыми научными учреждениями (в частности Ленинградским агрофизическим институтом ВАСХНИЛ) в условиях Голодной степи проводятся опыты по рассолению почв с помощью электрического тока слабого напряжения (путем электролитического распада солей) и уже получены первые обнадеживающие результаты. Следует шире развернуть эти исследования, не упуская из виду также изучения влияния электрического тока на жизнедеятельность почвенной микрофлоры как в год воздействия, так и в будущем.

В Институте экспериментальной биологии растений Академии наук УзССР (Азимов, 1973) показан положительный эффект от внесения карбоната кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) в зависимости от степени засоления (от 1 до 3 т/га) или азотнокислого кальция (200—400 кг/га) в засоленные почвы, что выражалось в повышении густоты стояния, заметном ускорении созревания и увеличении урожайности хлопчатника (на 20 и более процентов). Причем, по мнению инициатора этого приема, действие внесенного кальция сохраняется в течение четырех-пяти лет. Такой эффект объясняется замещением ионов натрия в поглощающем комплексе почвы ионами кальция (Лутц, 1955) и восстановлением равновесия различных ионов в тканях растений в результате увеличения поступления в них ионов кальция и, соответственно, уменьшения ионов натрия, магния и фосфора (Азимов, 1973). Однако последнее обстоятельство наводит на мысль — целесообразно ли вносить в почву кальций, причем в

огромных количествах, если он сдерживает поступление в растение не только вредных ионов, но и одного из главных элементов питания — фосфора, коэффициент использования которого хлопчатником и другими культурами в наших условиях и без того слишком низок (15—20%). По крайней мере, прежде чем рекомендовать кальций для широкого внедрения в производство, следует этот вопрос досконально изучить.

Но с другой стороны, интересные данные, говорящие в определенной степени в пользу кальциевого обогащения почвы, получены и в совершенно других агроприродных зонах орошаемого земледелия, например в условиях Венгерской Народной Республики при внесении в засоленные земли породы (300—500 м<sup>3</sup>/га), содержащей СаСО<sub>3</sub> и гипс. Данный прием сейчас применяется уже на площади 100 тыс. га и получил название мелиорации породой (дигозаш). Расходы окупаются прибавкой урожая (6—7 ц/га) в течение трех-пяти лет (Ионова, 1973). В этой стране при использовании гипса на щелочных солонцах по фону глубокого рыхления урожай полевых культур утроился, а при дополнительном внесении азота увеличился в 4,7 раза.

На засоленных почвах рекомендованы частые поливы при малых оросительных нормах. Установлен контроль за качеством поливных вод. Для прогноза вторичного засоления орошаемых почв предложен расчетный метод определения критического уровня залегания грунтовых вод, по которому составлена почвенно-мелиоративная карта, она используется при планировании и проведении мелиоративных работ и орошении (Ионова, 1973). В Ростовской области РСФСР также определена критическая глубина грунтовых вод, ниже которой они не оказывают прямого влияния на содержание солей в почвенном профиле. В частности, на орошаемых один год, четыре года и 12 лет участках с критическим уровнем грунтовых вод соответственно 1,3—1,5; 1,3—3 и 1,2—3 м и фактическим — 5—5,2; 3,4—4,2 и 1,8—3 м отсутствует опасность вторичного засоления (Моргун, 1975).

Многолетними опытами Института почвоведения и агрохимии Академии наук АзССР, проведенными в лабораторных и производственных условиях, тоже установлено, что промывка трудномелиорируемых глинистых

щелочных солончаков с предварительным внесением гипса (15—20 т/га) приводит к увеличению объема поглощенного кальция (на 10—15%), уменьшению поглощенного натрия, повышению (в пять-шесть раз) количества водопрочных агрегатов, коэффициента водопроницаемости почв и глубины просачивания промывных вод (в три-пять раз). При этом в четыре-пять раз ускоряется процесс вымывания солей из верхнего метрового слоя почв с сокращением в 4—4,5 раза норм промывных вод по сравнению с промывкой без внесения гипса. Использование последнего с навозом (40 т/га) еще более ускоряет (на пять-шесть лет) опреснение корнеобитаемого слоя почвы (1,2—1,5 м), повышает урожайность хлопчатника до 25—26 ц/га, а зеленой массы гороха — до 180—190 ц/га (Абдуев, 1974).

В США также в борьбе с засолением почв с высоким содержанием натрия на фоне дренажа применяют гипс. В этих условиях наиболее сильное сокращение экстрагируемого натрия, лучшее развитие корневой системы и самые высокие урожаи кукурузы (52—98 ц/га) отмечены в случае внесения гипса (62 т/га) на фоне глубокой вспашки (на глубину до 90 см) и дренажа при расстоянии между гончарными дренами не более 9 м (Шишова, 1975 в).

Однако в условиях Средней Азии (с жарким климатом, большим дефицитом влажности воздуха, нередкими суховеями, иссушающими почвы) внесение гипса в засоленные земли, которые характеризуются высокой насыщенностью поглощающего комплекса щелочно-земельными основаниями (Ca, Mg), сравнительно малым количеством щелочных оснований (Na, K), повышенным испарением так называемых возвратных пленочно-капиллярных токов влаги и связанным с ним относительно быстрым передвижением солей, может отрицательно сказываться на плодородии полей, особенно на фоне удобрений. Это подтвердили полевые опыты, проведенные в Вахшской долине (ТаджССР). Там на негипсованной почве, содержащей 0,01% хлора, при внесении азота (120 кг/га), фосфора (100 кг/га) получено по 32 ц/га хлопка-сырца, а на гипсованной почве — по 25,6 ц/га. При содержании же 0,07% хлора на почве без гипса на фоне NP собрано по 22,8 ц/га, а с гипсом — лишь 8,2 ц/га (данные И. М. Джумаевой, цит. по Чумаченко, 1970).

В США для улучшения водопроницаемости карбонатно-содовозасоленных почв промывание сочетают с внесением серной кислоты. Показано, что кислота разрушает карбонаты кальция и вытесняет обменный натрий, который затем легко удаляется промывной водой, что приводит к улучшению уровня агрегированности почвенных частиц и увеличению фильтрации (Шишова, 1976).

Как показывает опыт, накопленный и у нас, и за рубежом, хороший мелиоративный режим на орошаемых почвах достигается также при сочетании дренажа с прогрессивными агротехническими приемами, в частности при поливе дождеванием, применении системы автоматизированного бороздкового полива, что резко уменьшает расход воды и интенсивность дренажа (Духовный, 1975). При освоении солончаков Центральной Ферганы наилучшие результаты дали промывки после предварительной относительно глубокой вспашки (на 30—33 см) полей с внесением навоза (12 т/га) и 60—65% годовой нормы суперфосфата (Каримов, 1964). На староорошаемых засоленных землях Голодной степи вспашка почвы с оборотом верхнего плодородного (20 см) и одновременным рыхлением нижнего слоя (до 40 см) оказалась лучшим способом, повышающим эффективность промывок и урожай хлопка-сырца (Турсунходжаев, 1972).

В различных гидрогеологических и почвенно-мелиоративных условиях Джизакской степи УзССР наиболее эффективными были промывки засоленных земель напуском по полосам и затоплением чеков и менее результативными — по бороздам, так как большие уклоны поверхности ( $i=0,004—0,066$ ) и низкая водопроницаемость почвогрунтов обуславливают высокую величину сброса (до 50% от водоотдачи). Показано, что промывки под покровом культур-освоителей, используемых как сидераты, способствуют уменьшению испарения, более равномерному распределению воды по чекам, полосам и улучшению физико-химических свойств почв (Сафонов и др., 1974). В борьбе с засолением большую роль играет и способ обработки почв. Так, по результатам исследований сельскохозяйственной опытной станции провинции Альберта Канады (Лукина, Сальников, 1974), периодическая (один раз через 5—13 лет) глубокая вспашка (на 40—60 см) способствует поднятию гипса и извести

из нижнего горизонта и равномерному распределению их по всему профилю почвы, разрушает непроницаемые слои, выворачивает вверх менее засоленные части, что смещает рН почвенного раствора ближе к нейтральной стороне. Одновременно происходит более экономное снабжение кальцием пахотного горизонта солонцеватых почв. В результате улучшаются условия для роста и развития растений, повышается их урожай.

На среднесуглинистой средnezасоленной, издавна орошаемой луговой земле Каракалпакии с плотным сложением подпахотных слоев и сравнительно близким залеганием грунтовых вод (2—2,5 м) двухъярусная вспашка (на 30 см) обеспечила повышение водопроницаемости почвы, сильное вымывание солей, снижение уровня последних (на 54—62%) и увеличение урожайности хлопчатника сорта С-4727 (на 3,7 ц/га), что дало экономию в среднем 97 руб. 90 коп. на гектар (Турганбаев, 1975).

Вместе с тем большое влияние на перераспределение солей и влаги оказывают неравномерность почвенно-мелниоративных условий тех или иных агрорайонов, отдельных участков, проведение оросительных каналов без антифильтрационных покрытий, строительство водохранилищ подпорных сооружений (Духовный, 1975). Шестилетние исследования, проведенные в США (округ Фреско штата Калифорния), показали также неодинаковое влияние возделываемых культур на степень засоленности орошаемых почв. Под пропашными растениями засоленность почвы до глубины более одного метра была в два раза больше, чем под виноградниками и сорняками (необрабатываемые земли). Засоленность почвы под садовыми культурами увеличилась до глубины 1,8—2,4 м, затем снизилась и на глубине 6 м была одинаковой с содержанием водорастворимых солей под другими растениями. Водоупоры ограничивали движение солей (Шишова, 1975 б).

В борьбе с засолением земель большое значение может иметь также выращивание риса на таких почвах, о чем свидетельствуют десятилетние производственные опыты, проведенные в рисосовхозах Прикаспийской низменности. В них, в частности, показано, что уже после первого года выращивания риса содержание солей в верхнем полуметровом слое почвы уменьшается до нетоксичного для растений уровня, заметно возрастает ее

агрономически полезная агрегированность. На четвертом году возделывания риса было почти полное рассоление почвы, в результате урожай на ней был такой же, как и на незасоленных лугово-каштановых почвах (соответственно 53,6 и 53,2 ц/га). Введение в севооборот люцерны придало процессу рассоления необратимый характер, способствуя иссушению почвенного профиля (Пак, Степанец, 1975).

Таким образом, освоение рисово-люцерновых севооборотов на базе эффективных дренажно-сбросовых сооружений является одним из основных условий повышения плодородия солонцовых почв и получения высоких урожаев риса и других культур.

В США проводятся широкие исследования по борьбе с засолением грунтовых вод. В специальном центре бюро мелиорации обеспечиваются подготовка и выдача прогнозов по ожидаемому засолению земель, состоянию грунтовых вод, содержанию солей в оросительной воде и различных слоях почв (Шишова, 1975 а, Nagan, Roberts, 1975; Беляева, 1976 б).

Установлено, что в профиле орошаемых земель соли распределяются неравномерно. Максимальное их количество имеется по границе фронта увлажнения. При бороздковом поливе в результате боковой фильтрации воды соли накапливаются на поверхности и по центральной оси гребней в том месте, где смыкаются фронты увлажнения от двух соседних поливных борозд и таким образом семена и всходы располагаются в зоне аккумуляции солей. Однако местоположение этой зоны можно изменить путем черезрядкового полива или двухстрочного ленточного посева и полива в каждую борозду. При дождевании аккумуляции солей в поверхностных горизонтах почвы не происходит, но растения в жаркую погоду могут страдать от осаждения солей на листьях.

В аридной зоне минерализованные воды не используются для полива даже при достаточно низкой концентрации солей (например, для бороздкового полива с суммарным содержанием солей 2—3 г/л, для дождевания с содержанием растворимого натрия более 125 мг/л, хлора — свыше 175 мг/л). Изучается влияние слабоминерализованных вод (1,3 г/л) на почвы, ведутся работы по деминерализации дренажных вод (например, добавлением серной кислоты, о чем уже говорилось в предыду-

шем разделе данной книги), предупреждению повышения минерализации оросительной влаги. Калифорнийским университетом и лабораторией засоления (г. Ривейсайд, штат Калифорния) создан непрерывный промывной режим для засоленных почв с затратой меньших объемов воды, чем обычно, сущность которого заключается в следующем. В верхнем слое почвы специальными приборами систематически регулируются водный и солевой режимы почв и источники водоснабжения, в результате чего создается постоянная оптимальная для роста и развития растений увлажненность (не ниже 80% от полевой влагоемкости). При достижении такого уровня воды, по показанию датчиков, установленных в почве, автоматически включаются дождевальные аппараты и установки по капельному орошению. При таком режиме корни растений нормально обеспечиваются в пахотном слое влагой, не проникающей в нижние засоленные пласты, и исключается возможность поступления растворов из грунтовых вод к поверхности почвы. Небольшие поливные нормы, предусмотренные этим режимом, способствуют медленному оттоку солей в глубь почвы с отводом просочившейся незначительной части растворов высокой концентрации при помощи дренажной системы. При этом часть солей задерживается в нижних горизонтах почв. Но систематическая подача воды, полностью компенсирующая расход ее на транспирацию и испарение, исключает поднятие солей вверх. Такая система орошения резко уменьшает расход воды на инфильтрацию (это не превышает 5—10% поливной нормы), на поливы и промывки почв, поддерживая содержание солей на допустимом для растений уровне, снижает количество дренажных вод и солевого стока, следовательно, и поступление солей в грунтовые, затем в речные воды и способствует получению устойчивого гарантийного урожая сельскохозяйственных культур (Шишова, 1975 а) Hagan, Roberts, 1975; Беляева, 1976 б).

Подсчитано, что соблюдение такого режима орошения только в одном штате (Аризона) с орошаемой площадью 26 тыс. га, где при обычных промывках потери воды на сброс и инфильтрацию составляют 42%, сократит вынос солей в водоемы на 300 тыс. т в год (Hagan, Roberts, 1975).

Наряду с изысканием мер борьбы со вторичным засолением почв в настоящее время в США проводятся работы по усовершенствованию системы и строительства дренажа. Промышленность выпускает гофрированные дренажные пластиковые трубы (в большинстве случаев из полиэтиленовой смолы высокой плотности), которые тоньше и в четыре раза дешевле гладкостенных. Укладываются они (скорость 600 м/час) с помощью дреоукладчика, прикрепленного к гусеничному трактору, под контролем лазерного луча и установленного на укладчике электрочувствительного прибора («глаз»). Последний, воспринимая лазерный луч, автоматически управляет гидравлическими цилиндрами, регулирующими глубину установки дрен (Ионова, 1975).

Для проведения мелиоративных работ, контроля за концентрацией солей в почве после промывных и вегетационных поливов в сточных водах, водоемах, реках и оросителях большое значение имеет разработка экспресс-методов определения содержания солей в них. Недавно в США Региональной лабораторией засоления почв в г. Риверсайде создан прибор для быстрого определения степени засоления почв в полевых условиях, действие которого основано на имеющейся тесной связи между электропроводностью земель и степенью их засоления. Прибор имеет четыре электрода, расположенных на одной прямой линии. Через два крайних электрода подается электрический ток. Сопротивление почвы определяется на внутренней паре электродов. Объективные результаты получаются, если измерения электропроводности проводят при определенной постоянной влажности почвы. Поэтому операцию проводят на первый-второй день после обильного дождя или полива, когда влажность почвы соответствует ее полной полевой влагоемкости. Измерение засоленности почв можно проводить на любой ее глубине (Сальников, 1976).

У нас, на территории хлопковых полей Голодной степи сотрудниками Почвенного института им. В. В. Докучаева (г. Москва) изучалась возможность определения степени засоленности орошаемых почв по материалам аэрофотосъемок (Панкова, Мазиков, 1976). Снимки были проведены летом и осенью.

На снимках полей, засеянных хлопчатником, отчетливо была видна пятнистость, обусловленная изрежен-

ностью и угнетением растений под влиянием засоления почв. Наилучшие результаты дали аэро съемки, произведенные после прекращения поливов, которые частично искажали фотонзображение, уменьшая пятнистость.

Установлено, что чем выше засоленность почв в верхнем метровом слое, тем больше пятна на снимках. Камеральное дешифрирование аэроснимков позволило определить контуры почв со слабым и сильным засолением, а также выделить солончаки (Панкова, Мазиков, 1976).

В дальнейших разработках систем мелиорации засоленных земель нужно учитывать все перечисленные факты и соответственно выработать дифференцированные агротехнические и инженерные рекомендации по устранению солей. В ближайшие годы необходимо и в наших условиях создать способы прогнозирования солевого режима, более совершенные и простые (прежде всего, наземные) экспресс-методы определения солей в почве и водоемах и комплекс мероприятий по рассолению и предупреждению реставрации засоления, разработать дифференцированные нормы и режимы промывных поливов для отдельных зон, научно обоснованные технические методы регулирования водно-солевого режима корнеобитаемого слоя почвы и подстилающих грунтов, а также внедрить в производство автоматизированные мелиоративные системы в различных хлопкосеющих и других основных районах орошаемого земледелия. Однако устройство современных, даже очень надежных, дренажей и промывки полностью не очищают поля от засоления, ибо при близком залегании грунтовых вод всегда имеет место реставрация солей (Рыжов, Садыков, 1975). Мелиоративные работы не дают должного эффекта особенно там, где большая часть натрия связана адсорбционно с почвенным поглощающим комплексом (Пулатов, 1975).

Известно, что хорошая мелиорация почв Хорезмской области и промывки способствовали значительному повышению их плодородия, создали возможность применения больших доз удобрений (например, азота до 500 кг/га). Но там эффективность использования удобрений все же слабее, чем на незасоленных землях. В Бухарской и Ферганской областях, почвы которых засолены сильнее, а мелиоративные работы проводятся не-

сколько хуже по сравнению с Хорезмской, минеральные удобрения используются хлопчатником и другими растениями с еще меньшей эффективностью. Помимо того, как выяснено в условиях Хорезмской и Чарджоуской областей, во время промывок достаточно большое количество почвенных макро- и микроэлементов питания (например, около 50 кг/га чистого азота и столько же калия) вместе с вредными солями уходит в нижние слои почвы, а затем с отводной дренажной водой попадает в реки и другие бассейны и теряется бесполезно или, накапливаясь, может стать балластом (Рабочев, 1973). Вынос же растворимых солей с дренажной водой, условно, повышает минерализацию водоемов. Например, по расчетам американских специалистов, содержание солей в воде нижнего течения реки Колорадо достигло такого уровня, что стало почти невозможным использование ее для орошения (Hagan, Roberts, 1975). Более того, промывки засоленных почв, как известно, связаны с огромными расходами пресной воды, недостаток которой все больше ощущается, особенно в последние годы.

В связи с изложенным параллельно с развитием мелиоративных работ нужно разработать способы коренного повышения солеустойчивости хлопчатника и сопутствующих культур. Перспективным является также разрывание изыскательных работ по биологической мелиорации засоленных почв путем подбора и включения в севооборот высокосолеустойчивых кормовых растений (галофитов), например, некоторых видов солянки (*Salsola rigida*), верблюдки (*Corispermum*) и ежовника (*Anabasis salsa*), прекрасно растущих на засоленных и солончаковых почвах Средней Азии (Жуковский, 1964), которые могут без вреда для себя аккумулировать в клеточном соке достаточно большие концентрации солей. Заслуживают одобрения также работы, проводимые в Институте ботаники Академии наук УзССР (К. З. Закиров) по разработке приемов возделывания дикорастущих солеустойчивых технических растений (сапониноносного качима и др.) для средnezасоленных почв Голодной степи.

Небезынтересно напомнить, что вопросы солеустойчивости хлопчатника и других растений не новы, они изучаются давно. Написан ряд обобщающих монографических трудов (Строгонов, 1962; Саидов, 1966; Шахов, 1968;

Азимов, 1973 и др.) и многочисленные экспериментальные и теоретические статьи, посвященные этой проблеме (Balls, 1914; Новиков, 1943; Аманов, 1942; Ковда, 1949; Генкель, 1954; Носов, 1960; Гумарова, 1960; Пулатов, 1975 и др.). Особенно большое внимание уделяется физиологии солеустойчивости хлопчатника.

Установлено, что хлопчатник является сравнительно солеустойчивым растением и может переносить достаточно высокое содержание (до 1%) солей в почве (Balls, 1914; Новиков, 1943 и др.). Однако степень его устойчивости к этому фактору резко меняется в зависимости от физико-химических свойств почв, качественного, количественного состава и соотношения солей и минеральных элементов питания в них, уровня воды, агротехники, микрорельефа, климатических условий, физиологического состояния и индивидуальных наследственных особенностей (генотипа) особи, сорта, видов и т. д. Хлопчатник наиболее чувствителен к карбонатно-хлоридному и относительно устойчив к сульфатному засолению (Строгонов, 1962). Он проявляет особо высокую чувствительность к воздействию солей в раннем, ювенильном возрасте, затем его солеустойчивость возрастает с некоторыми колебаниями (снижением в фазу бутонизации и начале цветения), достигая апогея в период массового образования коробочек (Новиков, 1943; Абуталибов, 1940; Саидов, 1966 и др.).

Показано, что разные сорта и формы хлопчатника на одном и том же этапе онтогенетического развития не в одинаковой степени реагируют на засоление. По степени реакции на воздействие солей их отдельные исследователи (Строгонов, 1949) делят на солестойкие (например, сорта 8196, 1306, С-460, 35—1), солевывносливые (8517, 1897) и соленевыносливые (36-М—2, 113-Ф, 8427, 1125). В естественных условиях засоления в период прорастания семян сорта тонковолокнистого хлопчатника (*G. barbadense* L.) по сравнению с средневолокнистыми (*G. hirsutum* L.) оказались более устойчивыми (Пиуновский, 1952). Интересно добавить, что тонковолокнистые сорта вида *G. barbadense* (Гиза-45, Гиза-70 и Менуфи) по всхожести и темпам развития в первый период жизни были более солеустойчивыми и в условиях Египта, чем средневолокнистые сорта вида *G. hirsutum* (Кокер-100 и др.). Наименьшей солеустойчивостью отличались сорта

вида *G. argophen* (Харламова, 1975). В условиях Узбекистана в эту фазу роста при вышесредней засоленности почвы наиболее выносливой была также Турфанская гужа, относящаяся к виду *G. herbaceum* (Азимов, 1973). Обнаружен дикий вид — *G. Davigsonii*, высокоустойчивый к действию солей (Мауер, 1954).

Однако не всякая дикая форма является устойчивой к засолению. Так, по результатам опытов, проведенных нами с сотрудниками (Н. Ташматов, А. Ибрагимов, А. Вахабов), среди изученных форм на начальных этапах их роста и развития наиболее чувствительным к воздействию солей оказался другой дикий вилто-холодо-засухоустойчивый типично короткодневный хлопчатник *G. hirsutum* ssp. *mexicanum* var. *peruosum* и более солевыносливыми — полученные от него вилто- и засухоустойчивые радиационные фотопериодически нейтральные скороспелый сорт АН-402, среднеспелый АН-403. Восприимчивые к вилту и менее засухоустойчивые скороспелый сорт 1306-ДВ и его радиационный мутант АН-Каттакурган со слабой фотопериодической реакцией по солеустойчивости были ближе к дикому хлопчатнику. Вилтоустойчивый среднеспелый мутант АН-401, ультраскороспелый АН-405, скороспелый АН-Чимбайбад, промышленный вилтоустойчивый среднеспелый сорт «Ташкент-1» и скороспелый восприимчивый к вилту сорт С-4727 по солевыносливости занимают среднее место — между дикой формой и сортами АН-402, АН-403. Высокая солевосприимчивость вилто-, засухо-, холодостойкой дикой формы ssp. *mexicanum* объясняется, видимо, условиями ее происхождения: она возникла и распространена в засушливых, сравнительно холодных (горных) зонах Мексики на незасоленных (пресных), но сильно зараженных инфекцией возбудителя вертициллезного вилта почвах. Сейчас эксперименты по изучению солеустойчивости и ее связи с другими признаками хлопчатника продолжаются с привлечением большого набора диких форм и сортов и сравнительно точным учетом условий их происхождения и в ближайшем будущем будет получен более вероятный ответ на этот сложный вопрос.

Следует отметить, что у хлопчатника отсутствует какая-либо определенная корреляция между солевыносливостью и холодостойкостью, вилтоустойчивостью, засухоустойчивостью, скороспелостью и степенью реакции на

продолжительность дня. Следовательно, эти физиологические свойства хлопчатника детерминируются не одними и теми же генами и их фенотипическое развитие (проявление) контролируется разными группами генов. Однако это лишь предположение. И эта теоретически интересная, практически важная задача науки ждет своей разработки с участием генетиков, цитологов, физиологов и других специалистов.

Как установлено серией полевых наблюдений, не только разные сорта и виды, но отдельные индивидуумы одного и того же сорта хлопчатника проявляют неодинаковую солевыносливость. На засоленных почвах нередко встречаются как высокоурожайные, так и высокосолеустойчивые кусты. Поэтому было даже предложено применять внутрисортные скрещивания для получения форм с повышенной устойчивостью к засолению почв и большой плодовитостью (Строгонов, 1962), а также проводить отбор семенного материала хлопчатника на засоленных почвах (Бурин, 1952).

Многими исследователями отмечалось повышение солеустойчивости хлопчатника и при предпосевной обработке семян в растворах солей (Генкель, 1954; Агакишиев, 1954 и др.) или при постепенном усилении засоленности почвы (Шутов и др., 1936). Однако эти приемы улучшения солеустойчивости хлопчатника оказались малоэффективными в производственных условиях.

Солеустойчивость хлопчатника удается постепенно повысить также путем выращивания его в течение ряда поколений непосредственно на засоленных полях (Бурин, 1952; Пулатов, 1975). Например, в опыте, проведенном в условиях Ферганской области, при культивировании различных по вилоустойчивости сортов хлопчатника на засоленных почвах происходило закономерное нарастание их солевыносливости из года в год. Благодаря чему на четвертый год опытные растения на средnezасоленном фоне по густоте стояния, числу коробочек, скороспелости и урожаю хлопка-сырца уже приблизились к контрольным, выращенным на обычной, пресной почве (табл. 8).

Возрастание солеустойчивости хлопчатника при выращивании на засоленных почвах — это результат модификационных изменений в организме, обусловленных не перестройкой генотипа (наследственных основ), а лишь

Таблица 8

Изменение урожайности хлопчатника при выращивании  
его на засоленных почвах, ц/га  
(Данные Н. Пулатова, 1975)

Сорт	Год выращивания	Степень засоления		Пресный фон
		средняя	сильная	
108-Ф	Первый	16,5	11,7	28,7
	Второй	18,6	13,6	
	Третий	22,6	15,6	
	Четвертый	25,5	17,6	
«Ташкент- 2»	Первый	18,4	13,4	31,8
	Второй	21,4	16,2	
	Третий	24,6	18,1	
	Четвертый	28,6	20,1	

обратимой активацией отдельных локусов хромосомного аппарата под влиянием солей. Оно является только временным физиологическим приспособлением растений к засолению. Такое свойство, приобретенное в условиях засоления, не будет наследственно закрепляться и при выращивании хлопчатника на пресной почве через одно-два семенных поколения, безусловно, исчезнет. Но экспериментальное установление потенциальной способности хлопчатника к повышению своей солевыносливости при культивировании на засоленных землях имеет большое значение для семеноводства. Этот факт указывает, что для получения более дружных всходов, обеспечения должной густоты стояния и высоких урожаев хлопчатника на засоленных полях посевные семена нужно заготавливать в таких же условиях, а не привозить их из других мест, выращенных на обычных почвах, как это нередко делается в практике.

Таким образом, изложенное свидетельствует, что в изучении физиологии солеустойчивости хлопчатника достигнуты определенные успехи. Наряду с этим необходимо констатировать, что физиологические особенности, биохимическая природа и особенно биофизические аспекты солеустойчивости хлопчатника еще полностью не вскрыты как по отношению к отдельным солям, так и к их различным комбинациям, встречающимся в почве; вовсе не изучен вопрос о генетических основах солеустой-

чивости, закономерностях наследования и проявления ее в онтогенезе, до сих пор нет каких-либо радикальных способов улучшения этого свойства, применяемых в производстве. Это настоятельно требует проведения углубленных исследований по генетике, биохимии, биофизике и физиологии солевыносливости хлопчатника и сопутствующих культур. Окончательно не выяснены также эффективность различных доз и форм минеральных удобрений и значение гумуса (органического вещества) — одного из главных рычагов плодородия почвы — в усвоении растениями элементов питания на засоленных землях. Отдельные формы удобрений при высоких дозах в условиях значительного засоления, увеличивая осмотическое давление почвенного раствора, могут даже снижать урожайность хлопчатника (Рыжов, Садыков, 1971). Поэтому нужно расширить исследования действия различных форм удобрений и соотношений основных питательных элементов (NPK) на разных уровнях одностороннего и смешанного засоления на рост и развитие хлопчатника с привлечением стабильных и радиоактивных изотопов ( $N^{15}$ ,  $P^{32}$ ,  $K^{40}$  и др.). Для понимания истинной картины солеустойчивости хлопчатника и разработки путей ее повышения важно также изучать влияние на нее и других макроэлементов (Ca, Mg, Na, Fe, Al, S, Si), микро (Mo, Mn, Cu, Zn, Co, Sr, Ba, Br, Ni и др.) и ультрамикроэлементов (Ra, Ag, Au, Cs, Cd и т. д.), органических (навоз, лигнин и др.) и комплексных удобрений, водного режима, микрофлоры, различных схем севооборота и степени рыхления пахотного и подпахотного слоев почв при разнокачественном засолении. Необходимо провести широкие теоретические и экспериментальные работы по установлению механизмов солевого повреждения и адаптации хлопчатника в онтогенезе к таким засолениям почв с применением масс-спектрографических, радиометрических, электрометрических и иных современных методов исследования (дифференциальное центрифугирование, нейтронно-активационный анализ, электронная микроскопия и т. д.). При этом следует обратить большое внимание на изучение проницаемости клеток корней для ионов солей, их транспорта через мембраны, взаимодействия поглощенных солей с клеточными структурами (ядро, митохондрии, рибосомы, лизосомы и т. д.), обмена нуклеиновых кислот, белков, фос-

форных соединений, энергетического обмена, фитогормонов, фенолов, образования и накопления токсических соединений и постепенного обезвреживания этих веществ в организме и других процессов растительного метаболизма на разных этапах его развития. Целесообразно выяснить также значение функционального состояния фотосинтетического аппарата, роль фотосинтеза и в первую очередь различных его продуктов в солеустойчивости хлопчатника и процессах адаптации к засолению почв. Неотложной задачей является разработка простых физиологических, биохимических, безвредных для окружающей среды физических и химических способов диагностики и повышения солеустойчивости хлопчатника.

Наряду с этим одним из центральных подходов к решению проблемы солеустойчивости данной культуры должно быть выведение солевыхносливых сортов путем гибридизации и радиационного или химического мутагенеза с привлечением для этой цели прежде всего отмеченного выше дикого вида (*G. Davidsonii*) и пока неизвестных науке других солевыхносливых форм, которых, видимо, немало среди диких и полудиких родичей хлопчатника. О широкой возможности использования методов мутагенеза для выведения солеустойчивых форм свидетельствует уже не раз названный относительно солевыхносливый, устойчивый к вилту высокопродуктивный сорт АН-402 с хорошим качеством волокна, полученный нами с сотрудниками путем внутриклеточного воздействия на одну из диких разновидностей хлопчатника (*G. hirsutum* ssp. *mexicanum*) радиоактивным фосфором. Однако, несмотря на чрезвычайную важность проблемы, к сожалению, ни в Узбекистане, ни в других хлопкосеющих республиках Советского Союза специальных работ по изучению солеустойчивости диких форм и выведению устойчивых к засолению сортов не проводится. Давно настало время развернуть исследования как в направлении изыскания высокосолеустойчивых форм среди дикого, полудикого и культурного разнообразия хлопчатника, так и получения солевыхносливых урожайных сортов с высоким технологическим качеством волокна и внедрения их в производство.

## МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ ХЛОПЧАТНИКА

Корневое питание растений элементами минеральных удобрений наряду с нормальным водоснабжением и усвоением углекислоты из воздуха (фотосинтез) является основным фактором их роста и развития, обеспечивающим получение высоких урожаев хорошего качества. В хлопководстве среди веществ минерального питания особенно большое значение имеют азот, фосфор и калий, физиологическая роль которых общезвестна. Достаточно напомнить, что азот является обязательным компонентом всех белков, нуклеиновых кислот и других биологически важных соединений; фосфор также входит в состав нуклеиновых кислот, ряда белков — ферментов, участвует в процессах так называемого окислительного и фотосинтетического фосфорилирования, образуя аденозинтри, аденозиндифосфатов и прочих богатых энергией молекул; калий оказывает большое влияние на обмен углеводов, синтез белков, усвоение растением железа и других элементов из почвы.

Хлопчатник — требовательная к минеральному удобрению культура. По расчетам, более 50% урожая хлопка-сырца получается за счет применения азота, фосфора и калия. Поэтому их, особенно азот, вносят под хлопчатник из года в год во всевозрастающих размерах. Например, в Узбекистане в 1973 г. под эту культуру было внесено минеральных удобрений в 1,6 раза больше (3160 тыс. т, в том числе азотистых — 1770 тыс. т), чем в 1965 г. (Зинин, 1975). Однако одностороннее внесение в почву минеральных удобрений, в особенности азотистых, в больших дозах не дает ожидаемого результата, а иногда даже отрицательно сказывается на урожайности хлопчатника.

По многолетним данным научно-исследовательских учреждений (СоюзНИХИ, институтов экспериментальной биологии растений АН УзССР, земледелия МСХ ТаджССР и Туркменской ССР, ряда зональных опытных станций) и накопленному в Узбекистане практическому опыту (Габриельянц, 1971), эффективность удобрений, следовательно, урожайность хлопчатника и его качество растут, если одновременно с увеличением доз азота повышаются и нормы внесения фосфора и калия. Эффективность всех форм азотного удобрения на посевах

хлопчатника особенно резко возрастает с увеличением уровня фосфатного питания на относительно бедных усвояемых формой этого элемента (10—15 или 15—20 мг/кг почвы) типичных (Маджитов, Пирахунов, 1971 и др.) и светлых (например, новоосваиваемых) сероземах (Реджепов, 1975 и др.).

Многочисленными экспериментальными наблюдениями, проведенными в различных агроклиматических зонах Узбекистана, доказано, что наибольшая прибавка урожая хлопка-сырца получается на большинстве сероземов по фону хлопковых старопахешек при соотношении азота, фосфора и калия 1:0,7:0,3—0,4, а на луговых почвах 1:0,8:0,5. Но в массовой практике в течение многих лет соотношение азота к фосфору было сильно нарушено в пользу первого (например, в 1969 г. оно равнялось 1:0,45) и соответственно возрастал его расход на тонну хлопка-сырца. К 1972 г. соотношение этих элементов несколько выравнялось (1:0,63), что привело к заметному снижению расхода азота на образование одной тонны хлопка. Однако, к сожалению, в последние годы снова наблюдается тенденция к нарушению соотношения азота к фосфору и неоправданному увеличению расхода

Таблица 9

Нормы внесения удобрений под хлопчатник и расходование азота на образование единицы урожая в Узбекистане  
(Данные МСХ УзССР)

Годы	Азот, кг/га	Фосфор, кг/га	Соотношение N: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Расход азота на 1 т хлопка-сырца, кг
1935	21	20	1:0,96	18
1940	47	57	1:1,22	32
1945	13	4	1:0,34	12
1950	74	65	1:0,87	37
1955	94	82	1:0,87	50
1960	122	93	1:0,76	60
1965	165	85	1:0,50	68
1966	190	93	1:0,49	75
1967	202	100	1:0,54	80
1968	223	115	1:0,51	91
1969	226	103	1:0,45	107
1970	210	117	1:0,56	80
1971	212	122	1:0,58	80
1972	205	129	1:0,63	60
1973	218	136	1:0,62	60
1974	223	137	1:0,61	72
1975	222	123	1:0,55	78

первого элемента питания на образование единицы урожая хлопка (табл. 9).

Долгое время недооценивалась и роль калия, его содержание в почве считалось недостаточным для нормального роста и развития хлопчатника. Однако с интенсификацией использования орошаемых земель, ежегодным внесением высоких доз азота и фосфора, ростом хозяйственного и биологического урожая хлопчатника и сопутствующих культур вынос естественного калия значительно увеличился, и с течением времени соответственно уменьшились запасы его доступных форм в почве. В результате на староорошаемых почвах хлопчатник стал испытывать в нем недостаток (Белоусов, 1964; Умаров и др., 1975), что также снижает эффективность высоких доз азота и фосфора.

В настоящее время это положение в известной степени исправляется и учтено в соответствующих рекомендациях по применению удобрений. Сейчас, по официальным данным МСХ УзССР за 1974—1975 гг., на каждую тонну хлопка-сырца расходуется в среднем по 72—78 кг азота, 10—15 кг калия, 44 кг фосфора, но коэффициент использования их все еще низок, например, азота не превышает 50%, а фосфора — не более 15—20%<sup>1</sup>. Основная же часть внесенного в почву фосфора довольно быстро превращается в ней в трудноусваиваемую растениями форму и очень малое его количество накапливается в пахотном и частично предпахотном горизонтах в доступном для них виде. Что касается азота, то его большая часть бесполезно теряется в почве в результате вымывания во время промывных (на засоленных землях) и вегетационных поливов или, подвергаясь процессу денитрификации, безвозвратно улетучивается в воздух. По наблюдениям, проведенным в последние годы в Институте экспериментальной биологии растений АН УзССР с применением стабильного изотопа N<sup>15</sup> и масс-спектрографического анализа (Т. Пирахунов и др., 1975), потеря азота на типичных сероземах составляет 30%, а на луговых почвах — около 16%. Помимо того, определенное количество минеральных удобрений теряется также во время перевозок и хранения в складских помещениях и поле-

<sup>1</sup> Рекомендации по применению удобрений в республиках Средней Азии. Ташкент, 1974.

вых станах. Вот почему на получение тонны урожая хлопка-сырца требуется так много минеральных удобрений и в почву вносятся их значительно больше, чем действительно потребляется растениями.

Большая потребность хлопчатника в минеральном питании обусловлена его биологическими особенностями и спецификой условий орошаемых почв Средней Азии.

Как показывают наблюдения, сорта тонковолокнистого хлопчатника (*G. barbadense*) образуют более крупную вегетативную массу и на образование единицы урожая хлопка-сырца расходуют минеральных удобрений значительно больше (на 20% и выше), чем средневолокнистые сорта вида *G. hirsutum*<sup>1</sup>. Разные сорта одного и того же вида также неодинаково используют удобрения на образование биологического и хозяйственного урожая. Например, сейчас широко районированный сорт «Ташкент-1» и новые сорта АН-401, АН-402, АН-403, АН-407 и АН-408 развивают более мощную корневую систему и обладают относительно высокой способностью поглощать минеральные удобрения, особенно фосфор и влагу из почвы и расходовать их с большей продуктивностью, нежели ранее распространенные сорта типа 108-Ф (Пирахунов, Якубова, 1972). На эффективность применяемых минеральных удобрений большое влияние оказывает также степень заболеваемости различных сортов хлопчатника вилтом.

Например, опытами, проведенными нами совместно с производителями (Акбаров, Кошоев, Тиллабаев, 1976) на сильно зараженных инфекцией вертициллезного вилта почвах Бувайдинского района Ферганской области, Янгиюльского района Ташкентской области и Карасуйского района Ошской области (КиргССР), показано, что при одной и той же норме минеральных удобрений (НРК), одинаковом водном режиме и прочих равных условиях агротехники вилтоустойчивые сорта «Ташкент-1, -3» и АН-401, слабо поражаясь возбудителем этой болезни (не более 3—13%), дают в два раза больше урожая хлопка-сырца, чем восприимчивый сорт 108-Ф, заболеваемость которого составляет более 90%.

Реакция различных сортов на повышение минераль-

<sup>1</sup> Рекомендации по применению удобрений в республиках Средней Азии. Ташкент, 1974.

ных удобрений также оказалась неоднозначной. Так, на слабозасоленных, вилтовых полях колхоза им. С. М. Кирова Бувайдинского района Ферганской области у сортов 108-Ф и «Ташкент-3» при увеличении нормы внесения основных элементов питания (НРК) до 2—2,5 раза по сравнению с принятой в этом хозяйстве их дозой темпы раскрытия коробочек и урожай хлопка-сырца достоверно не меняются, но качество волокна заметно ухудшается (его крепость, зрелость и сортность снижаются, метрический номер возрастает, в результате оно становится тонким и непрочным). У нового сорта АН-401, полученного от вилтоустойчивого дикого хлопчатника (*G. hirsutum* ssp. *mexicanum*) путем замочки семян в растворе радиоактивного фосфора в отличие от сортов 108-Ф и «Ташкент-3» при повышении годовой нормы минерального питания до двух раз (N—300, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>—200, K—50 кг/га) темпы раскрытия коробочек и урожай хлопка-сырца статистически достоверно возрастают, а качество волокна остается почти на уровне контроля (N—150, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>—100, K—20 кг/га). Дальнейшее увеличение дозы удобрений (N—400, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>—250, K—75 кг/га), достоверно не отражаясь на урожайности, приводит к снижению качества волокна и у этого сорта (табл. 10—12).

Таблица 10

Влияние минерального питания на поражаемость различных сортов хлопчатника вилтом, %

(По срезу стебля на 20/X—1972 г.)

Данные Н. Н. Назирова, Д. Ж. Акбарова, Т. Кошоева, А. Тиллабаева, 1976 г.

Сорт	Варианты (дозы удобрений, кг/га)			
	N—150. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —100. K <sub>2</sub> O—20	N—200. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —150. K <sub>2</sub> O—30	N—300. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —200. K <sub>2</sub> O—50	N—400. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —250. K <sub>2</sub> O—75
108-Ф	90±3,20	90±2,51	93±1,51	93±1,0
АН-401	4±1,14	3±0,01	4±0,01	2±0,01
«Ташкент-3»	15±1,73	13±0,01	12±1,41	13±1,0

Таблица 11

Влияние минерального питания на урожай хлопка-сырца различных сортов хлопчатника, ц/га  
(колхоз им. Кирова Бувайдинского района)  
(Данные Н. Назирова, Д. Акбарова, Т. Кошоева,  
А. Тиллабаева, 1976 г.)

Сорт	Варианты (дозы удобрений кг/га)						
	N-150, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -100, K <sub>2</sub> O-20	N-200 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -150, K <sub>2</sub> O-30	t	N-300 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -200, K <sub>2</sub> O-50	t	N-300 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -250 K <sub>2</sub> O-75	t
108-Ф	21±6	22,6 ±	0,5	22,9±	0,71	22,1 ±	0,3
АН-401	±1,37	±0,01		±0,01		±0,01	
	42,8 ±	42,6 ±	0,08	49,5 ±	3,8	47,2 ±	2,5
«Ташкент-3»	±1,73	±1,64		±0,01		±0,01	
	43,1 ±	43 ±1,4	0,06	45,2 ±	1,3	45,8 ±	1,2
	±1,18			±1,64		±1,73	

t — статистическая достоверность различия между вариантами.

Таблица 12

Влияние минерального питания на технологические свойства различных сортов хлопчатника (Данные Кокандского хлопкоочистительного завода, 1972 г.)

Дозы удобрений, кг/га	Зре- лость	Метри- ческий номер	Длина, мм	Кре- пость, г	Раз- рывная длина, км	Сорт- ность
--------------------------	---------------	---------------------------	--------------	---------------------	--------------------------------	----------------

## Сорт 108-Ф

N-150, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -100, K <sub>2</sub> O-20	1,8	6420	32,1	3,9	25,0	II
N-200, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -150, K <sub>2</sub> O-30	1,8	6460	31,8	3,8	24,5	III
N-300, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -200, K <sub>2</sub> O-50	1,9	5910	32,5	4,2	24,8	II
N-400, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -250, K <sub>2</sub> O-75	1,7	6550	32,6	3,7	24,2	III

## Сорт АН-401

N-150, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -100, K <sub>2</sub> O-20	2,1	5370	31,9	4,8	25,8	I
N-200, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -150, K <sub>2</sub> O-30	2,1	5330	32,4	4,8	25,6	I
N-300, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -200, K <sub>2</sub> O-50	2,1	5420	31,9	4,7	25,5	I
N-400, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -250, K <sub>2</sub> O-75	1,9	5600	31,1	4,2	23,5	II

## Сорт «Ташкент-3»

N-150, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -100, K <sub>2</sub> O-20	2,1	5370	32,3	4,7	25,2	I
N-200, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -150, K <sub>2</sub> O-30	1,9	5960	32,3	4,2	25,0	II
N-300, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -200, K <sub>2</sub> O-50	1,9	6130	32,1	4,1	25,1	II
N-400, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -250, K <sub>2</sub> O-75	1,9	5840	31,6	4,0	23,4	II

Эффективность удобрений зависит и от возрастного состояния хлопчатника, характера физиологических процессов (продуктивность фотосинтеза, интенсивность и качество дыхания и т. д.), от содержания тех или иных микро- и макроэлементов (в первую очередь, азота от на-

личия фосфора и наоборот), влаги и солей в почве, уровня плодородия земель, способа и глубины внесения питательных веществ, густоты стояния растений, освещения, температуры, деятельности микрофлоры в корнеобитаемой зоне и других факторов окружающей среды (Казиев, 1953; Казиев и др., 1975; Протасов, Эйдельмант, 1953; Кружилин, Назиров, 1957; Белоусов, 1960, 1964; Назиров, Дададжанов, 1968; Еременко, 1957; Мухамеджанов и др., 1965, 1974, 1975; Рыжов, Садыков, 1971; Пирахунов и др., 1972; Чумаченко, 1970; Мещеряков, 1973; Умаров и др., 1975; Умарходжаев, 1975; Реджепов, 1975 и др.).

Показано, что хлопчатник на разных этапах онтогенеза предъявляет неодинаковое требование к элементам минерального питания; с наступлением цветения его потребность в питательных веществах, как и в воде, довольно резко повышается, и улучшение условий питания в эту фазу роста растений путем подкормки (например, внесением части годовой нормы азота, фосфора и калия в более глубокие слои почвы — ниже поливной борозды на 5—18 см) приводит к увеличению урожая хлопка-сырца до 6 ц/га. Наряду с этим отмечены большое значение и необходимость определенной дозы азотистого, фосфорного и калийного питания в самые первые фазы роста хлопчатника (до момента формирования двух-трех настоящих листьев). Недостаток азота и особенно фосфора в данный период задерживает рост и развитие хлопчатника, сильно снижает урожай, ухудшает качество волокна, уменьшает содержание масла в семенах, причем последующее внесение азота и особенно фосфора уже не компенсирует их падения. На начальном этапе онтогенеза хлопчатника дефицит подвижного калия в почве тоже отрицательно сказывается на темпах роста, развития, урожае хлопка-сырца, масличности семян и качестве продукции, но тут в отличие от действия азота и фосфора нанесенный ущерб может быть снят в значительной степени, если калийные удобрения будут даны в последующем не в слишком поздние сроки (до цветения). Выяснена также высокая эффективность и целесообразность дифференцированного дробного их внесения (перед севом или при севе и в фазу цветения хлопчатника) с учетом уровня естественного запаса доступного для растений калия в почве, особенно на засоленной, ти-

па бухарской (Қазиев, 1953; Протасов, Эйдельмант, 1953; Белоусов, 1964; Кружилин, Назиров, 1957; Мухамеджанов и др., 1965; Чумаченко, 1970; Пирахунов и др., 1972; Умаров и др., 1975; Реджепов, 1975 и др.).

Вместе с тем установлено, что чрезмерное усиление азотистого, нередко и фосфорного питания без учета содержания его легкоусвояемой растениями формы в почве в самые первые фазы роста и развития хлопчатника, в особенности одностороннее увеличение азота на фоне высокой водообеспеченности равно и очень поздние подкормки этим элементом (конец июля — начало августа) затягивают вегетационный период, зачастую вызывают «ожирение» хлопчатника, уменьшают доморозный урожай хлопка-сырца, снижают его качество и количество масла в семенах. Одностороннее внесение умеренно высоких доз фосфорных удобрений в начальный период жизни хлопчатника (перед севом или при севе) также не дает желаемых результатов, особенно в условиях недостаточной увлажненности почвы. Оно приводит к преждевременному старению растений, что снижает урожай и его качество (Туева, 1946; Ибрагимов, 1954; Белоусов, 1960; Кружилин, Назиров, 1957; Чумаченко, 1970; Реджепов, 1975 и др.). Более того, как показали опыты последних лет (Панинников и др., 1976), при выращивании растений (хлопчатник, горох, озимая пшеница) на почвах с внесением оптимальных сбалансированных доз удобрений (НРК) накопление так называемых биогенных микроэлементов (Zn, Fe) в тканях увеличивается, а токсичных (например, Pb) уменьшается. При внесении же в почву несбалансированных доз удобрений, напротив, содержание токсичных элементов в растениях превалирует над биогенными.

Эффективность минеральных удобрений зависит и от рН почвенного раствора. В частности, 13-летними опытами американских исследователей (штат Луизиана) показано, что внесение фосфорных и калийных удобрений в относительно кислую почву (рН—5,6) повышает урожай хлопка-сырца на 8 ц/га, а на фоне применения известки ( $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ ) — на 12 ц/га. Азотно-калийные удобрения с предварительным внесением известки оказывают положительное влияние на продуктивность хлопчатника, а без известкования почвы — даже снижают урожай хлопка-сырца (на 3,3 ц/га). Азотно-фосфор-

ные же удобрения не дали эффекта независимо от фона. При этом увеличение концентрации ионов Ca и Mg в почве в результате известкования подавляло поступление калия в растения и вызвало калийное голодание хлопчатника, что требовало внесения повышенных доз калийных удобрений (Хвошева, 1972). Небесполезно проверить результаты этих исследований и в условиях Узбекистана главным образом на почвах с повышенным содержанием кальция и магния, и если будут получены положительные данные, то учесть их при составлении рекомендаций по применению удобрений.

Опытами СоюзНИХИ (Рыжов, 1965; Мадраимов и др., 1968 и др.), Всесоюзного НИИ удобрений и агропочвоведения им. Д. Н. Прянишникова (Балябо и др., 1970), НИИ земледелия МСХ Туркменской (Сейткулиев, 1970; Лихачев, 1973) и Таджикской ССР (Чумаченко, 1970), Института экспериментальной биологии растений АН УзССР (Мухамеджанов и др., 1968; Пирахунов и др., 1972), НИИ зерна САО ВАСХНИЛ (Х. Мусаев, 1972) и других научно-исследовательских организаций установлено, что правильное сочетание минеральных удобрений с поливным режимом играет колоссальную роль в продуктивном использовании питательных элементов и воды. При этом наиболее высокие урожан хлопчатника, более экономное расходование воды с наименьшей затратой средств получают именно при сочетании относительно оптимальных для каждой зоны доз азота, фосфора и калия с хорошим режимом орошения. Например, в Ташкентской области (СоюзНИХИ) в опытах, проведенных в 1968 г. на типичных сероземах, самый большой урожай хлопка (44 ц/га) собран при поливах по влажности почвы 75—75—60% от полной полевой влагоемкости (ППВ) на фоне N—190, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>—120, K<sub>2</sub>O—90 кг/га (Чумаченко, 1970). На светлых сероземах в районе Ашхабада (ТуркНИИ земледелия) наиболее высокие результаты в урожайности хлопчатника достигнуты (50 ц/га и выше) при норме N—180, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>—120 кг/га и поливах по схеме 70—65—65% от ППВ (Балябо и др., 1970), а на Чарджоуской опытной станции при годовой дозе N—200, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>—150, K<sub>2</sub>O—60 кг/га и предполивной влажности почвы 70—75—60% (Лихачев, 1973). В Таджикистане же урожан 40—45 ц/га получают при N—200, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>—140, K<sub>2</sub>O—100 кг/га. Даль-

нейшее увеличение дозы удобрений в любых сочетаниях не приводит к увеличению урожая хлопка-сырца (отчет НИИ земледелия МСХ ТаджССР за 1975 г.), а в некоторых случаях (в частности, при  $N-300$ ,  $P_2O_5-225$ ,  $K_2O-90$  кг/га в условиях Туркмении) даже заметно снижает его (Лихачев, 1973). Как переполив, так и недостаточная обеспеченность хлопчатника водой (которая, к сожалению, довольно часто случается в последние годы в производстве в связи с жестоким естественным маловодьем) снижают продуктивное использование растениями минеральных удобрений. Существует и обратная связь: недостаток минеральных элементов питания, равно и их слишком большие нормы, в особенности какого-либо одного вещества, приводят к падению коэффициента использования хлопчатником оросительной воды, количественному и качественному уменьшению его продуктивности, о чем более подробно сказано в предыдущем разделе данной книги. Интересно отметить, что подобные закономерности обнаружены и на пшенице как в Узбекистане (Назирова, Мусаев, 1970; Мусаев, 1972), так и далеко за пределами Советского Союза, например, в засушливых районах Канады (Хвощева, 1974), и являются они, видимо, не частным явлением, а общим, характерным для многих сельхозкультур аридной зоны.

Многолетними исследованиями СоюзНИИХИ, Института экспериментальной биологии растений АН УзССР установлено, что эффективность удобрений меняется и в зависимости от размещения хлопчатника в посевах и густоты стояния растений. Результаты работ в этом направлении обобщены в монографии М. В. Мухамеджанова и С. М. Сулейманова (1975). Поэтому, не останавливаясь подробно на их разборе, укажем лишь, что наиболее высокая урожайность хлопчатника на плодородных староорошаемых типичных сероземах получается при внесении высоких доз НРК (250, 175, 85 кг/га соответственно, т. е. в соотношении 1:0,7:0,34) и посевах по схеме  $90 \times 15 \times 1$  с густотой стояния 80 тыс/га с одиночным размещением растений. В этом случае урожай хлопка-сырца по сравнению со схемой посева  $90 \times 10, 5 \times 1$  в среднем за шесть лет был больше на 6,7%, а по отношению к растениям узкорядного посева ( $60 \times 16 \times 1$ ) — на 12,8%; на менее плодородных — песчаных, супесчаных, подстилаемых галечником, песком и плотных поч-

вах лучшие показатели достигаются при узкорядных посевах.

На эффективность основных элементов минерального питания и поливной воды оказывают определенное действие и микроэлементы. Так, в работе С. Н. Рыжова и М. И. Агаповой (1966, 1968) на типичных сероземах увеличение дозы азота, фосфора и калия не сопровождалось соответствующим изменением продуктивности хлопчатника, а дополнительное внесение молибдена значительно стимулировало использование питательных веществ и воды, что в конечном счете привело к повышению урожая хлопка-сырца.

В других исследованиях показано (Пирахунов, Кариев, 1974), что применение молибдена (200 г/га) совместно с макроудобрениями усиливает активность нитратредуктазы — фермента, катализирующего восстановление нитратов до аммиака и развитие корневой системы, ее синтетическую и поглотительную деятельность и как следствие, повышает обеспечение надземных органов питательными элементами, водой, образование белков, фосфорорганических соединений (в том числе и нуклеопротеидов), отток веществ из листьев в плоды и другие стороны клеточного метаболизма хлопчатника. Все это приводит к возрастанию эффективности использования хлопчатником высоких норм азотно-фосфорных удобрений ( $N-300$ ,  $P_2O_5-200$  кг/га) и увеличению урожая хлопка-сырца до 6—7 ц/га против контроля. Причем молибден действует на луговых почвах сильнее, чем на типичном сероземе. Этот микроэлемент улучшает и технологические свойства волокна (Рахманов, 1965).

В опытах, проведенных в более или менее контролируемых условиях (вегетационных сосудах и лизиметрах), выяснено также, что другой микроэлемент — цинк — играет важную роль в процессах азотного и особенно фосфорного питания хлопкового растения (Пирахунов, Кариев, 1974) и, повышая численность и деятельность ряда полезных почвенных микроорганизмов (аммонификаторов, азотобактера, бактерий масляно-кислого брожения и аэробного разложения целлюлозы-клетчатки), положительно влияет на урожайность хлопчатника в отличие от молибдена на фоне лишь оптимальных доз минеральных элементов (NPK) питания (Умарходжаев, 1975 и др.). В исследованиях СоюзНИХИ и Каракалпакского

НИИЗ МСХ СССР за последние годы получено повышенные урожайности хлопчатника при дополнительном внесении микроэлементов меди, цинка и кобальта на фоне высоких доз азота и фосфора (Отчет САО ВАСХНИЛ, 1976, Ташкент).

Однако, как показали опыты польских исследователей, молибден оказывает положительное влияние на урожай сельхозкультур только на почвах с нейтральной или щелочной реакцией, какую имеет подавляющее большинство среднеазиатских почв. На кислых же почвах молибден дает эффект лишь при их нейтрализации путем известкования (Скоблина, 1973), что следует учесть в рекомендациях по применению этого микроэлемента.

На эффективность использования питательных веществ оказывают влияние также засоление земель и наличие плотных гипсированных прослоек, ухудшающих фильтрационные свойства и воднопитательный режим почв, о чем уже известно читателю из содержания раздела «Мелиорация засоленных земель и солеустойчивость хлопчатника». Но это очень важный вопрос. Поэтому мы здесь позволим себе еще раз напомнить, что возделывание хлопчатника и других культур на засоленных почвах, которые охватывают громадные площади (например, в Узбекистане 1063 тыс. га из общего земельного фонда в 2812 тыс. га), возможно лишь после проведения промывных поливов, что сопровождается большими вымываниями (потерями) подвижных питательных веществ и активацией превращения фосфатов в трудноусваиваемые растениями формы. В результате на засоленных полях коэффициент использования минеральных удобрений значительно снижается (в частности, азота до 30—40%), вынос и расход питательных элементов (в первую очередь, азота и фосфора) хлопчатником на образование единицы урожая резко возрастают (Чумаченко, 1970). На землях с гипсированными прослойками, которые залегают на различной глубине на больших площадях в Голодной, Каршинской, Шерабадской степях и Ферганской долине, также эффективность удобрений падает (в два-три раза), а вынос и расход питательных элементов (азота, фосфора и калия) растениями на образование каждой тонны хлопка увеличивается (Чумаченко, 1970). Коренное улучшение мелиоративно-

го состояния засоленных и гипсованных земель, применение современных прогрессивных приемов технологии возделывания хлопчатника и внедрение в производство более солевыносливых, продуктивных сортов, безусловно, будут способствовать резкому уменьшению беспроизводительных потерь и расхода питательных веществ и получению устойчивых высоких урожаев на таких почвах, примером чему может служить опыт Хорезмской области. Однако решающее слово тут все же должна сказать наука в ближайшем будущем.

Другим фактором, изменяющим действие удобрений, являются способы применения элементов питания, техника полива, форма удобрений, температура и другие метеорологические условия сезона. Так, многочисленные опыты, проведенные в различных зонах США, показали более высокую эффективность внесения азотистых удобрений с оросительной водой, особенно на маломощных песчаных почвах (Беяева, 1972). Поливы дождеванием и подпочвенные капельные способы полива также способствуют продуктивному использованию удобрений.

В настоящее время в Нидерландах для различных культур широко применяется ленточное внесение фосфорных удобрений (на 5 см в сторону и 5 см глубже рядка семян), которое в два-четыре раза эффективнее внесения их вразброс, особенно в условиях холодной весны (Хвощева, 1975 б).

Опытами, проведенными в сосудах с хлопчатником сорта 108-Ф (Закиров и др., 1970), показано, что при пониженных температурах, которые бывают в условиях Узбекистана обычно весной, поступление питательных элементов (азота и фосфора) в растения замедляется. Следовательно, соответственно увеличивается доля неиспользованных растениями удобрений и снижается их эффективность.

Анализ многолетних данных МСХ УзССР также показывает, что в относительно благоприятных для роста и развития температурных и других погодных условиях сезона (например, 1970, 1973, 1974 гг.) внесенные под хлопчатник удобрения были более продуктивными, чем в другие годы, характеризующиеся относительно холодным летом, затянувшимся вегетационный период (1969 г.), или слишком жаркими днями, сопровождавшимися нередко горячими суховеями, вызвавшими иссушение поч-

вы, усиление испарения воды и массовое опадение плодовых органов (например, в 1975 г. особенно в Бухарской и Кашкадарьинской областях). Отсюда понятно, что одной из основных причин низкой эффективности минерального питания являются теплолюбивость, позднеспелость и восприимчивость хлопчатника к засухе. Следовательно, снижение требования хлопчатника к температурному фактору, повышение его скороспелости и засухоустойчивости способствуют росту эффективности минерального питания.

Сокращение потерь питательных веществ, внесенных в почву, тоже является одним из важных путей повышения эффективности удобрений. Как показали опыты, проведенные в связи с этим на сельскохозяйственной опытной станции Техасского университета (США), потери азота в форме аммиака при поверхностном внесении аммиачной селитры ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) увеличивались с повышением температуры. Потери азота при таком внесении сульфата аммония были различными в зависимости от содержания карбоната кальция в почвах. На некарбонатных почвах потери азота при пониженных температурах ( $12^\circ\text{C}$ ) были одинаковыми с теми, что и при использовании аммиачной селитры, а при более высоких температурах ( $20^\circ$  и выше) — меньшими. Поэтому в этих случаях на некарбонатных почвах целесообразнее вносить сульфат-аммоний, чем аммиачную селитру. На карбонатных почвах при использовании сульфата-аммония —  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  и гидрофосфата аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  в относительно небольших дозах температура мало влияет на потери аммиака, с увеличением их нормы растет и ее действие на этот процесс. При этом потери аммиачного азота из состава сульфат-аммония и гидрофосфата аммония в тождественных температурных условиях были значительно сильнее, чем из аммиачной селитры (Хвощева, 1975 а).

При применении сульфат-аммония и гидрофосфата аммония на карбонатных глинистых почвах азот теряется не только в результате улетучивания газообразного аммиака, но и вследствие образования нерастворимых соединений путем взаимодействия этих удобрений с  $\text{CaCO}_3$ .

Следовательно, на карбонатных почвах, которые представляют основную массу земель в Узбекистане,

лучше применять аммиачную селитру, нежели сульфат-аммония и гидрофосфат аммония. При разбрасывании элементов минерального питания на поверхность почвы, которое довольно часто бывает при предпосевном их внесении, надо учитывать температуру и при повышении ее как можно быстрее заделывать удобрение в землю, особенно аммиачную селитру.

Известно, что в последние годы и у нас в Средней Азии и за рубежом (США, Англия, Франция, Япония, Канада, Чехословакия и др.) широко испытываются и начали применять жидкие удобрения (Хвощева, 1972, 1973, 1974 б, 1975 в; Скоблина, 1972; Кучумов, 1973). Как показали многочисленные исследования Научно-исследовательского института кукурузы Чехословакии, применение жидких удобрений (НРК) дает более высокие урожаи, чем твердых форм. Причем поверхностное внесение жидких удобрений оказалось менее эффективным, нежели заделка в почву на определенную глубину. Во влажные годы лучшие результаты получаются при внесении жидких удобрений на глубину 40 см, а в засушливые — двухслойное внесение их на глубину 20—40 см (Хвощева, 1975 в).

В последние годы Таджикским НИИ земледелия выявлена сравнительно высокая эффективность применения под хлопчатник концентрированных форм фосфорных удобрений — полифосфатов аммония и кальция (Отчет САО ВАСХНИЛ, 1976, Ташкент).

Необходимо иметь в виду результаты чешских и таджикских исследователей при испытании и применении таких удобрений и в условиях Узбекистана.

Таким образом, только правильное соотношение минеральных удобрений (в первую очередь азотных и фосфорных), подбор более эффективных форм удобрений, своевременное их внесение наиболее прогрессивными способами на нужную глубину, разумное размещение хлопчатника на единице площади в сочетании с оптимальным поливным режимом и микроэлементами (Мо, Zn и др.) и с учетом физико-химического состояния почвы (например, плодородие, степень засоления, pH почвенного раствора, температура и т. д.) и биологических особенностей сортов и этапов развития растений способствуют лучшему использованию организмом питательных веществ и оросительной воды и, как следствие,

гарантийному повышению урожая хлопка-сырца, масляниности семян и сохранению технологических свойств волокна на должном уровне. Нарушение этих правил может привести к обесценению значения минеральных удобрений и оросительной воды в хлопководстве.

Помимо изложенного, как показывают специальные опыты и практические результаты передовых хозяйств, в продуктивном использовании применяемых минеральных элементов питания и поливной воды хлопчатником и другими культурами и повышении их эффективности решающее значение имеют уровень органических веществ — гумуса и различных остатков растительного и животного происхождения, активность и направленность микробиологических и биохимических процессов в почве, регулярное и правильное проведение севооборотов, внесение навоза и прочих органических удобрений (лигнин и др.). Вкратце рассмотрим характер действия этих факторов.

Известно, что все почвы в зоне хлопководства сравнительно бедны органическим веществом. Например, в почвах Узбекистана содержание гумуса на больших площадях колеблется в пределах 0,6—1,5 (более 50% обследованных земель) и на незначительных (12% земель) доходит до 2—2,5%<sup>1</sup>. С применением современных методов исследований (в частности, меченых атомов) экспериментально доказана прямая корреляция между количеством гумуса в почве и эффективностью использования растениями минеральных удобрений и поливной воды. Например, в наших четырехлетних вегетационных и полевых опытах с яровой пшеницей (Назирова, Мусаева, 1968; Мусаев, 1972) на типичном сероземе с низким содержанием гумуса (1,5%) поступление фосфора ( $P^{32}$ ) в растения и его включение в состав биологически важных соединений (белков и гексозофосфатов), использование макроэргических веществ (АТФ) в жизнедеятельности организмов резко снижаются. Передвижение поступившего в растения фосфора в восходящем направлении замедляется, и он большей частью накапливается в корнях. В результате эффективность внесенных в почву удобрений (полная доза НРК) и использование влаги

<sup>1</sup> Хлопчатник. Т. 2. Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1957.

растениями уменьшаются и они дают невысокий урожай. При выращивании же яровой пшеницы на темном сероземе с повышенным содержанием гумуса (2,42%) усиливается поступление радиофосфора и его включение в состав биологически важных соединений (белков и гексозофосфатов) и использование АТФ в различных органах, значительно повышается приток фосфора в зерна; почвенная влага и минеральное питание используются растениями более эффективно. В результате при одинаковых дозах азота, фосфора и калия растения растут и развиваются быстрее, к концу вегетации становятся мощными, дают более высокие (почти в два раза) урожаи, чем на типичном сероземе с низким содержанием гумуса (1,5%).

Таким образом, недостаток гумуса в типичных сероземах Узбекистана снижает поступление минеральных удобрений, в частности фосфорных, и их превращение в тканях растений уменьшает эффективность элементов питания и почвенной влаги, что отрицательно сказывается на биологическом и хозяйственном урожаях. Поэтому для повышения эффективности фосфора и других основных элементов питания наряду с изложенными ранее факторами необходимо изыскать пути сохранения и увеличения содержания гумуса в почве.

Как показывает опыт, здесь основной рычаг управления количеством гумуса в почве находится в правильных севооборотах и сочетании минеральных удобрений с органическими. Так, по многолетним наблюдениям (с 1946 по 1975 г.) Чимкентской сельскохозяйственной опытной станции (Таджиева, 1975) в хлопково-люцерновом севообороте по схеме 3:6 с внесением удобрений (НРК) содержание гумуса в сероземах было достоверно выше по сравнению с удобряемой монокультурой. Причем трехлетняя люцерна способствует большему накоплению гумуса, чем двухлетняя. Начиная с третьего года после распашки люцерны, происходит некоторое снижение количества гумуса в почве. В девятипольном севообороте при ежегодном удобрении хлопчатника после первой ротации запас гумуса в слое почвы 0—60 см повышается на 5 т/га, после второй — на 3 т/га. При монокультуре же хлопчатника за 22 года содержание гумуса уменьшилось на 15 т/га. В хлопково-люцерновом севообороте на пласту люцерны обнаружен также более вы-

сокий запас азота в слое почвы 0—60 см (7,8 т/га), чем на участке с монокультурой хлопчатника (4,7 т/га). Более того, при ежегодном внесении фосфорных удобрений под монокультуру хлопчатника в отличие от севооборотов всемерно увеличивается количество неиспользованного общего фосфора в почве.

На лугово-сероземных почвах показано, что при бесменной культуре кукурузы и сахарной свеклы в течение восьми лет внесение органо-минеральных удобрений способствовало некоторому увеличению количества азота и гумуса, в то время как применение лишь минерального питания приводило к значительному уменьшению уровня гумуса в пахотном и подпахотном горизонтах (Касымалиев, 1973). В условиях Швеции также внесение органических удобрений и возделывание трав приводили к увеличению органических веществ в почве (Скоблина, 1973). В Ленинградской же области внесение даже относительно небольшой нормы навоза (10 т/га) значительно повысило содержание нитратных и аммиачных форм азота и способствовало получению высоких урожаев картофеля без дополнительного применения азотных удобрений, особенно на обеспеченных фосфором и калием торфяниках (Михайлина, 1974).

В условиях Средней Азии систематическое, часто одностороннее применение минеральных элементов, особенно азота, в больших дозах, без учета перечисленных факторов нередко приводит к нежелательным последствиям. Например, в совхозе «Пахтаарал» Южно-Казахстанской области с 1960 по 1970 г. было резко увеличено количество применяемого под хлопчатник азота, но из-за нарушения севооборотов и уменьшения в почве содержания гумуса и других органических веществ в результате длительной монокультуры оно не только способствовало повышению урожая хлопка-сырца, напротив, значительно снизило его.

С другой стороны, наши семилетние широкие производственные опыты (Назирова, Дададжанова, 1968; Дададжанова, 1972), проведенные на типичном сероземе (на экспериментальной базе Института экспериментальной биологии растений АН УзССР) и лугово-болотной почве (в колхозе им. XX партсъезда Избасканского района Андижанской области), показали, что предпосевное внесение отхода гидролизной и фурановой промышлен-

ности — лигнина, являющегося составной частью гумуса, на фоне общепринятой нормы в тех хозяйствах минеральных удобрений улучшает структуру почвы, заметно повышает ее температуру (+1,5), способствует большому сохранению влаги почвы. Оно, предотвращая образование корки на поверхности почвы, способствует дружному появлению всходов, значительно усиливает рост и развитие растений, особенно на начальных этапах онтогенеза, способствует лучшему использованию растениями питательных веществ, воды и, создавая благоприятные условия для развития антагонистов вертициллезного гриба, на 20—30% снижает поражаемость хлопчатника вилтом. В результате число коробочек на кусте увеличивается на два-три, а урожай хлопка-сырца — на 6—7 ц/га. При этом эффект возрастает по мере увеличения нормы внесения лигнина в пределах до 10 т/га. Дальнейшее увеличение нормы внесения лигнина не повышает эффекта (табл. 13).

В нашем опыте внесение навоза из расчета 10 т/га в лугово-болотную почву также снижает заболеваемость хлопчатника вилтом (на 10%) и повышает его урожайность на 1,5—2 ц/га, но в значительно меньшей степени, чем лигнин в аналогичной дозе. В настоящее время отходы гидролизного и фуранового заводов — лигнин — довольно широко применяются в хлопководстве.

В более поздних опытах некоторых исследователей (Мухамеджанов, Пирзада, 1975) показано, что навоз оказывает более сильное действие на продуктивное использование хлопчатником минеральных удобрений на типичном сероземе. Причем по мере повышения нормы минеральных удобрений до определенного предела растет и эффект навоза. Самая высокая прибавка урожая хлопка-сырца (6,1 ц/га) получена при совместном внесении  $N-300$ ,  $P_2O_5-210$  и  $K_2O-100$  кг/га (1:0,7:0,3) и навоза (5 т/га). Дальнейшее увеличение дозы минеральных удобрений даже в сочетании с органикой уже не дает такого эффекта и удорожает себестоимость хлопка.

В других исследованиях выяснено (Мухамеджанов, 1974), что глубокое рыхление (до 60 см) под посевы люцерны и внесение органо-минеральных удобрений способствует накоплению гумуса (до 2% и более) в почве и обеспечивает в последующем, в течение шести-семи

Таблица 13

Влияние лигнина и навоза на поражаемость хлопчатника вилтом и урожай хлопка-сырца

Вариант	Пораженные растения. %	Урожай хлопка-сырца, ц/га
<i>1966 г., сорт 108-Ф</i>		
Контроль	77,7±1,9	28,5±0,3
Лигнин, 10 т/га	57,8±1,1	35,8±0,4
Навоз, 10 т/га	66,7±1,2	30,5±0,4
<i>1967 г., сорт 152-Ф</i>		
Контроль	82,2±0,9	35±0,8
Лигнин, 10 т/га	57,2±0,7	41,2±0,4
Навоз, 10 т/га	72±1,1	36,5±0,6
<i>1968 г., сорт 159-Ф</i>		
Контроль	87,2±0,85	32±1,1
Лигнин, 10 т/га	60,5±0,99	37,8±1,4
Навоз, 10 т/га	82,7±1,5	33,3±1,5
<i>1969 г., сорт 159-Ф</i>		
Контроль	94,9±0,5	28,9±0,8
Лигнин, 10 т/га	70,8±0,6	33,2±0,7
<i>1970 г., сорт 108-Ф</i>		
Контроль	90±1,1	23,2±0,8
Лигнин, 10 т/га	70,1±1,0	27,7±0,9

лет (при обычной вспашке) получение урожаев хлопка-сырца 50—60 ц/га. Показано также (Пирахунов, Кариев, 1974), что применение микроэлемента молибдена под люцерну усиливает фиксацию атмосферного азота клубеньковыми бактериями в корнях этой культуры и увеличивает количество органического вещества в почве. Это оказывает затем существенное положительное влияние на продуктивность использования хлопчатником питательных веществ и воды, что приводит, в свою очередь, к получению высоких урожаев хлопка-сырца.

Таким образом, резюмируя приведенные сведения, еще раз отметим, что имеется целый ряд мощных, как

правило, взаимозаменяемых внутренних (характерных для живого организма) и внешних факторов, определяющих эффективность внесенных под хлопчатник и другие сопутствующие растения минеральных элементов питания. Из накопленных наукой и передовой практикой факторов вытекает, что правильное соотношение основных веществ минерального питания (NPK), выбор наилучших форм удобрений, установление их оптимальных норм, сроков и способов внесения, соответствующей густоты стояния и схемы размещения растений в посевах с учетом биологических особенностей и физиологического (прежде всего, возрастного) состояния возделываемых сортов хлопчатника, физико-химических свойств и уровня плодородия почвы (тип, структура, pH почвенного раствора, степень засоления, температура, содержание доступных для растений форм макро- и микроэлементов, гумуса и других органических соединений и т. д.), основанных на объективных данных агрохимических картограмм каждого хозяйства, обязательное сочетание с нормальным водоснабжением, повсеместное внедрение благоприятных хлопково-люцерновых севооборотов, внесение органики (навоз, лигнин и др.) и микроэлементов (Mo, Zn и т. д.) и своевременное проведение всех остальных агротехнических мероприятий способствуют резкому количественному и качественному повышению урожая хлопка-сырца и, как следствие, увеличению коэффициента использования применяемых в хлопководстве удобрений и соответственному снижению расхода последних на образование единицы продукции. При недооценке любого из перечисленных факторов столь драгоценные удобрения могут не дать должных результатов, что, к сожалению, пока зачастую имеет место в производстве. Например, повышение норм минеральных удобрений в любых сочетаниях и при совместном внесении с органикой и микроэлементами на фоне хороших севооборотов и оптимального водного режима эффективно действует на рост, развитие и урожайность хлопчатника лишь до определенного предела, за которым питательные вещества теряются бесполезно или даже отрицательно сказываются на его продуктивности и качестве продукции. Более того, высокие дозы отдельных элементов (в частности, азота) нередко снижают и эффективность других (например, фосфора) или спо-

собствуют повышению их бесплодной потере (в частности, калия), усиливая их вымывание из почвы во время поливов. Аналогично действует и недостаток того или иного элемента в почве (например, дефицит фосфора уменьшает эффективность азота и наоборот). Помимо этого, нарушение сбалансированного минерального питания приводит к уменьшению содержания биогенных микроэлементов (Zn, Fe) и возрастанию количества токсичных элементов (Pb) в растениях. Вместе с тем в условиях Средней Азии даже при более или менее правильном применении удобрений довольно большая часть питательных элементов остается в почве в труднодоступной для растений форме (например, фосфор и частично калий), накапливаясь из года в год во всевозрастающем объеме, или улетучивается в воздух, или же бесполезно вымывается во время промывных и вегетационных поливов и в составе сточных вод попадает в реки и другие водоемы (азот), загрязняя их (Иноземцева, Ковалева, 1971). Кроме этого, определенное количество минеральных удобрений теряется также во время транспортировки, хранения в помещениях и в процессе внесения на полях. Поэтому, как указывал Генеральный секретарь ЦК КПСС тов. Л. И. Брежнев в Отчетном докладе на XXV съезде нашей партии, «сегодня, когда мы высокими темпами наращиваем производство минеральных удобрений, важно рационально их использовать. Для этого, наряду с системой мер, призванных сократить потери при транспортировке и хранении удобрений и обеспечить улучшение их качества, требуется правильно и четко поставить агрохимическую службу, такую службу, которая позволяла бы с учетом особенностей каждого хозяйства получать максимальный прирост урожая»<sup>1</sup>. Чтобы достичь коренного возрастания коэффициента полезного действия минеральных удобрений, особенно фосфора, наряду с решением организационных задач по дальнейшему подъему культуры земледелия, нужно, прежде всего, всемерно расширить фундаментальные и прикладные научно-исследовательские работы.

В данном направлении перспективным может быть глубокое изучение следующих вопросов:

---

<sup>1</sup> «Известия», 25 февраля 1976 г.

а) генетика корневого питания (реакция различных сортов, мутантов, их исходных форм, гибридов хлопчатника, диких и полудиких сородичей на минеральные элементы и механизмы, определяющие их генетическую специфику и неодинаковую реакцию на уровень питательных веществ; влияние последних на генетическое регулирование синтеза ферментов и обмена веществ в клетках в целом);

б) влияние минерального питания на фотосинтетический аппарат, зависимость его функций от генетического аппарата, на интенсивность фотосинтеза, качество продуктов этого процесса, величину ассимиляционной поверхности и продолжительность ее фотосинтетической деятельности и связь последней с дыханием;

в) взаимодействие основных элементов питания (NPK) с почвенным комплексом, первичное поглощение их корневой системой и включение в метаболизм, роль органических остатков в усвоении и превращении минеральных элементов в клетках;

г) энергетика поглощения и передвижения минеральных веществ по растению;

д) влияние водного режима, температуры, микро- и ультрамикроэлементов, биогенных стимуляторов (янтарная кислота и др.), физико-химического состояния почвы, почвенных микроорганизмов, смены культур и различных вредных насекомых на поступление NPK в растение и их превращение в корневой системе, надземных вегетативных и генеративных органах;

е) изменение роста и развития, соотношения корневой системы и надземной части, с одной стороны, биологической массы и урожая хлопка-сырца, с другой, при различном питании азотом, фосфором, калием и микроэлементами;

ж) диагностирование потребности хлопчатника в элементах питания в зависимости от его физиологического состояния в онтогенезе, нарушение обменных процессов при недостатке, перенасыщении тех или иных элементов и при различном соотношении их, более точное определение оптимальных, сбалансированных доз, форм, сроков и техники внесения основных удобрений применительно к различным агроэкологическим и метеорологическим условиям с учетом их содержания в почве и ра-

стеннях, густоты стояния и схемы размещения кустов, а также уровня плодородия земель и водообеспеченности каждого хозяйства, чтобы в конечном счете разработать такие методы регулирования жизнедеятельностью растительного организма с помощью элементов питания и воды, при применении которых он мог «работать» меньше на себя (на создание вегетативной массы) и больше на семенное потомство, на образование высококачественного хозяйственного урожая.

Важно также широко исследовать действие созданных в последние годы сложных удобрений на хлопчатник и создавать их новые формы с микроэлементами, физиологически активными веществами и более высоким содержанием питательных элементов, с медленно растворимым в воде азотом и испытывать их в различных почвенно-климатических зонах и при узкорядном и ширококорядном способах посева с различным числом и одно-, двустрочным размещением растений на единице площади.

При расчетах норм удобрений следует учитывать не только результаты анализа почвы, но и данные выноса питательных веществ биологическим и хозяйственным урожаями, для чего необходимо проводить определение содержания элементов и в растениях.

В ускорении решения этих задач и улучшении работы агрохимической службы большую роль сыграет и создание автоматизированных методов анализа содержания элементов питания в почве и тканях растений. Например, недавно разработанный службой сельскохозяйственных исследований Министерства сельского хозяйства США совместно с опытной станцией штата Небраска простой автоматический способ определения азота позволяет анализировать 30 почвенных и растительных образцов в час, для чего при использовании известного метода микро-Кьельдаля потребовались сутки (Сальников, 1974).

В заключение добавим, что источники азотистых удобрений не ограничены, их всегда можно получить с помощью электрической энергии в нужном объеме из земной атмосферы, которая содержит громадное количество (около 80%) молекулярной неусвояемой высшими растениями формы азота ( $N_2$ ). Часть доступных для растений азотистых веществ образуется в воздухе вслед-

стве окисления молекулярного азота под влиянием грозовых разрядов до окислов, которые попадают вместе с осадками в почву в форме азотистой и азотной кислоты. Довольно большое количество питательной формы азота получается также в результате его биологической фиксации из воздуха почвенными микроорганизмами (свободно живущими бактериями — *Clostridium Pasteurianum*, *Azotobacter chroococcum* и клубеньковыми бактериями — *Bacterium risobium*, обитающими в корнях бобовых растений).

По новейшим сведениям американских исследователей, кроме бобовых растений, многие тропические злаковые травы также способны фиксировать молекулярный азот из атмосферы довольно интенсивно — около 1,7 кг/га азота в день (Алешинна, 1976).

Что касается усвояемых форм фосфора и калия, то они добываются лишь из недр земли, запасы которых ограничены. В то время как систематическое внесение фосфорных удобрений, особенно в высоких дозах, и слишком малое использование их хлопчатником (15—20%) в силу перечисленных выше причин привело к огромному накоплению труднодоступных растениям форм фосфорных соединений (фосфатов), что нарушает даже оптимальное соотношение различных питательных элементов в почве. По прогнозам специалистов, запас почвенного фосфора достаточен для культивирования растений и получения высоких урожаев в течение более ста лет. Все это выдвигает первоочередную необходимость разработки мер по мобилизации почвенных фосфатов. Однако этот чрезвычайно важный вопрос в настоящее время, к сожалению, не находится в поле зрения многих научно-исследовательских институтов.

По предварительным данным Института экспериментальной биологии растений Академии наук УзССР (Пирахунов), отдельные органические (щавелевая, мурavinная) кислоты, которые включены в состав новых сложных азотистых удобрений, блокируя кальций фосфатов, освобождают фосфорную кислоту, и хлопчатник может дать нормальный урожай без внесения фосфора извне. В опытах других учреждений показано, что внесение азота в форме сернокислого аммония  $[(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4]$  приводит к некоторому подкислению среды в почвах с богатым содержанием карбонатов и создает возмож-

ность использовать в какой-то степени остаточный фосфор. Отходы гидролизной промышленности, которые содержат лигнин (75—83%), трудногидролизуемые полисахариды (14—16%), золу (3,5—3,75%), серную кислоту (3—3,5%) и имеют кислый характер (рН—1,5—2), сдвигая рН почвенного раствора в более кислую сторону, также могут способствовать использованию почвенного фосфора, ибо, как уже отмечено выше, применение их на фоне обычных норм НРК значительно повышает урожай хлопка-сырца (Назиров, Дададжанов, 1968). Еще одной из мер мобилизации почвенных фосфатов является регулярное восстановление и улучшение плодородия почвы путем внесения органических удобрений и микроэлементов (Мо, Zn) и особенно посева люцерны, после распахки которой намного повышается коэффициент использования фосфора (Пирахунов, Кариев, 1974). Все эти работы могут служить ориентиром для дальнейших более глубоких исследований в направлении разработки действенных способов утилизации богатого запаса почвенного фосфора.

Помимо того, КПД фосфора почвы и удобрений может быть повышен также за счет наследственных свойств сортов хлопчатника. Напомним, что высокопродуктивные вилтоустойчивые сорта «Ташкент-1, -3», АН-401, АН-403, АН-407, АН-408 обладают более мощной корневой системой и большей поглощающей способностью в отношении фосфора и других питательных элементов, чем ранее высеваемые 108-Ф, С-4727 и др. Такую особенность сортов следует учесть в селекционной практике и усилить работы по выведению новых сортов с еще лучшей генетической потенцией.

#### ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ И ГУСТОТА СТОЯНИЯ ХЛОПЧАТНИКА

Как известно, жизнь на нашей планете обеспечивается главным образом путем связывания солнечной энергии в процессе фотосинтеза в зеленых листьях растений с образованием органических веществ. В этом важнейшем явлении природы огромную роль играет почва, без которой невозможен фотосинтез на суше. Почва, будучи

неотъемлемым компонентом биосферы, сама тоже является продуктом взаимодействия живого материала и горных пород и представляет собой «депо» различных организмов, аккумулятором связанной с ними энергии, хранилищем веществ их метаболизма и отмирания. При этом организмы и почва составляют сложные, тесно взаимосвязанные экологические системы (биогеоценозы), неодинаковые в зависимости от истории и особенностей географической среды. Созданные высшими растениями суши, органические вещества используются травоядными организмами, зообиомасса которых потребляется в свою очередь многочисленными паразитами, хищниками, некрофагами (питающимися падалью), почвенными беспозвоночными и микробами. В этой сложной системе почвенный и растительный покровы составляют неразделимое единство, растения и почва работают совместно. Подавляющее большинство органических веществ суши концентрируется в почвенном покрове земли, в ее так называемой гумусовой оболочке, являющейся энергетическим аккумулятором (Ковда, 1974) и одним из основных факторов, определяющих плодородие почв. Формирование же гумуса и окончательная минерализация органических веществ осуществляются внутрипочвенными животными и микроорганизмами (грибами, бактериями).

Следует отметить, что почвообразовательный процесс в природе протекает очень медленно. По приблизительным подсчетам, современный почвенный покров земли с его гумусовой оболочкой сформирован 300—400 млн. лет назад (Ковда, 1974). Однако плодородные земли складывается, кроме содержания гумуса и иного рода органических веществ, еще из многих других факторов: количества и качества питательных макро- и микроэлементов, водно-физических свойств почвы, вида севооборотов, уровня агротехники и т. д. Создавать его в тысячу раз труднее, чем разрушать.

По определению К. Маркса, «... земля... есть основной капитал, но основной капитал также изнашивается, как и оборотные капиталы. Улучшения, применяемые к земле, требуют, чтобы их воспроизвели и поддерживали; они служат лишь известное время и в этом отношении подобны всем другим улучшениям, которыми пользуют-

ся для превращения материи в средство производства»<sup>1</sup>. Меры по сохранению и улучшению плодородия почв особенно нужны для орошаемого земледелия с интенсивным типом использования полей (Сулейманов, 1975).

КПСС и Советское правительство постоянно уделяют большое внимание вопросам охраны, рационального использования и повышения плодородия земель (специальные Постановления партии и правительства «О неотложных мерах по защите почв от ветровой и водной эрозии»<sup>2</sup>, «Об усилении охраны природы, улучшении использования природных ресурсов»<sup>3</sup>). У нас уже давно функционируют «Основы земельного законодательства Союза ССР и союзных республик»<sup>4</sup> (1968). На торжественном заседании в Алма-Ате, посвященном 20-летию освоения целины (1974), Генеральный секретарь ЦК КПСС тов. Л. И. Брежнев говорил, что «земля — это бесценное народное богатство». И мы обязаны беречь ее, повышать продуктивность, добиваться все большей отдачи с каждого гектара. Далее он указывал, что «...охрана земли, повышение ее плодородия — неперемнное условие дальнейшего прогресса в сельском хозяйстве». А XXV съезд партии выработал конкретные задачи по охране и подъему плодородия земельных угодий в СССР.

Как известно, почва является продуктом биогеоценоза и поэтому объективно отражает его состояние. Например, на высокоплодородных почвах поступление питательных элементов (в частности, фосфора) в растение происходит более интенсивно, и эти вещества реализуются организмом лучше, в результате чего они накапливаются в вегетативных органах (листьях, стеблях, корнях) в меньшей степени, чем на низкоплодородных землях (Назиров, Мусаев, 1968; Мусаев, 1972; Пирахунов, 1976 и др.). Причем любой природный или культурный биоценоз находится в сложном взаимодействии, кроме почвы, и со многими другими факторами внешней среды и, прежде всего, солнечной радиацией.

Так, по расчетам (Ничипорович, 1971), для создания биологического урожая в 10 т (4 т зерна и 6 т со-

<sup>1</sup> К. Маркс, Ф. Энгельс. Соч., т. 4, стр. 176—177.

<sup>2</sup> «Правда», 2 апреля 1967 г.

<sup>3</sup> «Правда», 10 января 1973 г.

<sup>4</sup> «Правда», 14 декабря 1968 г.

ломы) посев пшеницы должен усвоить 2 млрд. кал солнечной энергии и поглотить примерно 20 т углекислоты ( $\text{CO}_2$ ). При этом разлагается около 18 т воды на кислород (16 т) и водород (2 т), первый из которых выделяется в окружающую среду, а второй идет на восстановление углекислоты с образованием богатых энергией органических веществ. Однако коэффициент использования солнечной энергии таким цензом на процесс фотосинтеза не превышает 2%.

Наукой доказано, что степень поглощения радиации зелеными листьями и образование органических веществ зависят от внутренних (генетических и физиологических) и внешних причин и при благоприятных сочетаниях ситуаций растения могут использовать солнечную энергию с КПД до 4—5% (Ничипорович, 1971). Поэтому нужно создать такой комплекс условий, при которых связывание солнечной энергии и образование первичных органических веществ в процессе фотосинтеза происходили бы наиболее интенсивными темпами и биоценозы были бы более высокопродуктивными и, не нарушая нормального функционирования сложившейся в результате эволюции единой системы Почвы — Растения — Животные, можно было бы получать максимальный урожай высокого качества с единицы площади. Здесь наряду с целым рядом важных взаимозаменяемых факторов, о которых говорилось в предыдущих разделах данной книги (внедрение севооборотов, высокопродуктивных болезне- и засухоустойчивых скороспелых сортов, прогрессивных мер борьбы с вредителями, болезнями и сорняками, внесение сбалансированных органико-минеральных удобрений, оптимизация поливов и т. д.), решающая роль принадлежит правильному размещению растений в посевах и обеспечению оптимальной их густоты стояния с учетом плодородия и физических свойств почв, глубины залегания грунтовых вод, метеорологических условий района, морфологической структуры возделываемых культур и генетических особенностей последних по отношению к свету и воднопитательному режиму. Ибо при этом как раз и создается возможность равномерного освещения растений на полях и более полного удовлетворения их потребности в минеральных элементах, воде, и, как следствие, возникают наиболее благоприятные ситуации для продуктивной ассимиляционной деятельности листьев —

«фабрики» фотосинтеза, а в конечном счете для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур нужного качества. Это особенно важно для хлопчатника, являющегося по своей природе светотеплолюбивым многолетним древовидным или кустарниковым растением с моноподиальным (ростовым) и симподиальным (плодовым) типами ветвления и с акропетальным цветением и плодоношением (постепенно снизу вверх по главному стеблю и от центра к периферии, с определенной очередностью по ярусам и конусам), конструкции кустов различных сортов которого довольно сильно отличаются друг от друга, а также значительно варьируют в зависимости от условий возделывания (уровень питательных веществ, в первую очередь азота, химические, биохимические, механические и другие свойства почвы, интенсивность света и т. п.). Более того, в силу большей светолюбивости этой культуры оптимум освещенности для его фотосинтеза выше (Ибрагимов, 1972 и др.), чем у целого ряда других культивируемых растений (W. H. Hoover, oth, 1933; E. K. Gabrielsen, 1942; Wassink, 1946 и др.) Причем хлопчатник нуждается в большей интенсивности света не только для оптимальной работы фотосинтетического аппарата, но и для нормального роста и развития, особенно в первые фазы вегетации — с момента появления всходов до завершения дифференциации стеблевых почек и появления бутонов.

Разработкой оптимальных параметров размещения растений хлопчатника на полях с целью получения максимального урожая раннего созревания с единицы посевной площади при сохранении качества продукции на высоком уровне с давних пор занимаются многие исследователи (Р. Р. Шредер, 1913 б; Н. Н. Балашев, 1926; И. Ф. Деревницкий, Ю. Ю. Старосельский, 1927; А. Ф. Макаров, 1930; Языков, 1953; Н. А. Тодоров, А. Н. Нешина, 1954; М. П. Меднис, 1955, 1973; С. Х. Юлдашев, 1966; М. В. Мухамеджанов, Сулейманов, 1975; Юлдашев, Назаров, 1976; С. H. Brown, 1953; V. G. Cristidis, G. I. Harrison, 1955; I. R. Tavernetti, V. V. Ewing, 1959 и др.) За истекший период испытаны разнообразные схемы размещения и густоты стояния хлопчатника на полях (например, с междурядьями 45, 60, 70, 90 см и более, с интервалами между гнездами 60, 45, 30, 20, 17, 15, 10, 8 см и числом растений в гнезде 1, 2, 2 и 1, 3, 4). Выяснено, что

нет универсальной схемы размещения и густоты стояния растений, которая дала бы одинаково хорошие результаты во всех почвенно-климатических зонах хлопководства. Показано, что на посевах с одиночным стоянием растений по сравнению с 2—3—4 кустами в каждом гнезде создаются более благоприятные условия для лучшего использования организмом солнечной энергии, воды, питательных веществ и в результате получается, как правило, наибольший урожай. Увеличение же числа кустов в гнезде и густоты стояния на единице площади в целом отрицательно сказывается на темпах их роста, развития, нарушает процессы дифференциации клеток (в первую очередь, механических тканей стеблей) и механизмы образования и накопления плодовых органов, вызывает полегание растений, снижает продуктивность индивидуума (отдельного растения), но оно в определенных рамках приводит к повышению урожайности хлопчатника с каждого гектара, что подтвердилось в разных агроэкологических районах.

На основании этих исследований были установлены сравнительно оптимальные схемы густоты стояния растений для всех почвенно-климатических условий с учетом биологических особенностей возделываемых сортов хлопчатника, которые прочно вошли в сельскохозяйственное производство. И с развитием техники и энерговооруженности хлопководства, появлением новых сортов хлопчатника, отличающихся от предшествующих по габитусу кустов, скороспелости, урожайности и прочим биологическим свойствам, усовершенствовалась технология возделывания этой культуры, в том числе и способы ее размещения в посевах, одни схемы заменялись другими, более прогрессивными для своего времени, но густота растений на единице площади вплоть до последних лет оставалась почти неизменной, например, в Узбекистане в пределах 75—85 тыс., в редких случаях до 100—105 тыс. кустов на гектаре (для тонковолокнистых сортов типа С-6030).

Однако в настоящее время как у нас, так и за рубежом (Австралия, США и др.) наметились две тенденции по существенной модификации густоты стояния и размещения хлопчатника на полях: 1) выращивание его широким (90 см и более) междурядьем с посевом одно- и двухстрочным способами и с более повышенной густотой

стояния растений; 2) переход к сверхсуженным, многострочным или даже сплошным посевам этой культуры с густотой стояния 300, 500, 600, 700, 800 тыс. кустов на гектаре (Брежнев, 1972; Беляева, 1973 в; Хлебутина, 1973; аб; Джуманкулов, 1973; Мирджураев, др., 1976 и др.). Наблюдениями СоюзНИХИ (Юлдашев, 1976; Юлдашев, Назаров, 1976), Научно-исследовательского института земледелия МСХ ТаджССР (Джуманкулов, 1973), ИССХ им. Г. С. Зайцева МСХ СССР (Аббаров, др., 1976), некоторых хозяйств Сырдарьинской (Красильников, Эшанов, 1975) и Ташкентской областей (Кахрамонов, Ибрагимов, 1975; Азнауров, Байбутаев, 1975), проведенными в основном за последние два-три маловодных года, показано повышение урожайности хлопчатника при более загущенных одно- и двухстрочных посевах (в зависимости от физических, химических свойств и плодородия почв, глубины залегания грунтовых вод и биологической конструкции возделываемых сортов от 110 до 160, а иногда и 200 тыс. кустов на гектаре). Однако нередко при таком способе посева созревание урожая задерживается (на пять — десять дней) и, чтобы вызвать раскрытие коробочек, приходится делать во второй половине сентября десикацию хлопчатника довольно большими дозами ядохимикатов (А. Кадыров, 1975).

В последние годы в различных хлопковых районах США (Юг великих равнин, штат Техас, долина Сан-Хоакин, опытная станция в Керне, Туларе, Фреско и др.) также проходят широкие испытания и внедряются в практику загущенные посева хлопчатника и других культур (зерновое сорго, кукуруза). При возделывании хлопчатника наибольшее распространение получают загущенные двустрочные посева на грядах с междурядьями 100 см и меньше — узкорядные — 25—50 см (Беляева, 1973 в; Хлебутина, 1973 б; Гигиберия, 1975). Однако масштабы роста площадей под ними в США еще ограничены, по мнению специалистов, из-за отсутствия пригодных для такой технологии сортов хлопчатника. Пока там для этой цели используют, как и у нас, существующие сорта, предварительно специально изучая большое разнообразие сортов и подбирая среди них наиболее подходящие по конструкции кустов, типу ветвления, скорости и форме коробочек. Например, в узкорядных посевах сейчас возделываются сорта: Lochet 4789-A,

отличающийся ускоренными темпами плодоношения и созревания коробочек; высокоурожайный скороспелый — *Rilcot strepper*, характеризующийся среднерослыми кустами и высоким качеством волокна, и *Paymaster* — 18 с коротким вегетационным периодом.

Но в США параллельно проводятся большие работы и по выведению новых сортов, приспособленных к загущенным посевам, по выработке агротехнических рекомендаций и созданию специальных хлопкоуборочных комбайнов (Беляева, 1973 в). В Техасе семеноводческой компанией «*Acco Seed*» уже создан сорт *Paymaster Dwarf*, характеризующийся компактной формой куста (недлиным ветвлением), большой скороспелостью и повышенными темпами созревания коробочек, но по длине и прочности волокна уступающий районированным сортам. Там же, на сельскохозяйственной опытной станции (Люббокс) еще в 1969—1970 гг. проходила испытание шпindelная хлопкоуборочная машина, специально созданная для уборки урожая загущенных посевов хлопчатника фирмой «*Бен-Пирсон*», которая показала достаточно хорошие результаты: в зависимости от сортов потеря хлопка составляла от 2,6 до 7,2% (Хлебутина, 1973 б).

В самое последнее время выведено и испытано на опытной станции штата Техас в Веслако в узкорядных загущенных посевах еще несколько новых раннеспелых детерминантных сортов хлопчатника (Акко 1764, Пейместер 266 и др.) с густотой стояния 324—356 тыс. растений на гектаре. Контролем служил более позднеспелый стандартный сорт *TPSA-110*. Урожай убирала 1 августа шпindelной машиной, приспособленной для уборки хлопка в узкорядных посевах. Наиболее продуктивным оказался сорт Акко-1764 (урожай волокна — 10,4 ц/га) и наименее урожайным — стандартный (6,8 ц/га), другие новые сорта занимали промежуточное положение (9,7; 7,3 ц/га). Большое влияние на урожайность сортов и качество их волокна оказывали сроки дефолиации. Самый высокий урожай волокна без заметного изменения его качества получен при дефолиации на 118-й день после сева. Как удлинение срока дефолиации на десять дней (проведен на 128-й день после сева), так и сокращение его на столько же (на 108-й день) снижают урожай и качество волокна (Гигиберия, 1976 б).

В Австралии с 1965 г. изучаются, а сейчас уже начали практиковаться три способа загущенной технологии возделывания хлопчатника (Брежнев, 1972; Хлебутина, 1973 а): сплошной сев с расстояниями между строк 18—22 см (до 800 тыс. растений на гектаре), гребневой сев с шестью или восемью рядками с расстояниями между ними 18—22 см и нарезкой поливных борозд через 2 м (500—600 тыс. кустов на гектаре) и двухстрочный посев с расстояниями между строк 15—20 см и междурядьями 100 см (густота стояния 250—300 тыс/га). Посевы производят 24-рядными зерновыми сеялками, приспособленными для загущенного сева. Удобрения вносят за один прием. Поливы осуществляют напуском по полосам или бороздам из оросителей с помощью пластмассовых трубок-сифонов длиной 1,5—3 м и диаметром 50—60 мм. Уборка хлопка на сверхзагущенных посевах проводится специальными стрипперными машинами, скашивающими хлопчатник по типу зернового комбайна.

По предположению специалистов, такая технология возделывания хлопчатника позволит повысить урожайность хлопчатника на 25—30%, сократить сроки вегетации на две-три недели и снизить затраты труда и средств на 25—30%.

Одной из важных трудностей при загущенных посевах является борьба с сорняками и непригодность обычных высокоурожайных, высокорослых сильнооблиственных сортов хлопчатника. С целью борьбы с сорняками применяются хлопково-люцерновые севообороты, что значительно способствует и уменьшению вилта. Ведутся также работы по созданию короткостебельных (высота 50—60 см) слабооблиственных сортов хлопчатника специально для загущенных посевов. Путем скрещивания американских сортов и советского сорта Кинг караязский уже получены скороспелые короткостебельные сорта: Равелинский тополь и Равелинский золотой, но они имеют недостаточно длинное и прочное волокно и восприимчивы к вилту и поэтому еще не нашли широкого применения в производстве (Брежнев, 1972; Хлебутина, 1973 б).

Что касается повсеместного изменения ранее твердо установленных научными организациями и многократно проверенных практикой норм густоты стояния растений хлопчатника в сторону резкого увеличения и особенно

перехода к сверхсуженным, многострочным и сплошным посевам в хлопкосеющих районах Союза, то многие стороны этого вопроса остаются далеко нерешенными и будут, видимо, предметом исследований еще долгое время.

Как известно, для нормального роста и развития хлопкового растения на разных этапах его вегетации требуются не только определенный водно-питательный и температурный режимы, но и оптимум солнечной радиации, ниже которого происходит нарушение процессов онтогенеза, в том числе формирования и созревания семян и волокна. Районы же советского хлопкосеяния (38—42° с.ш.) с относительно коротким летом и недостаточной интенсивностью инсоляции для хлопчатника являются самыми крайними для хлопководства. Поэтому отмеченную биологическую особенность хлопчатника нельзя упускать из виду и, прежде чем перейти всюду к загущенным схемам его размещения в посевах, следует данный вопрос тщательно изучить в разных агроэкологических и климатических зонах на фоне различного корневого питания, водного и температурного режима и разработать оптимальную агротехнику для посевов с повышенной густотой стояния кустов на единице площади, способствующую ускорению развития растений и получению высокого урожая нужного современной промышленности качества.

Почва, как уже упоминалось выше, — сложная живая система. Растения ежегодно получают из нее огромное количество биогенных макро-, микро- и ультрамикроэлементов. При этом, чем больше растений на единице площади, тем больше и вынос питательных веществ. Но в природе основная масса вынесенных из почвы элементов питания после смерти растений, животных и микроорганизмов снова возвращается в нее. При культурных же биогеоценозах, в том числе и при посевах хлопчатника (особенно при его монокультуре), в землю возвращаются, как правило, только азот, фосфор, калий и частично некоторые другие макро- и микроэлементы в составе корневых остатков, навоза и иных органических удобрений и то не везде.

По нашему мнению, загущенные посевы требуют изменения системы удобрений полей, так как существующие нормы азота, фосфора и калия, по всей вероятности, не покрывают их выноса растениями, что через

несколько лет может привести к истощению почвы. Для поддержания ее плодородия и полного удовлетворения потребности растений в питательных элементах нормы удобрений должны несколько превышать их вынос. Помимо того, чтобы всегда сохранить плодородие полей на высоком уровне, надо им вернуть и другие, полученные растениями от нее биогенные макро-, микро- и ультрамикроэлементы в полной мере и охранять биологические, физические, механические и химические свойства земли «... как зеницу ока...» (В. И. Ленин), лелеять, всемерно улучшать ее структуру. Это вызывает необходимость всестороннего и глубокого исследования близких и отдаленных последствий загущенных посевов на физико-химические, агрегатные свойства и плодородие почвы, на биологические особенности и эволюционно сложившиеся взаимоотношения различных болезнетворных (вилт, гоммоз, корневая гниль и т. д.) и полезных (антагонистов возбудителей заболеваний, азотфиксирующих бактерий и т. п.) микроорганизмов, вредных насекомых и их естественных врагов, на гумусообразовательный процесс, баланс биогенных и токсичных элементов, катализаторов в почве и растениях, на формирование и функционирование фотосинтетического аппарата, на ход фотосинтеза и связанных с ним биохимических и биофизических реакций в клетках, на характер распределения его продуктов по вегетативным и генеративным органам хлопчатника, на КПД поглощенной зелеными листьями солнечной радиации. Важное значение имеет оптимизация работы такого необычного для хлопчатника биогеоценоза, как загущенные посевы, путем регулирования водного режима, органо-минерального питания и создания специальных для этой цели сортов.

Прекрасный пример оптимального функционирования биогеоценозов показывают карликовые сорта пшеницы, риса. Например, сорт риса IR8, выведенный Международным институтом риса, дает урожай до 95 ц/га при КПД фотосинтеза 5—6%. Он обладает прямостоящими, взаимонезатеняющими листьями и отзывается на высокое плодородие и удобрение обезлиствлением и образованием крупной метелки (Ничипорович, 1971)

Созданные в Индии короткостебельные сорта риса также характеризуются высоким генетическим потенциалом, хорошей отзывчивостью на внесенные удобре-

ния и любое повышение уровня агротехники (осушение полей перед внесением элементов питания, качество подготовки площадей к посеву и т. д.) и в отличие от высокорослых форм дают большой урожай в загущенных посевах. Они превосходят высокорослые сорта также при обычной густоте стояния растений, причем на всех агрофонах, в том числе и без применения удобрений (Герасимова, 1975).

Выведением подобных сортов хлопчатника, обеспечивающих оптимальную структуру и работоспособность биогеоценозов, сейчас занимаются довольно большие коллективы. О результатах зарубежных исследователей уже говорилось на предыдущих страницах. В нашей стране в этом направлении работают Институт селекции и семеноводства хлопчатника им. Г. С. Зайцева МСХ СССР, Институт экспериментальной биологии растений Академии наук УзССР, Туркменский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства тонковолокнистого хлопчатника и другие учреждения. Селекционером А. Д. Дадабаевым получен карликовый сорт, но он имеет один существенный недостаток — сильно поражается вилтом, вследствие чего не применяется в практике.

Нами также путем инкорпорирования в семена дикого хлопчатника *Gos. hirsutum* ssp. *mexicanum* var. *pervosum* радиофосфором и многолетним отбором на провокационном фоне (зараженном инфекцией возбудителя вилта поле) выделено несколько вилтоустойчивых низкорослых мутантов. Краткая биологическая характеристика одного из них — сорта АН-405 приведена ранее в разделе «Вилт хлопчатника». Здесь лишь напомним, что этот сорт обладает большой скороспелостью, плодовитостью, имеет волокно V типа, с 1975 г. испытывается по линии Госсортсети при обычной технологии возделывания и показывает обнадеживающие результаты. В настоящее время дорабатываются и остальные низкорослые мутанты. Следовало бы испытать сорт АН-405 и другие низкорослые мутанты при загущенных посевах.

В заключение нужно отметить, что всестороннее решение проблемы загущенных посевов и создание настоящих карликовых вилтоустойчивых высокоурожайных скороспелых сортов с качеством волокна, полностью удовлетворяющим запросы современной промышлен-

ности, безусловно, нелегкая задача и требует комплексных усилий генетиков, радиобиологов, селекционеров, физиологов, биохимиков, математиков, физиков и других специалистов. Такого комплекса, к сожалению, пока у нас нет. Очевидно, необходимость широкого анализа вопросов о продуктивности хлопчатника при загущенных посевах и их последствиях приведет в ближайшем будущем к организации данного комплекса.

### МАСЛИЧНОСТЬ СЕМЯН ХЛОПЧАТНИКА

Семена — зачаточные растеньица. Они имеют специальные органы запасных веществ, необходимых для поддержания жизнедеятельности семян во время покоя (хранения), а главное, для прорастания, роста и развития проростков на первом, так называемом гетеротрофном этапе их жизни — с момента выхода зародыша из состояния спячки до появления зеленой окраски (образования пигмента хлорофилла), начала активного функционирования фотосинтетического аппарата с образованием новых органических веществ и перехода растений к автотрофному образу питания. У хлопчатника таким органом служат главным образом семядольные листочки зародышей. В них (частично и в корешках зародышей) сосредоточен большой запас питательных (жиры, белки, углеводы, фосфатиды, фитин, стеролы, органические и аминокислоты) и физиологически активных соединений (ферменты, витаминны, гормоны, пигменты типа каротиноидов, фенолы, полифенолы — госсипол и его производные — и др.), различных зольных (биогенных) макро- и микроэлементов (P, K, Mg, Ca, S, Cu, Zn, Fe, Mo, Mn, V, Co и т. д.). Среди этих веществ преобладают белки и жиры (масла), которые, особенно последние, по значимости для народного хозяйства занимают после хлопкового волокна второе место. Это ценный пищевой продукт.

Белки из зародышей семян хлопчатника после очищения по качеству не уступают молочному (казенну). Но пока они идут в составе шрота и жмыха (отходов маслобойной промышленности) на корм скоту.

Хлопковое масло представляет собой смесь триглицеридов — сложных эфиров трехатомного спирта глицерина и высокомолекулярных насыщенных водородом

(20—27%) и имеющих двойные связи между углеродными радикалами, так называемых непредельных (73—80%) жирных кислот (Hiditch, Maddison, 1940), но сырое масло содержит и другие разнообразные соединения (каротиноиды, госсипол, гормоны, токоферолы и т. д.), извлекаемые из семян вместе с ним.

В составе хлопкового масла из насыщенных жирных кислот в наибольшем количестве встречается пальмитиновая, а из непредельных — линолевая и олеиновая. В нем имеются и такие насыщенные жирные кислоты, как миристиновая, арахиновая и стеариновая, а также непредельные: пальмитолеиновая и миристоловая, но их значительно мало, особенно последней (Губанов, 1960).

Качество масла определяется количественным соотношением насыщенных и непредельных жирных кислот, их набором и порядковым местом расположения каждой отдельной кислоты в сложной молекуле глицеридов, содержанием тех или иных триглицеридов, что в известной степени меняется в зависимости от условий произрастания и генотипа сортов и форм хлопчатника. Помимо того, жирные кислоты в зародышах хлопчатника находятся и в свободном виде, но их обычно немного (1—2% к сухому весу), а при хранении семян в неблагоприятных условиях среды (в частности, при повышенной влажности) содержание такой формы кислот резко возрастает (до 10%), что также сказывается на качестве масла.

Степень насыщенности жирных кислот атомами водорода определяется методом присоединения двух атомов йода по месту двойной связи углеродных радикалов в молекуле, получившим название йодного числа жиров. Чем больше в составе масла радикалов с двойной связью, тем выше йодное число. Иначе говоря, чем больше йодное число, тем больше ненасыщенных кислот находится в составе масла и наоборот. Среди растительных жиров наиболее высокий уровень йодного числа характерен для льняного, тунгового и конопляного масел, благодаря чему они в большей степени способны окисляться и полимеризоваться, образуя тонкую пленку. Поэтому эти масла называются высыхающими и идут в основном на производство лаков.

Хлопковое масло, как и подсолнечное, кунжутное, арахисовое и некоторые другие растительные жиры, отличается относительно пониженным йодным числом,

относится к полувывсыхающим, довольно хорошо усваивается организмом человека и широко используется в пищевой промышленности (консервной, кондитерской и др.).

Синтез масла и других запасных веществ (например, белков) и их накопление в семенах хлопчатника начинаются через 23—25 дней после оплодотворения и образования зиготы (т. е. после полного завершения формирования зародыша) и продолжаются до самого их созревания (Лонзингер, Раскина, 1931; Верещагин, Ганиева, 1964; Ганиева, Рахманов, 1972; Рахманов, Топвалдиев, 1973 и др.), что сопровождается увеличением веса семян. Причем наибольшее количество масла и других запасных веществ в зародышах соответственно и повышенный объем имеют семена коробочек, расположенных во внутренней зоне куста и развивавшихся в более благоприятных условиях (в отношении водно-питательного, светового и температурного режимов), и наименьшее — в периферийной. Благодаря большому запасу питательных веществ и хорошей зрелости семена коробочек внутренней зоны куста хлопчатника обладают повышенными посевными качествами и обеспечивают получение более высоких урожаев хлопка-сырца (Губанов, 1960).

Кроме места расположения коробочек на кусте и физиологической зрелости зародышей, маслячность семян зависит в значительной мере и от такого состояния организма, как степень поражаемости хлопчатника возбудителями болезней и вредителями. В частности, заболевание хлопчатника вилтом или повреждение его паутинными клещами и тлями приводит к подавлению синтеза жира и других запасных веществ и снижению их содержания в семенах, а также урожая хлопка-сырца.

Масличность семян хлопчатника и других растений — генетически обусловленный количественный признак. Поэтому отдельные виды, разновидности и сорта хлопчатника отличаются по содержанию масла (да и иных запасных соединений, например, белков) в семенах (Смирнова, 1936; Крокер, Бартон, 1955; Губанов, 1960; Рахманов, Топвалдиев, 1972).

Так, по данным Г. Я. Губанова (1960), проводившего анализы многих диких и культивируемых видов и разновидностей хлопчатника, самой высокой маслячностью

семян (24—28%) отличаются сорта и разновидности тонковолокнистого хлопчатника *G. barbadense*. Относительно низкую масличность имеют семена ранее культивируемых видов Старого Света: *G. herbaceum*, *G. arboreum* ssp. *Nanking* (15,9—22,7%). Семена средневолокнистых сортов и разновидностей хлопчатника *G. hirsutum* по масличности занимают среднее место между тонковолокнистым и старосветскими видами (18,9—26,8%). Среди некультуренных диких видов высокой масличностью характеризуются *G. Davidsonii* Kell., *G. brasillense* Maci. (в среднем 22,9%), *G. Thurberii* Tod. (22,2%) и самой низкой масличностью — *G. africanum* Watt (12,3%). Причем, как показали анализы, проведенные другими исследователями еще в 30-е годы (Лонзингер, Раскина, 1931), масличность семян разных видов хлопчатника отличается не только количественно, но и качественно. Сравнительно низкомасличные семена видов *G. herbaceum*, *G. arboreum* характеризуются более повышенным содержанием в жире непредельных жирных кислот, чем высокомасличные семена видов *G. barbadense* и *G. hirsutum*.

Вместе с тем более поздними исследованиями лаборатории биохимии липидов Института экспериментальной биологии растений АН УзССР (Рахманов, Топвалдиев, 1972) установлено, что разные виды и разновидности хлопчатника по качественному составу жирных кислот в масле заметно не различаются. Между ними существуют лишь количественные отличия в содержании тех или иных жирных кислот в глицеридах, что обусловлено главным образом условиями их происхождения и имеют, видимо, приспособительное значение к факторам местообитания. Например, масло дикого вида *G. anomalum* Wawra et Peug из юго-западной Африки с высокой температурой и большой сухостью воздуха характеризуется повышенным содержанием насыщенной пальмитиновой кислоты (34%) и пониженным количеством непредельной линолевой кислоты (37%). Масло же семян морозостойких австралийских видов *G. sturtii* и *G. robinsonii*, выдерживающих короткие заморозки (до —6—7°C), напротив, богато линолевой кислотой (60%). Дикий вид *G. harknessii* Bradg в масле семян содержит мало пальмитиновой и больше олеиновой (ненасыщенной) кислот. Масло же другого дикого, относительно

устойчивого к заморозкам вида *G. thurberii* (Tod) очень бедно насыщенной стеариновой кислотой, а полудикого *G. tricuspdatum* var. *purpuraseus* (Pior) — ненасыщенной пальмитиновой. Масло семян ранее культивируемых старосветских видов *G. herbaceum* и *G. arboreum* различаются по содержанию оленовой и линолевой кислот. У последнего линолевой кислоты мало, оленовой — больше, чем у первого.

Разновидности одного и того же вида также различаются между собой главным образом лишь по содержанию отдельных жирных кислот в масле. Например, масло семян вилто-засухоустойчивого дикого подвида *ssp. mexicanum* var. *peruosum* отличается более высоким уровнем пальмитиновой (29,7%) и суммы насыщенных кислот (32,6%) и меньшим содержанием оленовой (17,8%) и суммы непредельных кислот (67,4%), чем у полудикого относительно восприимчивого к вилту подвида *ssp. punctatum* (25,2; 29,9; 21,7 и 72,1% соответственно).

Виды и разновидности рода *Gossypium* отличаются и по составу триглицеридов масла. В частности, для масла семян *G. apetalum* характерна повышенная концентрация триглицеридов ППО (пальмитиновая — пальмитиновая-олеиновая) и ППЛ (Л-линолевая), пониженная — ЛЛЛ, СПЛ (С-стеариновая), для *G. harknesii* высокий уровень ОЛЛ и ООЛ. *G. sturtii* и *G. robinsonii* имеют больше ЛЛП (30%). У окультуренного старосветского хлопчатника (*G. herbaceum*, *G. arboreum*) ППО и ППЛ меньше, нежели у новосветского (*G. hirsutum*, *G. barbadense*). Новосветские виды также различаются друг от друга по содержанию отдельных жирных кислот в масле семян: сорта тонковолокнистого хлопчатника *G. barbadense* (С-6028, С-6029, Пима-10, 5904-И, 5595-В) более богаты насыщенной пальмитиновой кислотой (26,6—28,8%) и содержат меньше ненасыщенной линолевой кислоты (45,9—50,5%), чем средневолокнистые сорта (159-Ф, 160-Ф, К-165 и др.) *G. hirsutum* (24,1—28,1% и 50,8—55,3% соответственно).

В последующих работах названной лаборатории (Рахманов и др. 1975) найдены довольно четкие количественные различия в масличности семян и жирнокислотном составе триглицеридов масла между средневолокнистыми сортами (*G. hirsutum*), выведенными в

последние годы путем внутривидовой отдаленной гибридизации или радиационного мутагенеза. В частности, такие новые сорта селекции Института экспериментальной биологии растений АН УзССР, как «Ташкент-4», АН-Экспресс-1, АН-401, АН-402, особенно АН-405, оказались более высокомасличными (% масла в семенах соответственно: 22,4; 22,8; 22,4; 22,9; 23,1), чем промышленный сорт «Ташкент-1» (20,7%) и некоторые другие (табл. 14). Среди сортов АН-401 отличается наиболее высоким содержанием пальмитиновой (33,8%) и суммы насыщенных жирных кислот (37%) и соответственно пониженным общим количеством ненасыщенных кислот (63%) и самым меньшим йодным числом (95 ед.). По уровню насыщенных кислот за ним следуют сорта АН-402 и «Ташкент-1». В масле семян этих сортов концентрация пальмитиновой кислоты составляет соответственно 24,5 и 25,6%, суммы насыщенных кислот — 29 и 28,5%, йодное число — 103,4 и 108,7 ед., а общее количество непредельных кислот 71,1; 71,4 и 72,4%. После них по содержанию насыщенных жирных кислот в масле идет сорт «Ташкент-3». Масло же семян сортов «Ташкент-2, -4», АН-Экспресс-1, АН-405, АН-505, АН-Узбекистан-2 характеризуется большей концентрацией ненасыщенных кислот (сумма 74,1—76,6%) и повышенным выходом йодного числа (113,2—117,9 ед.).

Замечено (Рахманов, Топвалдиев, 1972; Рахманов и др., 1975), что масло семян разных видов, форм и сортов хлопчатника состоит из трех видов триглицеридов: динасыщенно-мононенасыщенных ( $S_2U$ ), мононасыщенно-диненасыщенных ( $SU_2$ ) и триненасыщенных ( $U_3$ ). У промышленных и новых средневолокнистых сортов (*G. hirsutum*) содержание триглицеридов типа  $S_2U$  составляет 12,8—17,9%,  $SU_2$ —41,1—44,8% и  $U_3$ —36,6—45,6%. Например, масло семян сорта «Ташкент-1» содержит 17,7% глицерида типа  $S_2U$ , 36,5%— $U_3$  (ЛЛЛ и ОЛЛ), а у сорта «Ташкент-2»—12,2 и 44,2% соответственно. Высокий уровень пальмитиновой кислоты у сорта АН-401 обуславливает образование повышенной концентрации триглицерида дипальмитилолинолина (ППЛ) и, как следствие, суммы глицерида типа  $S_2U$ , что составляет 26,8%.

Напомним, что сорта АН-401, АН-402, АН-405 получены от дикого вилтозасухоустойчивого, мелкокоробоч-

Таблица 14

Содержание масла и жирных кислот в триглицеридах семян новых перспективных сортов хлопчатника вида *G. hirsutum* (Данные Р. Р. Рахманова и др., 1975)

Сорт	Масло, %	Жирные кислоты, %					Сумма кислот, %			Подное число
		миристиновая	пальмитиновая	стеариновая	олеиновая	линолевая	насыщенных	ненасыщенных		
«Ташкент-1»	20,7	0,94	25,6	2,04	17,4	54,1	28,5	71,4	108,7	
«Ташкент-2»	22,0	1,1	21,0	1,52	17,4	59,0	23,6	76,4	117,9	
«Ташкент-3»	21,4	1,03	23,6	2,92	21,3	51,1	27,6	72,4	107,5	
«Ташкент-4»	22,4	0,67	23,0	1,63	19,1	55,6	25,3	74,7	113,2	
АН-Экспресс-1	22,8	0,82	20,7	1,76	18,1	58,6	23,3	76,7	117,7	
АН-401	22,4	1,49	33,8	1,64	14,6	48,1	37,0	63,0	95,8	
АН-402	22,9	1,1	24,5	3,31	23,4	47,7	29,0	71,1	103,4	
АН-405	23,1	0,81	22,4	2,29	20,8	53,7	25,5	74,5	111,7	
АН-503	21,2	0,93	23,4	2,01	18,5	55,2	26,3	73,7	112,1	
АН-Узбекистан-2	21,9	0,85	23,0	2,02	16,1	58,0	25,9	74,1	113,5	

ного хлопчатника ssp. mexicanum путем воздействия на него радиоактивным фосфором и являются также устойчивыми к вилту. Сорт АН-401, как и исходный материал, устойчив и к недостатку воды в почве и суховеям. Но сорта АН-401, АН-402 и АН-405 в отличие от своего дикого прародителя образуют крупные коробочки и дают высокий урожай (40—56 ц/га) с хорошим качеством волокна (Назиров и др., 1975). Кожура семян этих сортов имеет хорошую проницаемость для воды и минеральных элементов и они быстро прорастают в почве. Помимо того, сорт АН-402 более скороспелый, чем промышленный сорт «Ташкент-1», и обладает свойством сбрасывать осенью листья без применения дефолиантов, а сорт АН-405 очень скороспелый, низкорослый и удобен для выращивания в загущенных посевах, главным образом в более северных хлопководческих районах Союза. Сорт АН-401 по вилтоустойчивости, крепости и тонине (метрическому номеру) волокна, сорт АН-402 по выходу, тонине, разрывной длине и типу волокна также превосходят «Ташкент-1». Теперь же мы знаем, что семена этих сортов более высокомасличны и по содержанию масла превышают стандартный сорт «Ташкент-1» на 1,7—2,4%. Более того, сорт АН-402 и особенно АН-401 дают масло с большим содержанием насыщенных жирных кислот, следовательно, более высокого качества.

Как показывает анализ приведенных фактов, в норме между вилтоустойчивостью хлопчатника и масличностью и жирнокислотным составом масла семян нет определенной корреляции, которые, видимо, контролируются разными группами генов. Однако при поражении хлопчатника вилтом, особенно восприимчивых сортов типа 108-Ф и С-4727 (*G. hirsutum*), происходит преждевременное торможение синтетических процессов и оттока необходимых продуктов обмена из листьев в репродуктивные органы, что уменьшает отложение запасных веществ, в том числе и жира в семенах, ухудшает его качество, снижает валовой сбор хлопка-сырца и технологические показатели волокна. Наряду с тем у хлопчатника существует довольно четкая корреляция между засухоустойчивостью или холодостойкостью и жирнокислотным составом масла семян. Жиры засухоустойчивых форм и сортов содержат больше насыщенных кислот (в первую очередь, пальмитиновой), а холодостойких — богаты непредель-

ными кислотами (олеиновой, линолевой), что, вероятно, определяется плейотропным эффектом генов (т. е. действием одних и тех же генов на формирование и функционирование разных признаков).

По мнению некоторых зарубежных исследователей (Кристидис, Гаррисон, 1959), выход волокна у хлопчатника отрицательно коррелирует с масличностью семян. Однако, как показали исследования последних лет (Рахманов и др., 1975 а), нет у этой культуры подобной корреляции. Ряд новых радиационных мутантов имеет и высокую масличность семян и повышенный выход волокна. Например, высокоурожайный вилтоустойчивый сорт АН-402 с естественным листопадом, как уже упоминалось выше, по содержанию жира в семенах на 1—2%, а по выходу волокна на 1—1,5% превышает стандартный сорт «Ташкент-1».

Наряду с этим у хлопчатника качество волокна нередко положительно коррелирует с масличностью семян. Так, высокомасличные сорта АН-401 и АН-402 имеют волокно более повышенной пробы (V тип), чем «Ташкент-1». Селекционерам Туркменского института селекции и семеноводства тонковолокнистого хлопчатника (г. Иолотань) тоже удалось вывести сорта с высоким качеством волокна, в семенах которых содержание масла значительно превышает его средний уровень у культурных форм вида *G. barbadense* (Бахтиярова, Иксанова, 1971). В частности, сорт 2 и 3 с волокном первого типа содержит в семенах 26,5—27,4%, а сорт 5904-И с третьим типом волокна — всего 22,2%. Сорт 9453-И с весьма высоким качеством волокна тоже характеризуется повышенной концентрацией жира в семенах (26,5%). Таким образом, селекция хлопчатника на качество волокна не препятствует получению одновременно высокомасличных семян.

В ранее проведенных работах обнаружена также связь между количеством жира и токсического вещества — госсипола (полифенола) в зародышах семян хлопчатника (Гольдовский, Подольская, 1947; Рахманов и др., 1965). Например, семена сортов тонковолокнистого хлопчатника *G. barbadense* наиболее богаты госсиполом. Семена этих же сортов, как уже упоминалось, являются и наиболее масличными. Низкомасличные семена сортов старосветского вида *G. herbaceum* содержат относитель-

но мало госсипола. Средневолокнистые же сорта вида *G. hirsutum* не только по масличности семян, но и по количеству госсипола в них занимают почти промежуточное место между видами *G. barbadense* и *G. herbaceum* (Гольдовский, Подольская, 1947). Созревание семян различных сортов видов *G. hirsutum* и *G. barbadense* сопровождалось параллельным накоплением в них жира и госсипола (Рахманов и др., 1965). Однако в последующих исследованиях показано отсутствие прямой корреляции между содержанием масла и госсипола в семенах. В частности, ряд безгоссипольных форм хлопчатника (ЛБГ-2016-1, ЛБГ-2016-17, ЛБГ-2016-39), созданных Среднеазиатской опытной станцией ВИРа путем сложных комбинаций скрещиваний американских сортов (Gregg, 25, Nori, Acala, Atlas) с последующим самоопылением и отбором, по концентрации масла в семенах не отличается от промышленного стандартного сорта 108-Ф (*G. hirsutum*), а некоторые другие (ЛБГ-2014, ЛБГ-2015 и ЛБГ-2016-2) даже статистически достоверно (на 1,3—1,7%) превышают его (Атланов, Кызалакова, 1976). Отдельные безгоссипольные линии отличаются от стандарта (108-Ф) лишь небольшим повышением уровня линолевой кислоты (ЛБГ-2016-17, ЛБГ-2016-33) и суммы насыщенных жирных кислот (ЛБГ-2014, ЛБГ-2015, ЛБГ-2016-1, ЛБГ-2016-33) в масле. Семена этих линий по содержанию белков не уступают современным промышленным сортам (32—35% к сухому весу зародышей).

В последние годы как у нас, так и за рубежом (США, Индия) все чаще ставится вопрос о получении пищевого и кормового белка из семян хлопчатника. Между тем наличие довольно значительного количества госсипола (1—1,7% к сухому весу зародышей) в семенах ныне культивируемых промышленных сортов затрудняет использование хлопкового белка для питания, а очистка его связана с определенными затратами сил и средств. В связи с этим некоторые исследователи предлагают вывести новые сорта хлопчатника, лишенные способности синтезировать госсипол, используя описанные выше безгоссипольные линии в качестве исходного материала для селекции на высокое содержание белка и масличность в семенах (Атланов, Кызалакова, 1976 и др.). Однако, как уже указывалось в соответствующих разделах дан-

ной книги, госсипол у хлопчатника выполняет важную универсальную функцию: он и его производные являются одним из основных защитных средств организма в борьбе против возбудителей вилта (возможно, и гоммоза, и других болезней), различных вредителей (тлей, паутинного клеща и т. д.), а также принимает, на наш взгляд, активное участие в окислительно-восстановительных реакциях, лежащих в основе клеточного дыхания (энергетического обмена) и фотосинтеза. Это, по нашему мнению, имеет гораздо большее значение, чем получение сортов, дающих белок без госсиполовых примесей, который сейчас неплохо извлекается из семян в чистом виде с помощью сравнительно недорогих реагентов (например, антраниловой кислоты). Поэтому нет смысла нацеливать селекционеров на выведение безгоссипольных сортов хлопчатника и лишить это растение главного «оружия» борьбы с естественными врагами и одного из нужного для его нормальной жизнедеятельности вещества, выработанного в процессе многовековой эволюции.

Вместе с тем изложенные на предыдущих страницах данные о маслячности, жирнокислотном и глицеридном составе масел разных видов, разновидностей и сортов хлопчатника, безусловно, представляют большой интерес с точки зрения теории эволюции и практики, а также должны служить исследователям ориентиром в деле подбора исходного материала для селекции на холодостойкость, засухоустойчивость, вилтоустойчивость, качество и количество масла в семенах.

Химический состав семян, в том числе их маслячность и качество масла, хотя и являются генетически детерминированным свойством организма, но достаточно резко меняются в зависимости от условий выращивания хлопчатника и агроклиматических факторов внешней среды. Причем в семенах скороспелых форм хлопчатника концентрация масла, а также белков, госсипола и других запасных соединений варьирует в меньшей степени, чем позднеспелых (Смирнова, 1936; Ермаков, 1948). Особенно сильно реагируют на изменение условий произрастания египетские формы хлопчатника *G. barbadense* (Ермаков, 1948).

Так, серией анализов семян различных сортов хлопчатника, проведенных советскими (Смирнова, 1936; Ер-

маков, 1948; Топвалдиев, 1972 и др.) и американскими исследователями (Tharp, 1948) установлено, что по мере продвижения культивирования хлопчатника с юга на север содержание жира в зародышах семян увеличивается, а количество белков уменьшается. При этом повышение масличности семян сопровождается увеличением уровня ненасыщенных жирных кислот (олеиновой и особенно линолевой), йодного числа и соответственным снижением содержания насыщенных кислот в составе триглицеридов (Топвалдиев, 1972). Подобные закономерности изменения масличности семян и концентрации жирных кислот в масле обнаружены и на других растениях (Ермаков, 1948).

Определенное влияние на содержание масла и белков в семенах оказывает и влажность воздуха. Но по данному вопросу в литературе имеются неоднозначные результаты. Например, по сведениям Н. Софьиной (1932), семена одного сорта (Кинг), собранные в трех областях Узбекской ССР, имели одинаковую масличность, семена же другого сорта (Новроцкий), полученные из наиболее засушливых зон (Бухара), содержали больше масла, чем из сравнительно влажных районов (Ташкент, Хорезм). М. З. Подольская (1958) в опытах с сортом 108-Ф (*G. hirsutum*) не могла обнаружить какой-либо корреляции между масличностью семян и географическими различиями их формирования, хотя семена из Узбекской ССР содержали больше белка, чем из Закавказья и Туркмении. По наблюдениям же американских ученых (Tharp, 1948), в более засушливых зонах США (Техас, Оклахома, Восточный Арканзас) в семенах хлопчатника накапливается меньше жира и больше белков. Эти противоречия литературных источников объясняются, видимо, биологическими особенностями изученных сортов (степенью их скороспелости и засухоустойчивости). Однако это лишь предположение и для окончательного решения этого практически важного вопроса требуются дальнейшие более тщательные исследования.

Содержание запасных веществ в семенах находится в прямой зависимости от уровня минерального питания и водного режима хлопчатника. Одностороннее азотистое удобрение уменьшает масличность семян и увеличивает количество белков в них (White, 1915; Tharp, oth., 1949).

Недостаток фосфора или калия также приводит к снижению жира в семенах (White, 1915; Рахманов и др., 1975 б). Внесение же в почву сбалансированных норм основных элементов минерального питания (NPK) не только не уменьшает масличность семян, напротив, способствует ее повышению, что сопровождается и возрастанием урожая хлопка-сырца (White, 1915; Губанов, 1960). Применение одних фосфорных или калийных удобрений тоже приводит к некоторому увеличению маслосбора в семенах, но в этом случае урожай хлопка-сырца остается почти на уровне варианта без внесения удобрений (Tharp, oth., 1949; Губанов, 1960). С увеличением же дозы вносимого в почву фосфора в составе комплекса удобрений (например,  $P_2O_5$  от 100 до 200 при норме N—200 и  $K_2O$ —80 кг/га) повышаются и содержания масла в семенах (на 1,1%), и урожай хлопка-сырца, что составляет в зависимости от типа почвы от 3,5 до 6,7 ц/га (Рахманов и др., 1975 б). Многочисленными опытами Г. Я. Губанова (1960) и других исследователей показано, что режим орошения также отражается на накоплении масла в семенах различных сортов хлопчатника. Как недополив, так и переполив снижают масличность семян. При увеличении числа поливов до определенного предела, например, при переходе от схемы орошения 1—3—1 к схемам 1—4—1 и 2—4—1 масличность семян возрастает. Дальнейшее добавление числа поливов приводит к уменьшению масла в зародышах семян, что особенно резко проявляется на неудобренной почве.

На масличность семян, да и иного рода запасных соединений в них, как и на урожай хлопка-сырца в целом, оказывают действие также густота стояния растений, способ их размещения на единице площади, сроки сева и дефолиации, метеорологические условия сезона, а также микроэлементы, биогенные стимуляторы и другие факторы, причем их эффект носит зачастую противоположный характер.

Так, по данным Г. Я. Губанова (1960), при увеличении густоты стояния растений с 48 до 286 тыс/га при посеве по схемам  $70 \times 30 \times 1$ ,  $70 \times 20 \times 1-2$ ,  $70 \times 10 \times 1-2$  общая масличность семян хлопчатника изменялась относительно слабо (колебание в пределах 1%). Увеличение же числа кустов сорта 108-Ф в гнезде от одного до трех

при посеве по схеме  $45 \times 45$  приводит к уменьшению абсолютного веса семян, объема зародышей и их масличности, особенно резко при недостатке элементов минерального питания и нарушении их соотношения (внесено  $N-50, P_2O_5-75$  кг/га).

По результатам опытов И. П. Лакаткина (Мухамеджанов, Сулейманов, 1975) при широкорядном посеве ( $90 \times 15 \times 1, 90 \times 10,5 \times 1$ ) на фоне повышенных норм удобрений по сравнению с узкорядным ( $60 \times 16 \times 1$ ) создаются лучшие условия для биосинтеза жира в тканях, что увеличивает содержание масла в зародышах семян.

При сверхраннем севе (15 марта) из-за пониженной температуры и повышенной влажности почвы (Губанов, 1960) или в относительно неблагоприятных погодных условиях сезона, напротив, рост, развитие хлопчатника и отложение запасных веществ в тканях замедляются, что снижает количество масла в семенах. В таких случаях заметно усиливается синтез ненасыщенных жирных кислот, вследствие чего ухудшается и качество масла. При поспешной обработке хлопчатника дефолиантами и особенно при десикации его тоже значительно уменьшается количество и ухудшается качество масла в семенах (Барьетас, Ташкулов, 1974; Ташкулов, 1974).

По данным же А. В. Благовещенского, Р. Р. Рахманова (1970), Ф. Х. Шарафутдиновой, А. Муталова и О. Джураева (1972), предпосевная замочка семян в растворах янтарной кислоты (1 г/100 кг семян), микроэлементов меди (0,01%) и марганца (150 мг/г  $KMnO_4$ ) повышает их всхожесть и энергию прорастания, приводит к увеличению валового сбора хлопка-сырца (на 2—3 ц/га) и содержания масла в семенах нового урожая (до 1%). Прием предпосевной обработки семян янтарной кислотой сейчас широко применяется в производстве, а микроэлементами, к сожалению, еще не имеет такого масштаба.

Использование семян хлопчатника для получения масла имеет не меньшее значение, чем подсолнечник, лен и другие высокомасличные растения (Губанов, 1960). Например, около 60% потребляемого населением Узбекистана масла приходится на долю хлопкового. Оно является также прекрасным сырьем для промышленности. По

данным объединения Узглаврасжирмасло, в конце 50-х годов только в Узбекистане перерабатывалось на масло около 1,2—1,3 млн. т семян хлопчатника, в 1966 г.— уже 1 млн. 742,2 тыс., в 1972 г.—2 млн. 143 тыс., а в 1973 г.— 2 млн. 263,8 тыс. т. При этом масличность семян составляла соответственно 23; 20,1; 19,1 и 18,7% (Рахманов и др., 1975 б).

Из приведенных данных видно, что в последние годы катастрофически падает масличность семян. По имеющимся сведениям, из года в год снижается и качество масла. Причем масличность семян и качество масла особенно резко падают в сезоны с неблагоприятными для роста и развития условиями погоды (относительно холодное дождливое лето, внезапное, преждевременное наступление осенних заморозков). По расчетам, при уменьшении масличности семян по республике на 1% убыток составляет 20 тыс. т масла, или 10 млн. руб. в год. Понятно, какое громадное народнохозяйственное значение имеют вскрытие причин снижения масличности семян и разработка условий ее повышения.

Как показывает анализ изложенных в этом разделе фактов, одной из главных причин снижения масличности семян и ухудшения качества масла являются всевозрастающие дозы вносимых азотных удобрений, пренебрежительное отношение к калийному питанию, особенно нарушение соотношения азота к фосфору, что приводит к усилению синтеза белков и уменьшению образования масла в тканях. Поскольку наиболее сильное снижение масличности семян наблюдается в годы с ранним наступлением осенних похолоданий, а у скороспелых форм колебания этого показателя в различных условиях внешней среды меньше, чем у позднеспелых, то следующей причиной уменьшения выхода масла можно считать высокую теплолюбивость и относительно большую позднеспелость существующих ныне промышленных сортов хлопчатника. Вилтовое заболевание хлопчатника, распространенное особенно сильно в конце 60-х годов, вызывая преждевременное подавление синтетических процессов и отложения запасных веществ в семенах, также привело к уменьшению количества масла в них и ухудшению его качества. Внедрение в производство вилтоустойчивых сортов («Ашкент-1», «3») не смогло резко повысить производство масла, так как на семена имеют

относительно меньшую масличность, чем другие промышленные сорта. Четвертая причина снижения содержания и качества масла в семенах заключается, по нашему мнению, в неправильном, зачастую поспешном проведении предуборочной дефолиации и десикации хлопчатника, а также в многократных обработках растений различными химическими препаратами против вредных насекомых. И, наконец, последней причиной снижения масличности семян являются несвоевременный сев хлопчатника, нарушение водного режима и неправильное размещение растений на единице площади. Поэтому проведение сева хлопчатника в наилучшие для каждого агроэкологического района календарные сроки, своевременное минеральное питание, правильно сочетающее в себе основные макро- (NPK) и микроэлементы (Cu, Mn, Zn), более широкое применение биогенных стимуляторов (янтарная кислота и др.), создание оптимального водного режима, разумное размещение растений на полях, устранение нарушений в применении ядохимикатов в производстве, несомненно, приводят к повышению количества и качества масла в семенах. Наряду с этим внедрение в практику перечисленных выше новых перспективных относительно высокомасличных вилтоустойчивых урожайных сортов хлопчатника и, в первую очередь, тех, которые для машинной уборки урожая не требуют химической дефолиации (АН-402 и др.), и их широкое распространение на полях в ближайшее время также несколько поправит вопрос о масличности семян, и производство масла заметно увеличится.

Однако все эти мероприятия еще не решают полностью проблемы масличности семян хлопчатника и нужны разносторонние исследования в данном направлении. При этом следует иметь в виду, что вопросы масличности семян тесно связаны с другими проблемами биологии (скороспелости, холодостойкости, вилтоустойчивости, засухоустойчивости и т. д.), селекции и агротехники хлопчатника, их надо решать комплексно. Необходимо обратить особое внимание на увеличение масличности семян путем селекции сортов, сочетающих в себе высокую вилтоустойчивость, скороспелость, холодостойкость, засухоустойчивость, большие урожаи хлопка-сырца с хорошими технологическими качествами волокон и повышенной масличностью семян и другими достоинствами.

свойствами. Но, к сожалению, в настоящее время селекционеры при выведении новых сортов не уделяют должного внимания масличности семян и качеству масла, а при их испытании по линии Госсортсети этот важный показатель вовсе не учитывается. Видимо, уже давно назрел вопрос о включении масличности семян хлопчатника в арсенал требований как одного из основных показателей, характеризующих преимущество или недостаток нового селекционного сорта, переданного на испытание по линии Госсортсети.

Помимо того, для дальнейшего повышения производства высококачественного хлопкового масла и с точки зрения раскрытия тайн биологии хлопчатника перспективными могут быть изучение и расширение исследований следующих вопросов: 1) родовая и видовая специфичность всех запасных и конституционных липидов в семенах и других органах хлопчатника; 2) предшественники и механизмы синтеза масла и связь маслообразовательного процесса с другими сторонами обмена веществ в растениях; 3) роль генетического аппарата и всех других органелл, мембран в образовании и превращении жиров и значение последних в формировании клеточных структур; 4) характер наследования масличности семян и качества масла при гибридизации и воздействии мутагенными факторами; 5) коррелятивная связь масличности семян и качества масла с другими признаками хлопчатника; 6) влияние различных экологических факторов, химических препаратов, минерального и органического питания, водного режима, схем размещения и густоты стояния растений (особенно загущенных посевов), микроэлементов и различных биостимуляторов на синтез и превращение жиров и сопутствующих запасных соединений (белков, госсипола и т. д.); 7) липиды новых сортов, мутантов и их исходных форм; 8) участие жиров и других липидов в формообразовательных процессах.

### РАДИОБИОЛОГИЯ ХЛОПЧАТНИКА

При атомных взрывах и внутриядерных реакциях (распаде и синтезе радиоактивных элементов или так называемых радионуклидов) возникают лучи высокой

энергии. Эти лучи условно делятся на два класса: корпускулярное и электромагнитное излучения. К первому классу относятся тяжелые положительно заряженные частицы — протоны, дейтроны (ядро тяжелого водорода, или дейтерия —  $H^2$ ),  $\alpha$ -лучи (ядро атома гелия —  $He^4$ ), электронейтральные частицы — нейтроны (например, дейтрон состоит из одного протона и одного нейтрона,  $\alpha$ -частица состоит из двух протонов и двух нейтронов) и  $\beta$ -лучи (поток легких отрицательно заряженных электронов и положительно заряженных позитронов). Ко второму классу относятся  $\gamma$ -кванты (электромагнитное колебание очень высокой частоты). Эти излучения способны, глубоко проникая в живые организмы, вызывать ионизацию и возбуждение веществ, составляющих их клетки и ткани. Поэтому они получили название проникающей или ионизирующей радиации. Сюда же относятся рентгеновы и космические лучи.

Рентгеновы лучи, как и  $\gamma$ -кванты, представляют собой электромагнитное колебание, но меньшей частоты и с большей длиной волны. В частности, длина волны рентгеновых лучей обычного диагностического аппарата равна  $0,5 \text{ \AA}$  ( $1 \text{ \AA}$  — ангстрем равен  $10^{-8}$  см, или одной стомиллионной части сантиметра), частота колебания —  $10^{19}$ , а  $\gamma$ -излучений, испускаемых  $CO^{60}$  терапевтической установки соответственно —  $0,01 \text{ \AA}$  и  $10^{20}$ .

Рентгеновы лучи генерируются в специальных рентгеновских трубках и так называемых бетатронах сильно ускоренными электронами. Космические лучи образуются в результате термоядерных реакций в недрах звезд, в том числе самой стационарной звезды — солнца. Частицы, выбрасываемые нашим небесным светилом и громадным большинством других звезд и попадающие в окрестности Земли, представляют в основном поток тех же ядер водорода и гелия. Космическим излучением в стратосфере осуществляется постоянный синтез ряда радионуклидов ( $Be^7$ ,  $C^{14}$ ,  $Na^{22}$ ,  $Si^{32}$ ,  $P^{32}$ ,  $S^{35}$ ,  $Cl^{36}$ ,  $Ar^{41}$  и др.), которые затем захватываются атмосферными осадками и выпадают на Землю (Воккен, 1967). Они по существу ничем не отличаются от радионуклидов, получаемых на земле при атомных взрывах и путем осуществления ядерных реакций в экспериментальных установках (реакторах и различных мощных и сверхмощных циклотронах).

Космическая и земная радиация (ядерное излучение природных радионуклидов:  $U^{238}$ ,  $U^{235}$ ,  $Th^{232}$ ,  $Ra^{226}$ ,  $K^{40}$ ,  $C^{14}$ ,  $H^3$  и др.) оказывает существенное влияние на развитие органического мира с самого начала зарождения жизни на нашей планете. Однако экспериментальное изучение биологического действия радиации стало возможным лишь в последние два-три десятилетия благодаря созданию мощных, удобных для использования искусственных источников излучений, нивелирующих влияние естественной радиации. Более того, успехи ядерной физики открыли путь к практическому использованию атомной энергии в науке, технике, медицине, сельском хозяйстве и биопромышленности. Появилась неограниченная возможность воздействовать понизирующей радиацией на микроорганизмы, растения и животных, что открывает большие перспективы для использования достигнутых экспериментальных исследований в практике. Причем воздействие радиации, ограниченное во времени и пространстве, дает возможность провести причинный анализ биофизических, биохимических, физиологических, морфологических и генетических изменений в организме и тем самым способствует прогрессу биологии в целом.

Основная отличительная черта понизирующих излучений заключается в том, что даже малые дозы их вызывают значительные биологические изменения. Сравнительно большие дозы этого физического фактора ведут к тяжелой лучевой болезни или убивают все живое. Хроническое облучение в малых дозах способствует заболеванию раком, лейкемией (белокровием), наступлению преждевременной старости или, воздействуя на зародышевые клетки и не оказывая видимого эффекта на организм, приводит к появлению наследственных заболеваний в близких или отдаленных поколениях. Все это вызвало необходимость глубокого всестороннего исследования действия радиации на все живые организмы. При этом следует обратить особое внимание на выяснение начальных пусковых механизмов радиобиологического эффекта, определяющих последующую картину физиологических, морфологических и генетических отклонений и на этой основе разработать эффективные способы радиационной защиты и лучевой терапии. В области использования радиации в сельском хозяйстве, в частности,

в селекции сельскохозяйственных культур, возникла задача разработки эффективных методов получения хозяйственно-ценных радиационных изменений в нужном для человека направлении.

И эта область науки, изучающая влияние радиации на живые организмы, получила название радиобиологии, которая развивается особенно интенсивно в последние годы в связи с полетом человека в космос. Сейчас проблемы радиобиологии очень интенсивно разрабатываются на различных уровнях в сотнях лабораторий мира.

Большой вклад в развитие современных представлений о первичных и начальных механизмах биологического действия радиации внесли А. М. Кузин (1962, 1970 а, 1973), Б. Н. Тарусов (1962), Д. Е. Ли (1963), З. Бак, П. А. Александер (1963), А. Холлендер (1963), Л. Х. Грей (1963), Е. Ф. Романцев (1966) и др. Структурно-метаболическая теория биологического действия радиации, развиваемая в последнее десятилетие А. М. Кузиным (1962, 1970 а, 1973), основана на глубоком знании влияния излучений высокой энергии на уникальные клеточные структуры, органически связанные с обменом веществ. Однако истинная природа биологического действия радиации далеко еще полностью не выяснена, что объясняется многообразием и чрезвычайной сложностью реакций различных организмов на излучение, а также большими различиями в степени их радиочувствительности. Необходимы еще более глубокие и разносторонние исследования и теоретические обобщения, чтобы окончательно раскрыть механизмы действия излучений на живые организмы.

Вместе с тем на растительных объектах и микроорганизмах показано, что радиация вызывает появление не только вредных наследственных отклонений (мутаций), но и ценных с точки зрения хозяйственного использования. При этом могут возникнуть такие мутантные формы, которые встречаются в природных условиях исключительно редко. Как в Советском Союзе, так и за рубежом (Швеция, США, ГДР, Индия, Япония, Шри-Ланка, Филиппины и др.) путем облучения уже получены скороспелые, высокоурожайные, низкорослые и устойчивые к болезням мутанты пшеницы, ячменя, риса, картофеля, дыни, фасоли и других сельскохозяйственных культур.

Внедрение в производство пяти новых сортов риса и одного карликового сорта пшеницы с повышенным содержанием лизина в белке, созданных этим путем, произвело «зеленую революцию» в Индии, Японии, Шри-Ланке и Филиппинах, о чем более подробно сказано в первом разделе данной книги.

В США в Брюкхейвенской лаборатории (штат Нью-Йорк) для работ по радиационной селекции создано « $\gamma$ -поле» («атомный сад»). В центре участка (более 4 га) расположены источники радиоактивного  $CO^{60}$  с активностью 1800 кюри (кюри — единица радиоактивности; 1 кюри любого радиоактивного вещества равняется  $2,22 \cdot 10^{12}$  распадов в 1 мин).

На этом поле сажают растения концентрическими кругами. Одни из них растут там несколько лет, другие несколько часов. Облучение производят дистанционно с помощью автоматических устройств. В этих условиях под влиянием радиации возникают такие комбинации признаков, которых трудно добиться методами гибридизации. В частности, там получены два сорта персика, один из которых созревает на девять дней раньше исходной формы, другой — на три недели позже, три сорта арахиса — один с плотной оберткой, предохраняющей плоды от потерь при уборке, другой — высокорослый, облегчающий механизацию уборки, третий — с огромными плодами. Выращен сорт овса, очень стойкий к ржавчине и заморозкам, карликовый высокоурожайный сорт риса и форма табака с очень ранним цветением. Из белой гвоздики выведены формы, образующие побеги с красными цветами, полностью сохранившими бархатистость лепестков и запах исходного материала (Tallagico, 1959).

В настоящее время « $\gamma$ -поля» организованы и в СССР, например, под Москвой.

Первые исследования биологического действия излучения высокой энергии на хлопчатник проводились еще в конце 20-х и начале 30-х годов (Mc-Kay, Goodspeed, 1930; Horlacher, Killough, 1931; Якобсон, 1936). Однако широкие опыты в этой области развернулись лишь с конца пятидесятих годов в связи с появлением дешевых и разнообразных источников излучения, например, в Узбекистане в основном после организации в системе АН УзССР Института ядерной физики с мощными уста-

новками гамма-излучений и нейтронов. В этот период (1958—1960) создаются отдел биофизики при Институте ядерной физики, лаборатория радиационной биологии растений при Институте экспериментальной биологии растений АН УзССР, несколько позже — лаборатории мутагенеза в данном учреждении и Институте селекции и семеноводства хлопчатника им. Г. С. Зайцева МСХ СССР. Радиобиологические исследования проводятся в довольно широком масштабе также в ТашГУ им. В. И. Ленина, СамГУ им. А. Навои, СоюзНИХИ, Институте генетики и селекции АН АзССР, АзНИХИ, АзГУ им. С. М. Кирова, Среднеазиатском институте шелководства, Туркменском НИИ селекции и семеноводства тонковолокнистого хлопчатника и в некоторых других учреждениях. Эти работы были направлены главным образом на выяснение механизмов биологического действия радиации на хлопчатник и некоторые другие растения, на разработку методов использования радиации в хлопководстве.

Радиобиологические исследования в Отделе радиационной биофизики Института ядерной физики, переданном в 1967 г. в состав вновь организованного Института биохимии АН УзССР, охватывают изучение механизмов радиационных нарушений в биологических соединениях и семенах хлопчатника. Результаты их освещены в серии монографических трудов и научных сообщений (Туракулов и др., 1964; Ибрагимов, 1969; Ибрагимов и др., 1970; 1971 а, б; 1974, 1976 и др.). В этих работах показаны радиационно-химические изменения госсипола, охарактеризована природа спектра ЭПР (электронного парамагнитного резонанса). Установлено, что альдегидная группа госсипола обладает радиозащитным свойством, выяснена возможность рафинации хлопкового масла при помощи гамма-облучения. Выявлены радиационные нарушения соотношения азотистых оснований в молекулах ДНК, РНК, изменения содержания свободных нуклеотидов, аминокислот в семенах хлопчатника, которые сохраняются в известной степени и во втором поколении облученного организма, затем сглаживаются.

Помимо того, исследование физико-химических свойств нативной и денатурированной фракций ДНК контрольных и облученных проростков хлопчатника показало депояризацию ДНК в зависимости от дозы об-

лучения. В облученных семенах и проростках обнаружены также изменения физико-химических свойств белков, рибосом, отдельных тРНК, ферментов АРС (аминоацил — тРНК — синтетаза) и их функционального состояния. Отмечены и нарушения биосинтеза белков, нуклеиновых кислот и ряд иного рода физико-химических, структурных и биохимических отклонений в клетках облученного хлопчатника.

Основной задачей лаборатории радиобиологии Института экспериментальной биологии растений АН УзССР была разработка эффективных методов применения радиации в селекции хлопчатника и способов защиты семенного материала этой ценнейшей технической культуры от радиационного поражения в чрезвычайных случаях. С этой целью исследования были направлены в первую очередь на выяснение начальных пусковых физико-химических и биохимических механизмов лучевого воздействия, определяющих последующие физиологические, морфологические и генетические изменения в организме.

Изучено и продолжается также исследование действия облучения на рост, развитие, урожай, морфологическую структуру кустов и наследственность хлопчатника, выясняется радиочувствительность разных видов, сортов, форм этой культуры и ряда других высших и низших растений, отдельных органов, тканей, клеток и органелл, расшифровывается роль радиации в эволюции растительного мира.

Данные многолетних исследований обобщены в монографических работах (Назиров, 1969, 1970; Арсланова, 1974) и многочисленных научных статьях сотрудников лаборатории (Назиров и др., 1971 а, б, в; 1972, 1973; 1974 а, б; 1976 а, б, в; Перепеленко, 1971; Ганиев; 1971; Норбаев, 1975, 1976 и др.). В них доказано, что облучение хлопчатника существенно изменяет прежде всего электрические параметры клетки, а затем и другие ее физико-химические свойства и протекающие в ней биохимические процессы. Оно нарушает эволюционно сложившуюся коррелятивную взаимосвязь между окислительно-восстановительными процессами и механизмы генерации и использования макроэргических соединений и энергетический обмен (интенсивность клеточного дыхания возрастает, а фосфорилирование подавляется, в ре-

зультате происходит разобщение этих двух сопряженных процессов и, несмотря на торможение образования АТФ, отмечается накопление этого вещества в тканях), вызывает целый ряд и других отклонений биохимических циклов в клетке. Все это в конечном итоге приводит к разнообразным внешневидимым биологическим последствиям. Например, облучение наклонившихся семян хлопчатника гамма-излучением в относительно массивных дозах (10 кр) резко подавляет клеточное деление, рост, накопление биомассы, вызывает гибель большей части молодых проростков, стерильность и абортивность растений и появление ряда деструктивных морфологических (соматических мутаций, не передающихся потомству) аномалий (рис. 17). Облучение же сухих семян сравнительно малыми дозами (0,5—2 кр) в определенных условиях приводит к ускорению клеточного деления, роста растений в начальный период жизни и к повышению урожая хлопка-сырца. Наряду с этим облучение в отдельных случаях (как правило, в относительно меньших дозах) вызывает и наследственное конструктивное изменение растений в хозяйственно-полезную сторону.

В противовес мнению некоторых зарубежных авторитетных радиобиологов (Spragow, oth., 1967) в лаборатории радиобиологии ИНЭБР АН УзССР четко показано, что между радиочувствительностью разных культивируемых видов, сортов хлопчатника, дыни, кукурузы и числом хромосом и концентрацией ДНК в клетках нет определенной корреляции. Один диплоидный вид (*G. arboreum*,  $2n=26$ ) хлопчатника более радиостоек, чем тетраплоидные ( $2n=52$ ), а другой (*G. herbaceum*,  $2n=26$ ) — наоборот. Тетраплоиды также различаются между собой по радиочувствительности: *G. hirsutum* L. более устойчив, нежели *G. barbadense* L.

Установлено, что радиочувствительность растений определяется структурой, химическим составом, физиолого-биохимическими процессами, происходящими в онтогенезе. У хлопчатника, дыни и кукурузы имеется тесная связь между скороспелостью и радиостойкостью — скороспелые сорта более устойчивы к радиации, чем позднеспелые. Гибриды между ними в  $F_1$  и  $F_2$  наследуют радиорезистентность скороспелого родителя. Разные органы, ткани, клетки и клеточные органеллы также не-

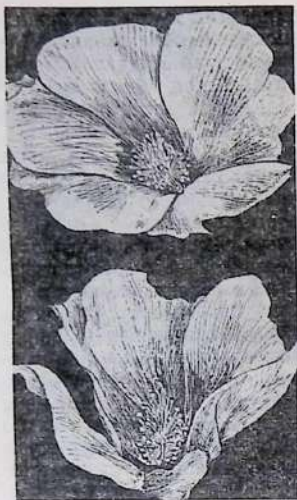


Рис. 17. Деформация цветка после облучения семян сорта 108-Ф (*G. hirsutum* L.) гамма-лучами в дозе 5 кр. Наверху обычный цветок, внизу измененный.

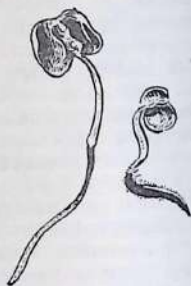


Рис. 18. Радиочувствительность подземной и надземной частей хлопчатника сорта 1306-ДВ. Опытные растения через 15 дней после облучения проросших семян гамма-излучением в дозе 10 кр (корни погибли, а надземная часть растений еще живая).

одинаково реагируют на облучение. Корневая система хлопчатника по сравнению с надземной частью более радиочувствительна (рис. 18). Корневой чехлик более радиостоек, чем активно делящаяся зона меристемы. Ядро клеток более чувствительно, чем митохондрии, хлоропласты и другие структуры. Чем моложе орган (например, листья, бутоны) надземной части растений и менее дифференцированы их ткани, клетки и чем быстрее они делятся, тем они чувствительнее к радиации. Самой высокой чувствительностью обладают, как и меристема корней, интенсивно пролиферирующиеся клетки верхушечных почек, характеризующиеся повышенными темпами синтеза нуклеиновых кислот и других биохимических процессов, обуславливающих клеточное деление.

Низкая радиочувствительность скороспелых сортов и надземной части хлопчатника обусловлена повышенным

содержанием в них природных антилучевых веществ (аскорбиновой кислоты, сульфгидрильных соединений, белков и фосфолипидов), наличием более активных ферментов каталазы и пероксидазы, расщепляющих токсичные продукты радиационно-химических и биохимических реакций — хинонов и органических перекисей и, как следствие, меньшим накоплением последних в клетках. Помимо того, скороспелые сорта характеризуются большим числом, но мелких по объему митохондрий и высоким уровнем генерации макроэргических соединений типа АТФ, что также является дополнительной причиной их повышенной устойчивости к облучению.

Решающее значение в радиоустойчивости хлопчатника и других растений имеют «фактор времени» (интенсивность и доза излучения, однократное мощное или дробное облучение), физиологическое состояние организма (например, воздушно-сухие или увлажненные или прорастающие семена, степень их увлажнения, сроки и условия хранения и выращивания семян, возраст растений и т. д.) до, в момент и после облучения и лежащие в его основе эволюционно сложившиеся обменные процессы, течение и направление которых находятся в тесной зависимости от факторов среды. В частности, пострадиационные условия выращивания облученных растений, замедляющие их развитие (снижение интенсивности солнечного света путем затенения, постоянная чрезмерно высокая температура 35—40° и выше, одностороннее внесение повышенных доз азота перед севом), содействуют усилению процессов поражения и подавлению механизмов восстановления, что приводит к увеличению конечного биологического эффекта радиации и снижению радиоустойчивости хлопчатника. Факторы же, ускоряющие развитие хлопчатника и дыни (например, искусственное укорочение продолжительности летних дней до 10 час, усиленное фосфорное питание на фоне НК, умеренные дозы азота на фоне РК, оптимальная температура воздуха 23—28°С), а также замочка семян в растворах аскорбиновой кислоты, глутатиона и солей кальция или внесение последних в почву, напротив, способствуют усилению процессов восстановления и снижению реакций поражения, а в конечном счете уменьшению биологического эффекта облучения и повышению радиоустойчивости растений (рис. 19). Эти факты пред-

Имп/мин/г  
сырой ткани



Ядро

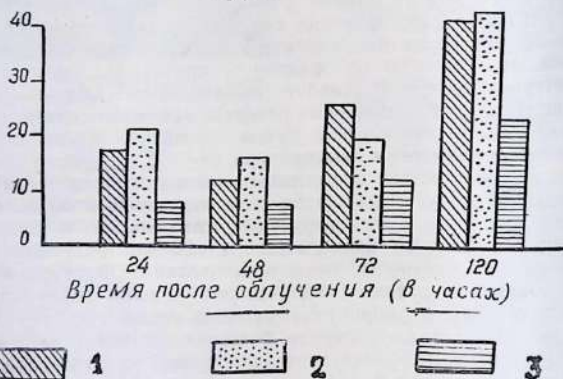


Рис. 19. Включение  $P^{32}$  в состав АТФ в ядрах и митохондриях клеток корешков хлопчатника. 1—контроль; 2—замочка в аскорбиновой кислоте (0,01 М) + облучение гамма-излучением, 10 кр; 3—замочка в воде + облучение, 10 кр. (по Назирову, Арслановой, 1964).

ставляют большой практический интерес для разработки способов радиационной защиты семян в чрезвычайных случаях и снижения поражающего действия радиации для генетического изучения облученного объекта в последующих поколениях.

Радиочувствительность хлопчатника довольно резко изменяется и в онтогенезе. Он наиболее сильно чувствителен к облучению в фазу четырех-пяти настоящих листьев (перед началом дифференциации стеблевых почек и заложения бутонов), в которую происходят интенсивное образование нуклеиновых кислот, клеточное деление и самый активный рост растений в высоту (рис. 20)

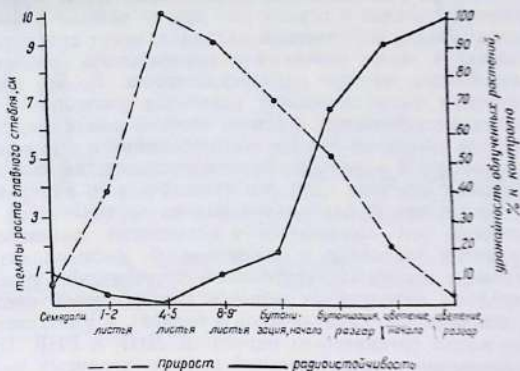


Рис. 20. Изменение темпов роста и радиочувствительности хлопчатника в онтогенезе (облучение гамма-излучением, 10 кр).

и связанный с ними усиленный расход аскорбиновой кислоты и когда еще содержание и биосинтез эндогенных протекторов (радиозащитных веществ) в листьях (глутатион, белки) и активность каталазы и пероксидазы находятся на относительно низком уровне, а токсичных продуктов обмена (органических перекисей и диоксифенолов-хинонов) накапливается много. Затем темпы клеточного деления и роста растений постепенно замедляются. Параллельно с ними закономерно снижается и радиочувствительность хлопчатника и к разгару цветения

достигает минимума, что как раз совпадает с моментом резкого торможения биосинтеза ДНК и, особенно РНК в листьях, естественной остановки роста растений в высоту и с периодом, когда активность каталазы и пероксидазы, биосинтез белков и концентрация глутатиона в тканях достигают наибольшей величины, образование же перекисей и хинонов сильно замедляется.

Большое влияние на радиочувствительность оказывают также условия произрастания растений в предыдущих поколениях. Культивируемый хлопчатник (*G. hirsutum*, сорт 108-Ф) и различные дикорастущие травянистые растения (более 15 видов) из горных районов более устойчивы к радиации, чем из низинных мест. Причем растения, попадая в горные или другие районы с повышенным фоном естественной радиации, могут приспосабливаться к таким условиям и вырабатывать свойство сравнительно высокой радиостойкости. Но это лишь временная физиологическая адаптация растений к условиям местообитания, в основе которой лежат эпигенетические изменения прежде всего обменных и регуляторных процессов в клетке, связанные лишь с активацией отдельных участков хромосом (генетического аппарата) и с репрессией функционирования их других частей. В частности, это выражается в повышении активности ферментов (каталазы и пероксидазы), расщепляющих токсичные продукты метаболизма, в увеличении уровня природных антилучевых веществ (аскорбиновой кислоты, токоферолов, каротиноидов и белков), в уменьшении содержания органических перекисей, ДНК и РНК. При выращивании горных растений в более низинных местностях их высокая радиостойкость через две-три генерации исчезает. Эффект радиостимуляции, обнаруженный у дикорастущих растений в год воздействия, также слабо сохраняется во втором поколении и полностью исчезает в третьем семенном потомстве.

Как показали наблюдения, между радиочувствительностью и мутабельностью хлопчатника нет определенной корреляции. Например, у хлопчатника наиболее чувствительны к облучению только что раскрывшиеся цветки и молодые завязи. По мере роста и развития зародышей радиочувствительность их снижается (рис. 21). Но хлопчатник особо мутабилен в период слияния половых гамет и образования зиготы, а также тогда, когда форми-

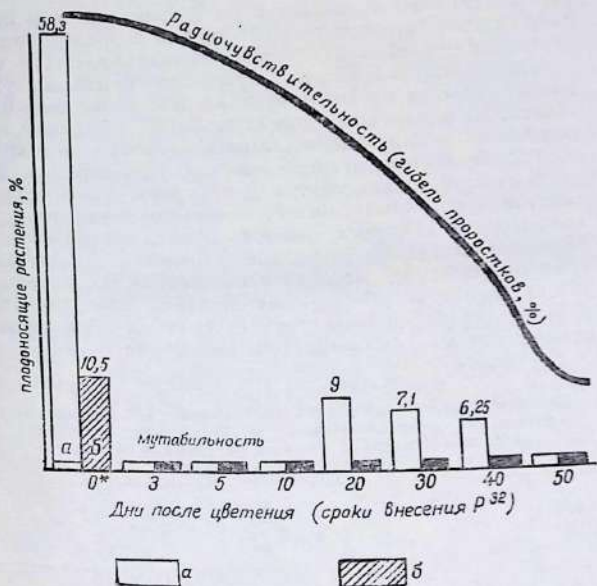


Рис. 21. Изменение радиочувствительности и мутабельности зародышей хлопчатника (*G. hirsutum* ssp. *punctatum*) по мере их роста и развития на материнском растении: а—самоопыление, б—свободное опыление. \*Экспозиция началась за один день до цветения.

рование зародыша завершается и усиливаются процессы, связанные с его ростом и накоплением в нем запасных веществ — жиров, белков и др. (20—40-дневные коробочки). Причем у хлопчатника между мутабельностью и интенсивностью образования нуклеиновых кислот имеется определенная корреляция: мутабельные периоды у него совпадают с моментом усиленного биосинтеза нуклеиновых кислот в зародышах. Повышенная же радио-

чувствительность совпадает с усиленным синтезом нуклеиновых кислот лишь в самый первый период развития зародыша — раскрытия цветков, оплодотворения и образования зиготы. Кстати, этот момент, как мы уже знаем, является и самым мутабельным периодом зародышей. На дальнейших этапах развития зародышей нет корреляции между радиочувствительностью и интенсивностью биосинтеза нуклеиновых кислот. Например, 20-дневные зародыши, несмотря на вторичное усиление биосинтеза нуклеиновых кислот, связанное с их ростом и накоплением запасных веществ в них, менее чувствительны к облучению (в смысле сохранения на материнском растении, прорастания и выживания после полного созревания коробочек), чем десятидневные, характеризующиеся более пониженными темпами образования отмеченных макромолекул (см. рис. 21, табл. 15).

Таблица 15

Биосинтез нуклеиновых кислот (по включению  $P^{32}$  в их состав) в зародышах семян хлопчатника (*G. hirsutum* ssp. *punctatum*) на разных этапах развития на материнском растении (имп/мин/г сухого веса)

Дни после цветения	ДНК	РНК	Дни после цветения	ДНК	РНК
0	387±1	770±8	20	355±23	740±12
5	237±2	714±16	50	137±9	428±8
10	252±8	416±2			

Самоопыление облучаемых растений хлопчатника и сверхранний сев облученных семян резко повышают частоту появления мутаций. Внедрение радиоактивного фосфора в вегетирующий организм хлопчатника (внутреннее хроническое  $\beta$ -облучение) вызывает большую частоту и широкий спектр мутаций (изменение большего числа признаков) по сравнению с нейтронным и особенно  $\gamma$ -облучением семян. Причем, как уже вскользь упоминалось выше в разделе «Эволюция хлопчатника», мутации возникают в рамках закона гомологических рядов наследственной изменчивости, установленного Н. И. Вавиловым. Наиболее часто мутируют относительно «молодые» признаки, появившиеся на более высокой ступе-

ни эволюции (фотопериодическая реакция, крупность коробочек и семян, длина и выход волокна и т. д.), и консервативны более «древние» признаки (ветвление, опушенность стеблей, форма листьев и др.). Кроме того, мутации наиболее часто возникают в тех участках хромосом, которые в момент облучения растений интенсивно работают, контролируя дифференциацию и развитие определенных признаков. У мелкокоробочных скороспелых сортов нередко возникают крупнокоробочные формы без заметного изменения скороспелости, а у крупнокоробочных позднеспелых — скороспелые с плодами почти такого же размера. Мутации у хлопчатника проявляются в разное время: изменение одних признаков (фотопериодизма, крупности коробочек, скороспелости) выявляются уже в  $M_1$ , а других (окраски волокна, характерных пятен на лепестках цветов, высоты растений) — лишь в последующих поколениях, вплоть до  $M_6$  и позже.

В лаборатории облучением из полудиких и диких типично короткодневных мелкокоробочных форм хлопчатника получены фотопериодически нейтральные мутанты с крупными коробочками и волокном, как у промышленных сортов, и показаны пути превращения диких растений в культурные, а также создана и сейчас продолжает накапливаться богатая коллекция разнообразных радиационных мутантов, имеющих большое значение для дальнейших генетических и селекционных исследований и оформления хромосомных карт этой ценнейшей технической культуры.

Интересные радиационно-генетические, цитозембриологические, биохимические исследования хлопчатника проводились и продолжают в ТашГУ им. В. И. Ленина (Мусаев, 1971, 1972; Пашенко, Тихоновская, 1971; Касымов, Зикиряева, 1970, 1971 и др.), лабораториях цитозембриологии, мутагенеза и биологии волокна ИНЭБР АН УзССР (Власова, 1966; Егамбердиев, Пайзиев, 1970, 1973, 1974; Попова, Ерназаров, 1971), НИИССХ им. Г. С. Зайцева МСХ СССР (Ш. Ибрагимов и др., 1965, 1970, 1972, 1974; Гуламов и др., 1970; 1971; 1973 и др.), СоюзНИХИ (Муханова, Сикорский 1971), Институте генетики и селекции АН АзССР (А. А. Кулиев, 1971; А. М. Кулиев, 1971), АзГУ им. С. М. Кирова (Гусейнов, Мухтарова, 1971, 1972), Туркменском НИИССХ (Фурсов, Конопля, 1970, 1971), Институте ботаники АН

ТССР (Мамедов, 1971; Рахимкулов, 1971), Туркменском сельскохозяйственном институте им. М. И. Калинина МСХ СССР (Джоракулнев, 1971), Отделе общей генетики АН ТаджССР (Усманов, Бикасиян, 1971; Исламов, 1971; Джаббаров 1973) и других учреждениях.

В ряде лабораторий (Институт экспериментальной биологии растений АН УзССР, Институт селекции и семеноводства хлопчатника им. Г. С. Зайцева МСХ СССР, Институт ядерной физики АН УзССР, СоюзНИХИ, АзГУ им. С. М. Кирова, АзНИХИ, Институт ботаники АН ТССР, СамГУ им. А. Навои, Институт почвоведения МСХ ТаджССР и др.) проводились широкие полевые и производственные опыты по разработке способа применения радиации как агроприема с целью стимуляции роста, развития и повышения урожайности хлопчатника, кенафа, джута, бобовых, кукурузы и других культур (Ш. И. Ибрагимов, 1963, 1971; Кабулов, 1960; Арифов и др., 1963; Муханова, Сикорский 1970; Хайдаров, 1970; Гусейнов, Мухтарова, 1971, 1972). Установлено, что в определенных условиях предпосевное облучение семян или вегетирующих растений относительно низкими дозами гамма-лучей приводит к ускорению созревания и повышению хозяйственного урожая, особенно четко первых сборов. У хлопчатника увеличивается и содержание масла в семенах нового урожая.

Причин радиостимуляции растений много. По мнению А. М. Кузина (1970, 1973, 1974), в облученных семенах и проростках возникают радиационно-химические и радиационно-биохимические процессы окисления органических веществ, которые приводят к более раннему появлению неспецифических и специфических так называемых триггер-эффекторов далеко еще не выясненной природы. По нашим данным, при воздействии на сухие семена хлопчатника сравнительно малыми дозами (0,5—1 кр) гамма-лучей  $CO^{60}$  прежде всего повышается проницаемость их кожуры для воды и питательных элементов (НРК). В результате синтетические процессы и клеточное деление у облученных семян начинаются раньше. Уже в первые минуты после облучения в молодых проростках усиливается образование богатых энергией (АТФ, АДФ, АМФ, гексозофосфатов) и биологически особо важных соединений (РНК, белков) и физиологически активных веществ (например, аскорбиновой кис-

лоты, принимающей активное участие в окислительно-восстановительных реакциях и процессах клеточного деления).

Возникновение радиационно-химических и биохимических процессов окисления, появление триггер-эффекторов и активация описанных чрезвычайно важных сторон обмена веществ, происходящая в организме на самых начальных этапах лучевого воздействия, представляют собой, на наш взгляд, основной стартовый механизм (конечно, после непосредственного акта ионизации и возбуждения атомов и молекул), приводящий в последующем к ускорению созревания коробочек, повышению урожая хлопка-сырца и масличности семян хлопчатника. Однако дозы, стимулирующие урожайность хлопчатника и других растений, и стимуляционный эффект меняются в зависимости от конкретных условий сезона того или иного района, от происхождения, сроков хранения, физиологического состояния семян и растений до, в момент и после облучения и от генотипических особенностей сортов. Поэтому прием радиостимуляции растений хлопчатника до сих пор не нашел широкого применения в производстве.

Вместе с тем многочисленные опыты, проведенные в течение последних 10—15 лет в лабораториях радиобиологии (Назиров и др., 1959—1976), мутагенеза (Егамбердиев и др., 1973, 1974) Института экспериментальной биологии растений АН УзССР, в Институте селекции и семеноводства хлопчатника им. Г. С. Зайцева МСХ СССР (Ибрагимов и др., 1965, 1972 а, 1973, 1974; Гуламов и др., 1970, 1971, 1973), Институте генетики и селекции АН АзССР (А. А. Кулиев, 1971; А. М. Кулиев, 1971), Туркменском НИИССТХ (Фурсов, Конопля, 1970, 1971, Фурсов, др. 1975), Институте ботаники АН ТССР (Мамедов, 1971; Рахимкулов, 1971), Отделе общей генетики АН ТаджССР (Усманов, Бикасиян, 1971) и других учреждениях, показали большую перспективность использования радиации в селекции хлопчатника. При этом выяснено, что радиационное воздействие дает более эффективные результаты при сочетании его с другими способами (самоопыление облучаемых растений, сверххранний сев или дополнительная обработка облученных семян высокой температурой 90°C в течение 15 мин. и т. д.). Эффективность радиационного метода повышает-

ся также при последующей гибридизации одного мутанта с другим мутантом или же сортом, имеющим тот или иной ценный признак.

По многолетним данным лаборатории радиобиологии Института экспериментальной биологии растений АН УзССР, особенно эффективные результаты дает внедрение в организм хлопчатника небольших доз радиоактивного фосфора. Этот способ воздействия дает большую частоту и широкий спектр мутации, чем другие методы (гамма-облучение семян или вегетирующих растений). Причем под влиянием радиофосфора можно сократить селекционный срок и изменить отдельные признаки (фотопериодизм, скороспелость, крупность коробочек, качество волокна, «каменистость» кожуры семян и их маслянистость, листопадность, солеустойчивость), не затрагивая других ценных свойств хлопчатника (устойчивость к вилту, почвенной и воздушной засухе, плодovitость, габитус куста), что труднее достичь при гибридизации. Однако для выведения вилтоустойчивых скороспелых сортов применением радиофосфора, как и при гибридизации, исходным материалом должны служить высокоустойчивые к вилту формы, и всю работу также надо вести на сильно зараженной инфекцией вилта почве и сочетать с отбором с первого поколения до полной стабилизации растений по интересующим признакам.

Помимо того, выяснено, что при внесении  $P^{32}$  в развивающиеся на материнском растении плодовые органы на определенном этапе их онтогенеза (в частности, в бутоны за день до их раскрытия) частота мутации выше, чем при замочке семян в его растворе, однако последний способ радиационного воздействия на хлопчатник более прост, не требует больших затрат средств, особых приспособлений, оборудования, приборов и этим способом можно провести обработку на любой селекционной станции. Но ни первый, ни второй способы внедрения радиофосфора в растительный организм до сих пор не нашли широкого применения в селекционных и радиационно-генетических исследованиях с хлопчатником, что объясняется, видимо, незаслуженной боязнью работать с открытым источником излучения, каким является и радиофосфор. Оба способа воздействия на хлопчатник радиофосфором описаны подробно в наших предыдущих работах (Назиров, Джаникулов, 1965; Назиров, 1970)

и мы рекомендуем их смело использовать в генетических и селекционных работах с хлопчатником.

Большой мутагенный эффект радиоактивного фосфора ( $P^{32}$ ) обусловлен, по нашему мнению, явлением трансформации, т. е. превращением его в стабильную серу, эффектом отдачи образовавшегося нового ядра ( $S^{32}$ ), а также непосредственным включением определенной части  $P^{32}$  в генетический материал (ДНК хромосом половых клеток). Для этой части  $P^{32}$  каждый распад приводит к изменению той молекулы ДНК, в которой он произошел вследствие превращения  $P^{32} \rightarrow S^{32}$ . Такие распады дают также эмиссию (испускание)  $\beta$ -частиц, которые вызовут дополнительные изменения в соседних молекулах ДНК. Следует принимать во внимание и тот факт, что при инкорпорировании (внесении) радиофосфора растения подвергаются неоднократному, как это имеет место при воздействии гамма-излучениями, а хроническому облучению в течение длительного времени (напомним, что продолжительность полураспада данного радионуклида равна 14,3 дня, т. е. за этот период наполовину уменьшается его начальная активность). Безусловно, последующие исследования процессов, неразрывно связанных с элементарными клеточными структурами и обменом веществ, позволят до конца расшифровать сущность этого явления и найти еще более действенные пути использования радиофосфора и других радиоактивных элементов в селекции хлопчатника и сопутствующих культур.

Наиболее ценные с точки зрения практики радиационные мутанты хлопчатника и их гибриды с промышленными сортами, полученные в лабораториях радиобиологии (Назирова, Джаникулова, Дададжанова, Камбарова, Жалилова) и мутагенеза Института экспериментальной биологии растений АН УзССР (Егамбердиева, Пайзиева), в Институте селекции и семеноводства хлопчатника им. Г. С. Зайцева МСХ СССР (Ибрагимов, Ковальчук, Гуламов и др.) и в Туркменском научно-исследовательском институте селекции и семеноводства тонковолокнистого хлопчатника (Фурсова, Конопля), кратко описаны выше, в разделе «Вилт хлопчатника». Поэтому здесь не приводятся подробные примеры достижений радиационной селекции этой культуры. Ограничимся лишь указанием, что в настоящее время пять высокоурожайных устойчи-

вых к вилту и недостатку воды в почве скороспелых сортов с хорошим волокном (АН-402 с естественным листопадом, АН-403, АН-405, АН-407 и АН-408), выведенных путем замочки семян дикого вилтоустойчивого хлопчатника *G. hirsutum* ssp. *mexicanum* и многолетнего отбора на естественно сильно зараженной инфекцией возбудителя вилтовой болезни почве, в настоящее время проходят широкое испытание по линии Госсортсети и размножаются в некоторых элитных (Аккурганском, Избасканском и Карасуйском) и обычных семеноводческих хозяйствах Узбекской (колхозы им. Ахунбабаева и XX партсъезда Избасканского, «Октябрь» Московского районов Андижанской области) и Киргизской ССР (совхоз «Ташкумир» Ленинского, колхоз им. Ленина Карасуйского районов Ошской области). Надеемся, что если не все эти сорта, то по крайней мере отдельные из них (по всей вероятности, в первую очередь листопадный сорт АН-402 с волокном V типа) в ближайшие годы получат массовое распространение на полях колхозов и совхозов хлопкосеющих республик Союза.

В заключение необходимо отметить, что для понимания механизмов мутационного процесса и создания теории мутации большое значение имеет вскрытие генетической природы и физиологобиохимических особенностей радиомутантов растений. Подобные работы помогут также разработать дифференцированные агроприемы для районирования перспективных мутантов. В связи с этим в последние годы в лаборатории радиобиологии Института экспериментальной биологии растений АН УзССР (Назирова и др., 1960; 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976 и др.), в проблемной лаборатории по частной генетике ТашГУ им. В. И. Ленина (Дж. Мусаев, 1971, 1972), Отделе общей генетики АН ТаджССР (Исламов, Бикасиян, Джаббаров, 1972) проводятся широкие сравнительно генетические, цитогенетические, биохимические, физиологические исследования ранее полученных радиомутантов хлопчатника и их исходных форм с применением электронной микроскопии, меченых атомов ( $P^{32}$ ,  $C^{14}$  и др.) и других современных методов анализа. Уже достигнуты определенные результаты и в этом направлении. Здесь наиболее интересным является то, что, по данным лаборатории радиобиологии названного института, дикий типично короткодневный хлопчатник по сравнению с полу-

ченными от него фотопериодически нейтральными мутантами обладает более мощной системой, синтезирующей макромолекулы — ДНК, РНК и белки (особенно гистоны). Мутанты в отличие от дикой формы обладают более активными дегидразами и интенсивнее генерируют АТФ. У них цветение сопровождается появлением в тканях дополнительного ауксиноподобного фитогормона, природа которого изучается в настоящее время. Расширение исследований в этой области, несомненно, поможет расшифровать механизмы фотопериодизма и перехода растения от вегетативного состояния в генеративное.

Дальнейшие радиобиологические исследования хлопчатника и других культур целесообразно, на наш взгляд, развивать как в направлении изучения первичных молекулярных механизмов радиационного поражения клеток, так и в плане выяснения природы радиочувствительности и процессов пострадиационного восстановления, обратив при этом особое внимание на вскрытие роли ферментативной системы (например, эндонуклеаз, полимераз, лигаз и др.), энергетического обмена и условий среды в «залечивании» генетического аппарата и восстановлении растений в целом. Нужно начинать работы по изысканию растительных антилучевых средств и сенсбилизаторов лучевого воздействия с целью разработки более эффективных методов применения излучений в лечении злокачественных новообразований и защиты семенного материала от радиационного поражения в чрезвычайных случаях, а также для изучения отдаленных последствий облучения. Необходимо расширить и углубить радиационно-генетические исследования на хлопчатнике, обратив особое внимание на внешние и внутренние факторы, модифицирующие генетический эффект облучения, окончательно уточнить взаимосвязь между мутабельностью и радиочувствительностью различных сельскохозяйственных культур, усилить работы по выяснению генетической природы и физиологобиохимических особенностей уже имеющихся радиомутантов хлопчатника, чтобы в конечном счете разработать методы получения направленной мутации (определенного, нужного для человека типа изменений) у этой культуры и дифференцированные агроприемы для районирования радиационных сортов. Необходимо расширить также ра-

боты по выяснению значения радиации (вернее вызываемой ею мутации) в эволюции культурных растений (хлопчатник и др.) путем изучения влияния искусственного излучения высокой энергии, прежде всего, на их диких и полудиких сородичей с применением различных современных методов и подходов, все шире и активнее использовать достижения радиобиологии в хлопководстве.

#### ГЕТЕРОЗИС И НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ СЕМЕНОВОДСТВА ХЛОПЧАТНИКА

Известно, что при скрещивании различных сортов растений и животных в первом ( $F_1$ ), а иногда и во втором ( $F_2$ ) поколениях наблюдается превосходство гибридов над исходными родительскими формами по степени развития одного или нескольких признаков. Это явление получило название гетерозиса (heterosis — в переводе с греческого видоизменение, превращение).

Гетерозис проявляется, как правило, в количественных признаках (например, у сельскохозяйственных культур мощное развитие вегетативных органов, повышение урожайности, устойчивости к болезням и колебаниям метеорологических факторов и т. д.) и в отличие от обычного так называемого комбинационного эффекта у гибридов он мало затрагивает качество продукции и постепенно затухает в последующих поколениях (Конарев, 1974). Гетерозис у растений известен уже давно и описан в XVIII в. И. Кельрейтором (1766 г.). Его теоретически обосновал еще Ч. Дарвин. В дальнейшем он получил развитие в работах целого ряда отечественных и зарубежных ученых и селекционеров-практиков (Н. И. Вавилов, И. В. Мичурин, Л. Бербанк, Г. Нильсон, Г. Ноден, Т. И. Хаджинов, Н. В. Турбин, С. М. Колесников, А. Л. Мазлумов, В. Е. Козубенко, С. Г. Манзюк, Дж. Шелл, К. Т. Брюс, Д. Ф. Джонс, Е. М. Ист, Г. К. Хейс, Ф. Кибл, И. С. Пилью, П. С. Федоров и др.). В настоящее время явление гетерозиса широко используется в семеноводстве кукурузы. Сейчас за рубежом и у нас в Советском Союзе широко ставится вопрос о производстве и внедрении гибридных (гетерозисных) семян пшеницы.

Основная задача в решении проблемы гибридной пшеницы — подбор родительских пар с хорошей комбинационной способностью (иначе выбор высокогетерозисных комбинаций), на базе которых можно было бы получать гибриды, конкурирующие по устойчивости к болезням, вредителям, полеганию и урожайности с лучшими сортами. До недавнего времени (1962—1967) в зарубежных странах (например, в Швеции) отрицательно относились к использованию гетерозиса у пшеницы и не проводили исследований по этой проблеме. Но в последние годы там работы в данном направлении проводятся в широких масштабах. К 1972 г. на стерильную основу были переведены более 100 сортов озимой и яровой пшеницы. Установлена завязываемость семян у мужских стерильных форм пшеницы при свободном ветроопылении до 60% (Лесик, 1973).

Опыты по изучению гетерозиса у хлопчатника проводили Л. Г. Арутюнова, К. А. Высоцкий, А. Д. Дадабаев, С. С. Канаш, А. Т. Гафуров, Н. Г. Симонгулян и другие исследователи. Показано, что гетерозис наиболее сильно проявляется у межвидовых гибридов первого поколения, полученных в результате скрещивания *G. hirsutum* и *G. barbadense* (Высоцкий 1971; Высоцкий и Пак, 1975). Как при межвидовом тетраплоидном, так и межсортовом скрещиваниях хлопчатника в первом поколении доминируют обычно такие ценные признаки, как скороспелость, вилтоустойчивость и урожайность (Исмаилов, 1967; Мансуров, 1974; Трушкин, 1971; Magani, 1968 и др.).

По данным Иксанова (1968), проявившийся в начале вегетации гетерозис по скороспелости, высоте главного стебля и продуктивности у первого поколения межсортовых гибридов хлопчатника (*G. hirsutum*) в дальнейшем не только сохраняется, но и усиливается по мере роста и развития растений.

Наблюдениями отдельных исследователей (Алиходжаева, 1971) установлено, что гетерозис при внутривидовом скрещивании эколого-географически отдаленных советских и зарубежных сортов хлопчатника (*G. hirsutum*) возрастает с увеличением генетических различий до определенного предела; при дальнейшем усилении генетических различий его эффективность снижается. Наряду с этим гетерозис в отдельных случаях в  $F_1$  и  $F_2$

проявился в одинаковой степени (в частности, при скрещивании отечественных сортов), а в ряде ситуаций он во втором поколении по некоторым признакам (по скороспелости и выходу волокна) был даже более мощным, чем в первом. Интересно добавить, что скорость затухания гетерозиса также была неодинакова у разных гибридов. Например, у гибридов, проявивших в  $F_1$  высокий гетерозис по продуктивности, его эффект затухает в  $F_2$  сильнее, чем у гибридов, показавших промежуточное наследование.

В последние годы явление гетерозиса у хлопчатника довольно широко изучалось в Таджикском научно-исследовательском институте земледелия (Мансуров, 1974). Показано, что на уровень проявления гетерозиса хлопчатника большое влияние оказывают подбор исходных пар, методы скрещивания и агротехника выращивания родительских форм и гибридов. Установлено повышение процента гибридности при свободном опылении в случае, когда материнской формой служит тонковолокнистый хлопчатник (*G. barbadense*), а отцовской — средневолокнистый (*G. hirsutum*). Разработана наиболее эффективная методика фракционирования гибридных семян по наличию антоцианового пятна на узле нервации семядольных листочков, которая используется при прореживании всходов. Путем свободного ручного переопыления сортов тонковолокнистого (*G. barbadense*) и средневолокнистого (*G. hirsutum*) хлопчатника выявлены и рекомендованы высокогетерозисные гибриды «Вахш-2» (9123-И×Гис-5025), «Вахш-5» (9647-И×Гис-5025), «Вахш-5А» (9647-И×С-8234) и «Вахш-10» (6249-В×Гис-5025), которые по урожаю на 30—57%, по скороспелости на 8—12 дней превышают стандартные сорта, имеют высокое качество (1 тип) и повышенный выход волокна, устойчивы к вилту и вредителям, приспособлены к механизации процессов возделывания и уборки.

Путем скрещивания скороспелой линии хлопчатника вида *G. hirsutum* (отцовская форма) с темно-бордовой окраской (маркерный признак) с тонковолокнистыми сортами 5904-И и 155-Ф (*G. barbadense*) К. А. Высокский и А. Пак (1975) также получили гибриды, которые в  $F_1$  по скороспелости и урожаю хлопка-сырца резко (по заморозному на 40—60%, по общему на 40—120%) превосходят исходные родительские формы, а по длине и

тонине (метрическому номеру) волокна и сорт «Ташкент-3». Гибриды оказались устойчивыми к вертициллезному вилту. Наличие маркерного признака позволяет проводить браковку негибридных особей при прореживании.

В Ташкентском сельскохозяйственном институте МСХ СССР (Ф. А. Бабаджанов и др.) изучали комбинационную способность целого ряда средневолокнистых сортов хлопчатника (*G. hirsutum*) советской и зарубежной селекции. В результате удалось из них выделить и использовать для гибридизации ряд наиболее ценных и обладающих лучшей комбинационной способностью сортов (Хлебутина, 1972).

Интересные результаты получены при воздействии на гибридные семена ионизирующей радиацией (Назиров, Перепеленко, 1966).

Так, межсортовые гибриды (С-460×1306-ДВ) хлопчатника (*G. hirsutum*) независимо от комбинации в  $F_1$  и частично в  $F_2$  наследуют свойство устойчивости к облучению от наиболее радиоустойчивого скороспелого родителя (1306-ДВ), что имеет важное значение в деле сохранения семенного материала от радиационного поражения в чрезвычайных случаях. Причем замечено, что после облучения гибридных семян относительно малыми дозами гамма-лучей  $CO^{60}$  (0,5—2 килорентген) большинство растений в первом и особенно во втором поколении наследуют, с одной стороны, признак крупноробочности позднеспелого родителя (С-460), с другой — признак скороспелости второго родителя.

В Институте селекции и семеноводства хлопчатника МСХ СССР исследуются физиолого-биохимические процессы у гетерозисных межсортовых и межвидовых (*G. hirsutum*×*G. barbadense*) гибридов и самоопыленных линий (Хлебутина, 1972; Имамалиев и др., 1975, 1976). Межсортовые гибриды  $F_1$  и особенно высокогетерозисный межвидовой гибрид превосходят исходные формы по общему содержанию нуклеиновых кислот, главным образом РНК. Количество ДНК у гибридов различного генетического происхождения колеблется незначительно. Фракционный состав белков у гибридов неидентичен. Интенсивность фотосинтеза, фотохимическая активность и фосфорилирующая способность хлоропластов листьев  $F_1$  межвидового гибрида выше, ассимиляционная поверх-

ность клетки хлоропластов больше, ламилярная система развита лучше, чем у родительских форм. У межвидового высокогетерозисного гибрида (С-3506×5595-В) отмечены также высокая окислительно-фосфорилирующая способность и повышенная активность фермента АТФ-азы. Межсортовой низкогетерозисный гибрид (С-3506×108-Ф) по этим свойствам не отличается от исходных родительских сортов.

Таким образом, преимущества гетерозисных гибридов неоспоримо доказаны и на хлопчатнике. Внедрение высокогетерозисных гибридов этой культуры в производство является одним из важных резервов сохранения ее вилтоустойчивости, увеличения скороспелости и урожайности. В настоящее время в Индии явление гетерозиса нашло довольно широкое применение в практическом семеноводстве хлопчатника. Однако хлопчатник по своей природе факультативно является самоопылителем и частота вицинизма, т. е. перекрестного оплодотворения у него даже в условиях пестрых по ботаническому составу селекционных посевов не превышает 5—30% (Мауер, 1954) и массовое получение гибридных семян существующими методами довольно сложно и требует больших затрат средств. Поэтому в условиях Узбекистана гетерозис хлопчатника в производстве еще не применяется.

В связи с этим некоторые исследователи (Трушкин, 1971) предлагают использовать для получения гибридных семян хлопчатника с высоким гетерозисным эффектом опылительную деятельность пчел. По их мнению, гибридные семена при этом можно получать ежегодно в достаточно большом количестве без особых дополнительных затрат труда. Видимо, целесообразно проверить этот прием в более широких масштабах и при получении положительных данных смелее внедрять его в производство.

Наряду с этим для создания экономически выгодных и более простых способов получения высокогетерозисных гибридных семян необходимо развернуть работы по изучению возникновения гетерозисных растений в зависимости от исходных родительских пар и условий внешней среды при смешанных посевах, по изысканию способов повышения способности хлопчатника к естественному перекрестному опылению, по разработке методов вызывания у него мужской геной и цитоплазматической сте-

рильности и отысканию восстановителей фертильности (способности к оплодотворению, плодовитости).

В последнее десятилетие за рубежом делаются большие попытки получить формы с генной или цитоплазматической мужской стерильностью разными методами и использовать их в гибридизации хлопчатника. Например, Ричмонд и Коэл (Richmond, Kohel, 1961, «Crop. Sci.» v. 1) после скрещивания двух линий хлопчатника в  $F_2$  выделили генетически полностью мужские стерильные растения. Другие зарубежные авторы (Iustus, Leinweber, 1960; Weaver 1968) также сообщили о получении ими мужской стерильности у хлопчатника, обусловленной действием рецессивных генов. В серии опытов показано, что для повышения эффективности применения генной мужской стерильности нужны поиски цитоплазмы, которая могла бы служить закрепителем этого явления (Негматов и др., 1972). Некоторые исследователи (Meyer, Meyer 1961, 1965), вовлекая в гибридизацию генетически отдаленные виды (*G. anomalum*, *G. arboreum*), получили формы с цитоплазматической мужской стерильностью. Эти же исследователи путем серии скрещиваний *G. anomalum*, *G. arboreum*, которые служили материнскими формами, с *G. hirsutum* (отцовская форма) и применением четырехкратного беккроссирования (повторного скрещивания) также создали популяции растений с цитоплазматической мужской стерильностью (ЦМС), используя которые в гибридизации можно получить дешевые гетерозисные семена хлопчатника.

По мнению М. Негматова, В. К. Шумного и В. И. Коваленко (1972), в проблеме решения ЦМС у хлопчатника перспективным может быть также индуцирование мутации цитоплазмы воздействием физическими и химическими мутагенными факторами на неоплодотворенные яйцеклетки, с чем нельзя не согласиться. В последнее время в Отделе общей генетики АН ТаджССР совместно с Институтом цитологии и генетики Сибирского отделения АН СССР (Негматов и др., 1975) путем облучения предварительно кастрированных цветков и бутонок хлопчатника сорта 5595-В гамма-лучами в дозе 2,5 кр действительно удалось получить формы с ЦМС (рис. 22).

За рубежом для получения мужской стерильности у сельскохозяйственных культур сейчас стали применять

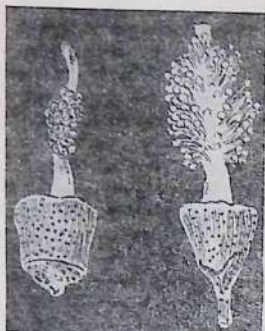


Рис. 22. Пыльники стерильного (слева) и нормального фертильного (справа) цветков хлопчатника (по Негматову и др., 1975).

химический препарат этрел (2-хлорэтилфосфиновая кислота). Например, в США при обработке этим препаратом однодомного сорта огурцов (Wisconsin SMR 18) в фазе одного—трех листьев образовались только женские цветы. На пшенице этот препарат самую высокую степень мужской стерильности (почти 100%) показал при обработке растений в период выхода в трубку (Колоскина, 1972). В Швеции препарат этрел вызвал задержку колоса пшеницы во влагалище листа. Чтобы снять это отрицательное действие препарата, одновременно с ним посевы пшеницы обрабатывают раствором гиббереллиновой кислоты и получают достаточно большую мужскую стерильность (Лесик, 1973). Следовало бы испытать препарат этрел и на хлопчатнике с целью получения у него мужской стерильности.

Гетерозис — сложное биологическое явление. Природа его далеко еще окончательно не расшифрована. Согласно современным представлениям, гетерозис бывает не только положительным, но и в отдельных случаях отрицательным. Существуют различные гипотезы о природе гетерозиса. Допускается, что гетерозис может возникать в результате подавления отрицательного действия некоторых рецессивных (скрытых) генов доминантными, комбинированного благоприятного влияния доминантных генов, компенсации дефектного рецессивного гена одной родительской формы нормальным геном другой, превосходства действия гетерозигот (разных по наследственной основе, например, Aa) над гомозиготами (близкой по генетической природе, например, AA или aa), создания более полного генетического комплекса прибавлением комплементарных (дополнительных) генов и появления избыточной информации в виде копий структурных генов и, наконец, изменения генетической сбалансиро-

ванной системы. Гетерозис — сложное биологическое явление. Природа его далеко еще окончательно не расшифрована. Согласно современным представлениям, гетерозис бывает не только положительным, но и в отдельных случаях отрицательным. Существуют различные гипотезы о природе гетерозиса. Допускается, что гетерозис может возникать в результате подавления отрицательного действия некоторых рецессивных (скрытых) генов доминантными, комбинированного благоприятного влияния доминантных генов, компенсации дефектного рецессивного гена одной родительской формы нормальным геном другой, превосходства действия гетерозигот (разных по наследственной основе, например, Aa) над гомозиготами (близкой по генетической природе, например, AA или aa), создания более полного генетического комплекса прибавлением комплементарных (дополнительных) генов и появления избыточной информации в виде копий структурных генов и, наконец, изменения генетической сбалансиро-

ванности генома при взаимодействии различающихся между собой генотипов (Конарев, 1974).

Все эти гипотезы имеют определенное значение для объяснения явления гетерозиса в той или иной форме его проявления. Среди них наиболее общим, видимо, являются представления о генетическом балансе и полноте генетического контроля. Механизмы гетерозиса, безусловно, заложены в генетическом аппарате клетки и представляют собой изменения структуры и функций тех или иных генетических систем в результате взаимодействия разных генотипов (Конарев, 1974).

Внешнее проявление гетерозиса в известной степени напоминает эффект стимуляции у хлопчатника и других культур (повышение интенсивности клеточного деления и всхожести семян, ускорение созревания, увеличение урожая и т. д.) под влиянием янтарной кислоты, гетероауксина, гиббереллина, витаминов и других биологически активных веществ (Рахманов, 1960; Агакишиев, 1973; Полянская, 1972 и др.), а также после предпосевного облучения семян относительно малыми дозами гамма-лучей (Кузин и др., 1974; Березина, Каушанский, 1975 и др.) и обработки их низкими температурами (от 0° до 3—6°С) и подсушкой (Литвинова, 1971). Гетерозис напоминает также приобретенную сравнительно высокую устойчивость горных растений к радиации, которая при перенесении их в долину через одну-две генерации исчезает (Назиров, 1970). Все это наводит на мысль, что гетерозис можно рассматривать как длительную физиологическую модификацию, в основе которой лежит так называемое эпигенетическое изменение прежде всего обменных и регуляторных процессов в клетке, связанное не с коренной перестройкой генотипа, а с активацией работы отдельных локусов (участков) хромосом (точнее, ДНК) и, возможно, напротив, — с репрессией функционирования их других частей. Активация и репрессия отдельных локусов хромосом обуславливаются, видимо, изменением концентрации и состояния ядерных белков (прежде всего, гистонов, кислых белков) и появлением, накоплением или, наоборот, уменьшением уровня продуктов видоизмененного обмена так называемых специфических и неспецифических триггер-эффекторов пока не совсем известной химической природы (Кузин и др., 1974) и других гормональных факторов, витаминов, био-

генных стимуляторов, ибо многие такого рода вещества выполняют регуляторную функцию через генетический аппарат клетки (Конарев, 1974). Дальнейшие работы целесообразно усилить в направлении изучения молекулярно-генетической природы гетерозиса хлопчатника, выяснения генетического контроля обмена веществ в клетке и морфогенеза в целом, значения ядерных белков типа гистонов и кислых белков, являющихся специфическими «репрессорами» хромосомного аппарата (ДНК), триггер-эффекторов и эндогенных регуляторов роста — фитогормонов (губбереллинов, ауксинов, кининов, фитохромов), фенольных соединений, биологически активных веществ типа витаминов и биогенных стимуляторов в проявлении гетерозиса у хлопчатника. Особого внимания заслуживают сравнительные исследования биохимических особенностей (например, обмена нуклеиновых кислот и белков, белковых спектров, гормональных факторов, изоферментов — различных разновидностей одних и тех же энзимов как форм с повышенной физиологической активностью) гетерозиса и инбридинга (самоопыленных близкородственных линий), а также расшифровка структурно-метаболических основ затухания гетерозиса в последующих поколениях (иногда уже  $F_2$ , чаще  $F_3$  и  $F_4$ ) на разных уровнях организации этих процессов, что создает возможность разработать научно обоснованную теорию рассмотренного вопроса и поможет изыскать дешевые высокоэффективные методы раннего прогноза и получения гибридных семян хлопчатника и внедрения их в производство.

Обычные (негибридные) высококачественные семена — также важный резерв повышения урожайности сельскохозяйственных культур и один из основных ключей сохранения и улучшения их хозяйственно-ценных биологических свойств. Генеральный секретарь ЦК КПСС тов. Л. И. Брежнев на XXV съезде партии указывал, что «по оценке специалистов, хорошо, по-современному организованное семеноводство может повысить урожайность по меньшей мере на 20 процентов»<sup>1</sup>.

В области семеноводства хлопчатника в Узбекистане и других хлопкосеющих республиках Союза сделано немало. Достаточно напомнить, что до революции и в пер-

<sup>1</sup> «Известия», 25 февраля 1976 г.

вые годы Советской власти никакой сортовой чистоты в семеноводстве не было, высевалась заводская смесь различных сортов. С 1921 г. по настоящее время осуществлялось пять сортосмен, каждая из которых сопровождалась повышением урожайности на 5—15 и более процентов и улучшением качества волокна (например, длины средневолокнистых сортов на 5—7 мм, тонины на 800—1000 ед. и т. д.). Буквально за четыре-пять лет распространились на площади более 1 млн. га вилтоустойчивые сорта «Ташкент». Сейчас довольно большие площади засеваются семенами первого и второго класса. Однако, как отмечал кандидат в члены Политбюро ЦК КПСС первый секретарь ЦК КП Узбекистана тов. Ш. Р. Рашидов на II Пленуме ЦК КП Узбекистана<sup>1</sup>, в семеноводстве хлопчатника имеется еще много недостатков:

а) семена первых трех репродукций заготавливаются еще очень мало (в частности, в 1975 г. их количество составило всего лишь 50%);

б) в ряде семеноводческих хозяйств грубо нарушается агротехника хлопчатника и заготавливаются семена с повышенной влажностью, которые всегда имеют низкий процент схожести и пониженную энергию прорастания (Мансурова, 1969);

в) имеют место дефолиация и десикация семенного хлопчатника, что приводит к преждевременному прекращению необходимых для зародыша синтетических процессов и повышению количества физиологически незрелых неполноценных семян;

г) часто отсутствует тщательная браковка больных вилтом растений на участках первой, особенно второй и третьей репродукций, что способствует распространению восприимчивых к этой болезни индивидуумов в потомстве и сокращению продолжительности жизни возделываемого сорта;

д) нередко (например, в годы с ранним наступлением осенних заморозков) допускается заготовка семян недостаточной зрелости, а также физиологически недоброкачественных (в частности, из коробочек с периферийных зон куста);

---

<sup>1</sup> «Совет Узбекистана», 11 мая 1976 г.

е) на заготовительных пунктах и заводах нарушаются условия хранения семенного хлопка и очистки семян, а иногда выпускаются на посев семена с качеством ниже допустимого (напомним, что по рекомендации МСУ УзССР<sup>1</sup>, хлопкозаводы должны готовить семена с всхожестью не ниже 85%, дробленностью — не более 5% и опущенностью до 0,8%).

Исходя из изложенного, Пленум поставил перед научными и производственными учреждениями задачу разработать меры по дальнейшему усовершенствованию семеноводства хлопчатника и повышению посевных качеств семян. В этом свете огромное значение приобретает правильное использование уже имеющихся на сегодня достижений науки и передового опыта в практической деятельности семеноводческих хозяйств. Вкратце рассмотрим некоторые из неиспользуемых или плохо используемых в настоящее время резервов, полная реализация которых, на наш взгляд, резко повысила бы качество посевных семян и уровень семеноводства в целом.

1. Многолетними опытами установлено, что семена из коробочек, сформированных во внутренних конусах куста (первые, вторые места второго, третьего и четвертого симподия), полнее обеспечиваются питательными веществами и водой, оказываются наиболее зрелыми, благодаря чему дают лучшие всходы, имеют повышенную энергию прорастания и обеспечивают получение более высокого урожая хлопка-сырца (Губанов, 1960 и др.). В оболочке недозрелых семян (из периферийных коробочек) содержатся водорастворимые фенольные вещества, которые задерживают рост зародыша (Губанова, 1964). В таких семенах имеется также много свободных аминокислот, которые (особенно аргинин) тормозят их прорастание. В оболочках зрелых семян ингибирующее действие фенольных соединений устраняется вследствие превращения их в нерастворимые в воде соединения (дубильные вещества, флобафены, лигнин), которые термолabile и при температуре 30—40°C быстро разрушаются (Губанова, 1964). В зрелых семенах уменьшается также концентрация свободных аминокислот в результате их включения в состав белков (Назиров, 1959). Все эти биохимические изменения способствуют

<sup>1</sup> «Правда Востока», 30 марта 1972 г.

повышению всхожести и энергии прорастания семян. Поэтому семенной материал заготавливать надо только из хорошо раскрытых коробочек, сформированных во внутренней зоне куста.

2. Выяснено, что в период послеуборочного хранения семян при нормальной температуре (25—30°C) и кондиционной влажности (не более 8%) происходит их физиологическое дозревание, что сопровождается рядом биохимических изменений в зародышах и кожуре и улучшением посевных качеств. Однако шестимесячный срок хранения, как это обычно принято в практике, для полного дозревания семян недостаточен. Поэтому следует провести предпосевной прогрев (при 30—35°C в течение пяти суток), что способствует улучшению посевных качеств (Мансурова, 1965).

3. Специальными наблюдениями ряда исследователей (Ахмеджанов, 1971; Малинин, 1971; Мирахмедов, 1974 и др.) показано, что в сохранении устойчивости промышленных сортов хлопчатника к вилту немалую роль играют генетическая основа и физиологическое состояние семенного материала. Семена, собранные со здоровых кустов, в потомстве на зараженном инфекцией возбудителя вилта участке дают больных вилтом растений меньше, чем семена с больных кустов. Высокая вилтоустойчивость сортов «Ташкент» также хорошо сохраняется в потомстве в случае массового отбора семян с незаболевших растений на такой почве. На этой основе рекомендована новая методика элитно-семеноводческой работы, по которой семена перспективных вилтоустойчивых сортов необходимо посеять на естественно сильнозараженном фоне и проводить постоянную браковку больных растений внутри каждой семьи индивидуальных отборов, между семьями и в первой репродукции. Тщательный просмотр и своевременное удаление больных растений задерживают распространение потомства восприимчивых кустов, что способствует сохранению вилтоустойчивости новых сортов на более продолжительный период. Однако в практике семеноводческих хозяйств не всегда придерживаются этих правил и семена с больных растений также попадают в общий фонд семенного материала. Следует обратить самое пристальное внимание на этот факт и не допустить подобных нарушений в дальнейшей работе семеноводческих учреждений.

4. Наукой доказано, что 3—5% инфекции фузариозного и до 15% вертициллезного вилта распространяется через семена хлопчатника (Беккер, Чадова, 1971; Рамазанова, 1975). В семеноводческой же практике довольно часто из сильно зараженных возбудителем вилта зон хлопководства (Андижанская, Ферганская, Наманганская области) семена (как правило, второй и последующих репродукций) перебрасываются на вновь осваиваемые земли или в «невилтовые» районы, что влечет за собой распространение инфекций патогена в данных местностях. Поэтому нужно резко ограничить подобную практику переброски семенного материала, а поставку его в новые районы освоения целесообразно организовать только из «свободных» от вилта староосвоенных зон хлопководства или в крайнем случае надо посылать семена с исключительно здоровых растений, предварительно проводив тщательный карантинный анализ на зараженность их инфекцией паразита.

5. Как уже описано в разделе «Мелниорация засоленных земель и солеустойчивость хлопчатника», при выращивании этой культуры в течение трех-четырех лет на засоленных почвах происходит постепенная физиологическая адаптация (приспособление) и длительное модификационное (временное, сохраняющееся только в первом, редко и во втором семенном поколении) значительное повышение ее устойчивости к засолению, что выражается в увеличении всхожести и энергии прорастания семян, а затем урожая хлопка-сырца (Буринги, 1952; Пулатов, 1975). Следовательно, для обеспечения появления дружных всходов и получения более высоких урожаев на засоленных почвах семенной материал необходимо заготавливать на месте, а не привозить из других районов с низким уровнем засоления (т. е. для посева на засоленных землях не использовать семена, выращенные на пресных полях).

6. Известно, что внутри любого сорта отдельные индивидуумы отличаются между собой по урожайности, устойчивости к болезням (вилт и др.), засолению и другим неблагоприятным факторам среды. Поэтому применение внутрисортного скрещивания в семеноводстве хлопчатника повышает жизнеспособность сортов, их долготелетие и продуктивность. Примером этому может служить сорт 108-Ф (*G. hirsutum*), который находился в

массовом производстве более 20 лет (с 1947 по 1970 г.) и по сей день возделывается в отдельных «невилтовых» районах. Однако, к сожалению, в последние годы вопросу о внутрисортном скрещивании в семеноводстве хлопчатника незаслуженно перестали уделять серьезное внимание. Мы считаем, что данное упущение надо устранить и впредь внутрисортное скрещивание, как и ранее, в семеноводстве хлопчатника должно быть неотъемлемой частью производства семян. Повторяем, что этот прием — один из реальных резервов повышения урожая хлопка и его качества. Наряду с изложенным для дальнейшего совершенствования системы семеноводства хлопчатника существенную роль играют изыскания, способствующие обеспечению специализации и концентрации производства высококачественных сортовых семян и переводу семеноводства на промышленную основу. С этой целью ряд специалистов (Рахимов, Кратиров, Руденко, 1975 и др.) предлагают:

- 1) организовать специальные совхозы предварительного размножения новых, перспективных сортов;
- 2) создавать большие региональные государственные учреждения по воспроизводству элиты и первой репродукции и хозяйства по получению семян второй и третьей репродукции;
- 3) организовать специальные заводы по очистке семенного хлопка-сырца и подготовке посевных семян;
- 4) собрать семенной хлопок ярусными машинами;
- 5) изменить в сторону улучшения существующие способы планирования, финансирования и материального стимулирования специализированных организаций путем внедрения механизации.

По мнению перечисленных специалистов, при соответствующем увеличении штата элитных хозяйств можно значительно расширить площади элитных посевов (до 40—50 га).

Институт селекции и семеноводства хлопчатника им. Г. С. Зайцева МСХ СССР разработал метод аэрохимического оголения семян с последующим их дражированием для точного высева ограниченным количеством семенного материала (Отчет САО ВАСХНИЛ за 1975 г., Ташкент, 1976, стр. 40). По предложению сотрудников института (Рахимов, 1975), путем перехода на точный способ посева элиты можно довести площадь первой

репродукции до 800—1000 га, а повсеместный же перевод колхозов и совхозов на высев заданного количества семян (например, по 30 кг/га) в ближайшем будущем даст возможность резко снизить объем заготовки семенного хлопка, улучшить его качество, исключить прореживание, уменьшить расходы на элитно-семеноводческие работы и будет способствовать повышению эффективности концентрации семеноводства.

Как известно, семенной хлопок в настоящее время собирается ручным способом. Без полной механизации этого трудоемкого процесса не может быть речи о переводе семеноводства на промышленную основу. По наблюдениям названного института (Рахимов и др., 1975), модернизированные хлопкоуборочные машины для ярусного сбора дают столько же механической поврежденности семян, сколько и ручной способ (до 0,5%). Значит, надо смелее внедрять в производство поярусные машины для сбора семенного хлопка-сырца.

Одним из важных путей совершенствования семеноводства является также осуществление централизованной сушки семян. Институт селекции и семеноводства хлопчатника МСХ СССР совместно с Ташкентским текстильным институтом показали, что сушка семенного хлопка при температуре не выше 75°C обеспечивает снятие излишней влаги и поднимает посевные качества семян (Рахимов и др., 1975). Сейчас на основе этого факта предложены наиболее приемлемые параметры, по которым соответствующие организации (ЦНИИХПром и ГСКБ по очистке хлопка) могут сконструировать оборудование, аппаратуру и приспособление для централизованной сушки семенного хлопка с автоматическим регулированием. Чрезвычайно необходимо также расширить работы по разработке малогабаритных сеялок для посева селекционных материалов, машин и технологии очистки хлопка-сырца новых линий и сортов.

Помимо того, очень важно продолжить исследования по дальнейшему усовершенствованию технологии ярусного сбора семенного хлопка-сырца, установлению коррелятивных связей физических, химических и биологических свойств семян, по улучшению методики их лабораторной оценки, что поможет разработать эффективные методы предпосевной подготовки высококачественных семян хлопчатника.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время человечество вступило в эпоху научно-технической революции. Научно-технический прогресс оказывает решающее влияние на многие стороны человеческой деятельности. Этот прогресс обусловлен значительным расширением и углублением как фундаментальных исследований, так и ростом научных работ, направленных прямо или косвенно на повышение эффективности общественного производства. Наука сегодня становится все более непосредственной производительной силой общества. Вместе с тем она сама успешно пользуется достижениями технического прогресса и развивается на индустриальной основе чрезвычайно интенсивно. Ныне наука оснащена самой мощной техникой, ультрасовременными приборами, оборудованием и аппаратурой. Происходит также, с одной стороны, дифференциация науки (т. е. появляются новые и сверхновые ее отрасли), с другой, напротив, интеграция (взаимное проникновение) различных ее областей. В исследованиях применяются все более прогрессивные методы и подходы, чаще стали взаимно использоваться теоретические идеи и практические достижения смежных наук. В результате то, что вчера считалось трудноразрешимой или вовсе неразрешимой задачей, сегодня решается довольно быстро и с большой точностью. Поэтому нет никакого сомнения, что сфера действия науки на жизнь людей в дальнейшем еще больше расширится и эффект от нее будет более ощутимым, чем сейчас, особенно в нашей стране, где созданы все необходимые условия для бурного расцвета науки.

За последние два-три десятилетия наряду с другими отраслями естествознания огромных успехов добилась и биологическая наука, которая является теоретическим фундаментом медицины и сельского хозяйства и сегодня от чисто эмпирически описательного способа анализа все больше переходит на рельсы, основанные на точных экспериментах и математических расчетах. Бесспорно, самыми выдающимися достижениями современной биологии можно считать, прежде всего, открытие материальных носителей наследственности (ДНК) и генетического контроля клеточного метаболизма (например, биосинтеза белков), расшифровку строения и функции уникальных субмикроскопических органелл (ядро, митохондрии, рибосомы, хлоропласты, лизосомы и т. д.), химической структуры молекул ряда белков-ферментов, осуществление синтеза отдельных генов *in vitro* (в лабораторных условиях) и установление двух видов наследственности: хромосомной и цитоплазматической. Эти и некоторые другие достижения биологии, в особенности открытие хранителя генетического кода, связанного с последовательностью азотистых оснований в молекуле ДНК, и выяснение принципов функционирования кодирующей системы в живой клетке, сделали революцию в науке о жизни, которую можно сравнивать с революцией, совершившейся в области физики в первой половине двадцатого века. Они в корне изменили многие ранее существовавшие представления о проявлениях жизни на Земле, способствовали резкому усилению и углублению биологических исследований, появлению новых идей, теоретических построек и создали возможность по-новому осмыслить давно известные факты, что в целом сильно продвинуло вперед наши знания о живом организме. Есть все основания надеяться, что не слишком далек тот день, когда будет много известно о самых сокровенных тайнах жизни и возникнет реальная возможность создания высокоэффективных способов повышения продуктивности сельскохозяйственных культур и животных, лечения и предупреждения многих наследственных и других жизнеопасных болезней (например, заболеваний сердечно-сосудистой системы, злокачественных опухолей) у людей, в чем глубоко убеждают нас уже сегодняшние успехи классической (скрещивание, отбор) и современной

селекции (радиационный и химический мутагенез) и медицины.

Немало сделано также по теоретической и прикладной биологии, селекции, семеноводству, агротехнике такой ценнейшей культуры, как хлопчатник, и по остальным научным и техническим проблемам хлопководства в целом. Благодаря правильному применению достижений хлопководческой науки, смежных отраслей естествознания (в первую очередь, химии), техники и передового опыта в практике земледелия, а также самоотверженному труду колхозников, рабочих совхозов из года в год нарастает производство хлопка, улучшается его качество. В настоящее время Советский Союз как по урожайности хлопчатника, так и общему валовому сбору хлопка-сырца занимает первое место в мире. Особенно громадные успехи были достигнуты в девятой пятилетке: несмотря на жестокое маловодье, среднегодовой валовой сбор хлопка-сырца составил 7,7 млн. т против 6,1 млн. т в 1966—1970 гг. В таком подъеме советского хлопководства исключительно большую роль сыграло внедрение в производство все новых, более урожайных, скороспелых вилтоустойчивых сортов отечественной селекции с волокном более высокой пробы. Достаточно вспомнить, что за годы Советской власти в хлопководстве было проведено пять сортосмен, каждая из которых сопровождалась значительным повышением урожайности хлопчатника и качества его волокна. Более того, последняя сортосмена, которая осуществилась в результате широкого внедрения вилтоустойчивых сортов «Ташкент-1, -2, -3», С-6029, С-6030 и других, резко затормозила нарастание вилтового заболевания хлопчатника и снизила его вредность, хотя далеко полностью не решила проблему борьбы с этим злом, наносившим ранее значительный ущерб хлопководству (потери урожая в отдельные годы составляли до 10—15% от валового сбора хлопка-сырца, заметно уменьшался выход волокна, ухудшались его технологические качества, снижалась масличность семян). Но, как показали наблюдения, в процессе культивирования новых сортов происходит появление и накопление форм возбудителей вилта, приспособленных к ним. В результате в производстве в последние годы имеет место поражение новых, в том числе сортов «Ташкент» вилтом, что требует частой их смены

и повсеместного внедрения севооборотов, которые, к сожалению, все еще медленно внедряются. Поэтому проблема борьбы с вилтом хлопчатника все еще остается очень острой и по ней сейчас работают многие научные коллективы и ученые высших учебных заведений. Наибольшее количество исследований проводится по селекции вилтоустойчивых сортов хлопчатника. В ряде научно-исследовательских учреждений путем привлечения в гибридизацию дикой разновидности хлопчатника *G. hirsutum* ssp. *mexicanum* или воздействия на нее радиоактивным фосфором, или отдаленной межсортовой и межвидовой гибридизации, или же отбора из существующих вилтоустойчивых сортов («Ташкент-1», АН-401 и др.) выведены и внедряются в практику новые, относительно невосприимчивые к вилту сорта и линии, которые по выходу и технологическим свойствам волокна и некоторым другим признакам превосходят стандарт.

Так, в Институте селекции и семеноводства хлопчатника им. Г. С. Зайцева МСХ СССР выведены средне- и тонковолокнистые сорта С-2602, С-2605, С-2606, С-4857, С-4861, С-6523, С-9062, «Кзыл-Рават» («Ташкент-1» — улучшенный), С-6035, С-6037, радиационный мутант № 7, из которых предпоследние три сейчас широко внедряются в производство.

В Андижанском филиале СоюзНИХИ выведены сорта 163-Ф, 164-Ф, 167-Ф, 171-Ф, 172-Ф, 173-Ф, 174-Ф 180-Ф и др. Ряд сортов и линий выведен на Термезской и Бухарской опытных станциях (Т-7, Т-9, «Бухара-1» и др.).

В Институте экспериментальной биологии растений АН УзССР выведены, проходят государственное испытание и находятся в предварительном размножении вилтоустойчивые сорта АН-Экспресс-2, АН-Узбекистан-3, «Ташкент-6», АН-505, вилтозасухоустойчивые радиационные сорта АН-402 (с естественным листопадом), АН-403, АН-405 (низкорослый), АН-407, АН-408, АН-Самарканд-2, АН-11 с волокном IV—V типов. В этом же институте получена и сейчас проходит конкурсное испытание серия других перспективных линий.

В Туркменском институте селекции и семеноводства тонковолокнистого хлопчатника (г. Иолотань) переданы на Государственное испытание сорта 9301-И, 9732-И, 9711-И, 9872-И и районирован сорт 9647-И. Несколько

перспективных сортов выведено в Таджикском научно-исследовательском институте земледелия (г. Душанбе), из которых районированы 6465-В и 6249-В.

В Азербайджанском научно-исследовательском институте хлопководства (АзНИХИ) также получены перспективные, устойчивые к местным расам гриба *Verticillium dahliae* сорта (3312-Юбилейный и др.).

Однако следует признать, что выводимые сорта хлопчатника не обладают комплексной устойчивостью к распространенным болезням (вилт, гоммоз, корневая гниль и т. д.), вредителям и неблагоприятным факторам внешней среды (похолодание, засуха, засоление и т. д.), выход и технологические свойства волокна не полностью отвечают требованиям промышленности или же по скороспелости и урожайности не удовлетворяют требованиям производства.

Вместе с тем потребность нашей промышленности в высококачественном хлопковом сырье с каждым годом растет. Решениями XXV съезда КПСС, XIX съезда КП Узбекистана и II Пленума (май 1976 г.) ЦК КП Узбекистана предусмотрено дальнейшее развитие хлопководства в республике и стране в целом. К 1980 г. производство хлопка-сырца в Советском Союзе достигнет 9 млн. т, а в Узбекистане — не менее 6 млн. т. Всего за десятое пятилетие в республике будет собрано около 28 млн. т хлопка-сырца, или на 25% больше, чем в предыдущем пятилетии. Но это не предел. В будущем, по мере развития промышленности, его производство в стране еще больше увеличится.

Поэтому жизнь ставит и будет ставить перед наукой все новые и более сложные задачи, требует дальнейшего подъема ее эффективности. Генеральный секретарь ЦК КПСС тов. Л. И. Брежнев на торжественном заседании, посвященном 250-летию Академии наук СССР (Москва, 7 октября 1975 г.), говорил: «Мы подошли сейчас к такому рубежу, когда во весь рост встал вопрос о генеральных направлениях дальнейшего технико-экономического развития, о выработке на длительный срок стратегии научно-технического прогресса». Он подчеркивал, что теперь «... важно иметь хорошо продуманную стратегию научного поиска, сконцентрировать силы и средства на решающих направлениях науки». XXV съезд нашей партии в своем историческом документе

«Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы» конкретно определил главные задачи различных наук, в том числе биологических и сельскохозяйственных, на ближайшее будущее.

В свете решений XXV съезда КПСС II Пленум ЦК КП Узбекистана четко указал на основные пути дальнейшего развития научно-исследовательских работ в республике, направленных на повышение эффективности и интенсивности хлопководства, и остро поставил вопрос быстрее внедрения достижений науки и передового опыта в производство («Совет Узбекистана», 12 мая 1976 г.). В постановлении Пленума и докладах первого секретаря ЦК КП Узбекистана тов. Ш. Р. Рашидова на этом форуме и годичном собрании Академии наук УзССР<sup>1</sup> отмечена целесообразность расширения изыскания по ирригации и мелиорации земель, рациональному использованию воды, удобрений и иных естественных ресурсов республики, разработке биологических методов борьбы с вредными насекомыми и способов охраны окружающей среды, по усовершенствованию механизации и агротехнических приемов возделывания и уборки урожая хлопка, по коренному улучшению семеноводства этой культуры. В них особо подчеркнута необходимость усиления научных исследований по генетике и другим фундаментальным вопросам биологии и селекции хлопчатника, по созданию скороспелых высокоурожайных комплексно устойчивых к болезням (в первую очередь, к вилту), вредителям и недостатку воды сортов с естественным листопадом, не требующих химической дефолиации, и с заданным качеством волокна, отвечающим современным требованиям промышленности (например, тонковолокнистых с I и II типом, а средневолокнистых с IV и V типом волокна).

В свете программных документов нашей партии в предлагаемой вниманию читателей книге сделана попытка осветить в очень лаконичной, популярной форме состояние и перспективы исследований по наиболее важным, с точки зрения автора, проблемам хлопководческой науки, причем в основном по биологии и селекции хлопчатника.

---

<sup>1</sup> «Совет Узбекистана», 30 апреля и 11 мая 1976 г.

В частности, в ней рассмотрено и найдено целесообразным разносторонне изучить, прежде всего, такие хозяйственно-ценные генетически, видимо, полифакториально детерминированные (обусловленные многими генами) физиологические свойства хлопкового растения, как скороспелость, холодостойкость, иммунитет к вилту, другим болезням и вредителям, засухоустойчивость, солеустойчивость и масличность семян, и показано, что, с одной стороны, между этими признаками, с другой — между ними и урожайностью, технологическим качеством и выходом волокна зачастую существуют сложные взаимосвязи, иногда и взаимообусловленность, хотя по всей вероятности многие из них контролируются разными (самостоятельными) генами или разной группой генов. Разорвать связи между некоторыми признаками или воплотить в одном организме только все положительные, нужные человеку, свойства путем внедрения их генов извне (например, методом гибридизации) нелегко без изменения урожая или технологических качеств волокна, как правило, в худшую сторону, но все же есть отдельные возможные пути преодоления этой трудности. Для этого, в первую очередь, необходимо установить генетическую природу, биохимические и биофизические параметры, филогенетические и молекулярные механизмы эволюции названных физиологических свойств хлопчатника, роль генома и обменных процессов в фенотипическом их проявлении в онтогенезе в зависимости от экологических факторов и условий выращивания растений, привлекая в эксперимент как можно больше разнообразия видов, форм и сортов рода *Gossypium*.

Для успешного развертывания теоретических (прежде всего, генетических) и прикладных исследований по преодолению отмеченной трудности в деле выведения сортов хлопчатника с заранее запрограммированными полезными свойствами, большую услугу могут оказать умелое применение в эксперименте методов искусственного мутагенеза (воздействие ионизирующей радиацией и другими физическими и химическими мутагенными факторами на растения на определенном этапе их онтогенеза) и особенно сочетание их с классическими способами селекции (скрещивание, отбор), а также создание генетической и морфологической коллекций по всем главным (в первую очередь по упомянутым выше) коли-

ественным и качественным биологическим и хозяйственным признакам у различных диких, полудиких и культивируемых видов, форм и индуцированных мутантов этой культуры. В этом отношении всяческого одобрения заслуживают работы по созданию генетической коллекции волосяного покрова семян (подпушка и волокна на их поверхности), сбору и инвентаризации разнообразных радиационных и химических мутантов хлопчатника, проводимые в последние годы в проблемной лаборатории по частной генетике ТашГУ им. В. И. Ленина (Дж. Мусаев и др., 1971, 1972), лаборатории радиобиологии Института экспериментальной биологии растений АН УзССР (Назирова и др., 1970, 1975, 1976), Туркменском НИИССТХ (Фурсов и др., 1975) и других учреждениях.

В работе показано, что под влиянием местообитания возбудители болезней, например вертициллезного вилта, различные вредные насекомые путем мутации и физиологической адаптации постоянно изменяются, появляются новые, более агрессивные расы паразитов с неодинаковой способностью поражать тот или иной сорт хлопчатника и более устойчивые к ядохимикатам формы вредителей. Поэтому необходимо исследовать генетику, биохимию возбудителей болезней и вредных насекомых, выяснить механизмы их адаптации к хозяину-растению и биоэкологические взаимоотношения между различными микро- и макроорганизмами; селекцию хлопчатника на вилтоустойчивость надо вести непрерывно с учетом специализации патогена и провести своевременную сорто-смену. Среди диких и культивируемых форм хлопчатника нужно усилить поиски доноров генов скороспелости и устойчивости к различным расам возбудителей болезней (вилт, гоммоз, корневая гниль, макроспориоз и т. д.), вредителям и неблагоприятным факторам внешней среды (заморозки, засуха, засоление и др.) и шире использовать их для создания комплексно устойчивых скороспелых сортов, обладающих высоким качеством волокна, с применением более сложной гибридизации, радиационного и химического мутагенеза (особенно метода инкорпорирования радиоактивных элементов, например фосфора —  $P^{32}$ , на определенном этапе развития растений).

Наряду с этим в книге приведено достаточно много

экспериментальных данных и убедительных аргументов о вредном действии различных пестицидов на окружающую среду, особенно при нарушении правил их применения в сельском хозяйстве. В этой связи возникает неотложная задача разработать биологические, биохимические, безвредные для окружающей среды физические и интегрированные химические методы борьбы с основными болезнями, вредителями, сорняками и способы предуборочного удаления листьев хлопчатника. В работе описаны факты возможности создания сортов с естественным листопадом; много внимания уделено рациональному использованию ядовитых веществ, поливной воды, минеральных удобрений (особенно азота), изысканию приемов повышения их эффективности и реутилизации почвенных фосфатов, сохранения и улучшения плодородия полей, мер по охране природы от пагубного воздействия неразумного использования химических средств в хлопководстве. В ней определенное место отведено также развитию механизации возделывания хлопчатника и биологической мелиорации засоленных земель, отмечена актуальность выведения засухоустойчивых сортов и разработки способов оптимизации, автоматизации и повышения эффективности вегетационных поливов, быстрых, простых методов диагностики потребности хлопчатника в воде; специально рассмотрена густота стояния растений, причем в связи с плодородием полей, так как в последнее время наблюдается тенденция к резкому увеличению нагрузки растений на единицу посевной площади без всестороннего изучения этого давнишнего, но пока еще во многом спорного вопроса.

Как известно, хлопковое масло, как и волокно, имеет большое народнохозяйственное значение. Однако проблеме масличности семян хлопчатника уделяется еще мало внимания. Поэтому следует уделить очень серьезное внимание этой важной проблеме.

Успехи ядерной физики дали экспериментаторам мощные, удобные в использовании источники излучений высокой энергии, имитирующие биологическое действие естественной радиации, и создали возможность изучить влияние этого физического фактора среды на все живые системы на различных уровнях их организации. Это помогает в свою очередь вскрыть сокровенные тайны

жизни, особенно в познании структуры и функции генетического аппарата (например, макромолекулярного строения хромосом, их связи с другими клеточными органолами, их изменений в процессе клеточного деления и т. д.) и роли радиации в эволюции органического мира на Земле, в том числе и высших растений, а также открывает широкие горизонты для использования достижений радиационно-генетических исследований в селекции полезных микроорганизмов (продуцентов антибиотиков, витаминов, ферментов и аминокислот) и сельскохозяйственных культур. Свидетельством последнему могут служить ценные сорта и линии хлопчатника, выведенные в Институте экспериментальной биологии растений АН УзССР путем воздействия радиофосфором на одну из диких форм (*G. hirsutum* ssp. *mexicanum*) и многолетнего отбора, часть которых (АН-402, АН-403, АН-405, АН-407, АН-408) сейчас испытывается по линии Госсортсети и размножается в некоторых хозяйствах Узбекской и Киргизской ССР.

Однако, несмотря на очевидную перспективность использования ионизирующей радиации в генетических и селекционных работах в сочетании с другими экспериментальными методами (гибридизация, цитогенетический анализ, отбор и т. д.), этот способ воздействия на растительный организм, к сожалению, до сих пор не нашел еще широкого применения на хлопчатнике, что объясняется, видимо, незаслуженной боязнью работать с источниками излучения. Это не имеет основания. Следует как можно шире применять облучение (особенно внутреннее воздействие радионуклидами) в генетических и селекционных исследованиях с хлопчатником. Давно настало время также параллельно усилить радиобиологические исследования, причем направленные, прежде всего, на разработку методов получения радиационного изменения лишь отдельных «отрицательных» свойств или группы признаков растения, не затрагивая других его ценных качеств (т. е. направленной мутации). Это направление перспективно еще потому, что методы современной молекулярной генетики и геномной инженерии для эукариотов, к которым относится и хлопчатник, применимы пока очень ограниченно.

Известно, что такое хозяйственно-ценное биологическое явление, как гетерозис, является важнейшим резер-

вом повышения скороспелости, урожайности и устойчивости хлопчатника к болезням (вилту и др.) и неблагоприятным факторам внешней среды, но природа его по сей день во многом остается загадочной и поэтому он у нас не применяется в практике. Вместе с тем накопленные наукой факты указывают на реальные возможные пути и перспективность использования гетерозиса в хлопководстве. Для этого нужны еще глубокие фундаментальные и широкие прикладные исследования в данном направлении. Кроме гетерозиса, в семеноводстве хлопчатника имеется и ряд других резервов, мало используемых или вовсе не используемых в настоящее время. Правильная и полная реализация имеющихся резервов и устранение допускаемых в производстве недочетов резко улучшило бы семеноводство хлопчатника. Огромное значение имеют также научные исследования, направленные на изыскание новых способов повышения качества семян и сохранения ценных свойств возделываемых сортов хлопчатника на долгие годы, на обеспечение специализации и концентрации производства семян первых трех репродукций и способствующие ускорению перевода семеноводства на промышленную основу с учетом межхозяйственной кооперации.

Завершая данный труд, следует еще раз отметить, что все затронутые в нем проблемы тесно взаимосвязаны и поэтому целесообразно решать их комплексно, поэтапно, шаг за шагом, все более углубляя и расширяя исследования, и сосредоточив на их изучении внимание различных специалистов (генетиков, биохимиков, молекулярных биологов, радиобиологов, физиологов, биофизиков, цитологов, эмбриологов, систематиков, селекционеров, семеноводов, агрономов, агрохимиков, микробиологов, мелнораторов, химиков, физиков, инженеров, механиков, математиков, экономистов и др.). Без союза различных наук и техники, особенно генетики, молекулярной биологии, радиобиологии, биохимии, физиологии, селекции и семеноводства, невозможно успешное развитие исследований по указанным проблемам, которые направлены на решение главной задачи — увеличение производства дешевого высококачественного хлопка и масла в стране.

---

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение . . . . .	7
Особенности развития современной биологии и уникальный микромир живых существ . . . . .	7
Основные отличительные черты современной науки о жизни . . . . .	9
Главные достижения биологии и ее перспективы . . . . .	34
Хлопчатник, его систематика, происхождение и эволюция . . . . .	34
Народнохозяйственное значение хлопчатника . . . . .	36
К истории культивирования хлопкового растения . . . . .	39
Классификация хлопчатника . . . . .	43
Происхождение и эволюция хлопчатника . . . . .	52
Некоторые важнейшие проблемы хлопководческой науки . . . . .	52
Скороспелость и холодостойкость хлопчатника . . . . .	66
Вилт хлопчатника . . . . .	99
Корневая гниль, гоммоз и другие болезни и вредители хлопчатника . . . . .	124
Механизация возделывания, уборки урожая и защита хлопчатника от сорной растительности . . . . .	138
Оптимизация вегетационных поливов и засухоустойчи- вость хлопчатника . . . . .	157
Мелиорация засоленных земель и солеустойчивость хлоп- чатника . . . . .	175
Минеральное питание хлопчатника . . . . .	200
Плодородие почвы и густота стояния хлопчатника . . . . .	212
Масличность семян хлопчатника . . . . .	228
Радиобиология хлопчатника . . . . .	250
Гетерозис и некоторые вопросы семеноводства хлопчат- ника . . . . .	265
Закключение . . . . .	265

*Набиджан Назирович Назиров*

### НАУКА И ХЛОПОК

Редактор В. Колегова  
Художник М. Калинин  
Художественный редактор А. Сабиназаров  
Техн. редактор С. Сабирова  
Корректор М. Вяткина

ИБ № 55

Сдано в набор 19/IV-1977 г. Подписано в печать 30/XI-1977 г. Формат бумаги 84×108<sup>1/32</sup> № 1. Печ. л. 8.625. Усл. печ. л. 14.49. Уч.-изд. л. 14.97. Тираж 3000. P01784. Издательство «Узбекистан», Ташкент, Навои, 30. Договор № 396-76.

Набрано и отпечатано в типографии № 1 Госкомитета Совета Министров УзССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. Ташкент, ул. Хамзы, 21. Заказ № 318. Цена 1 р. 20 к.

