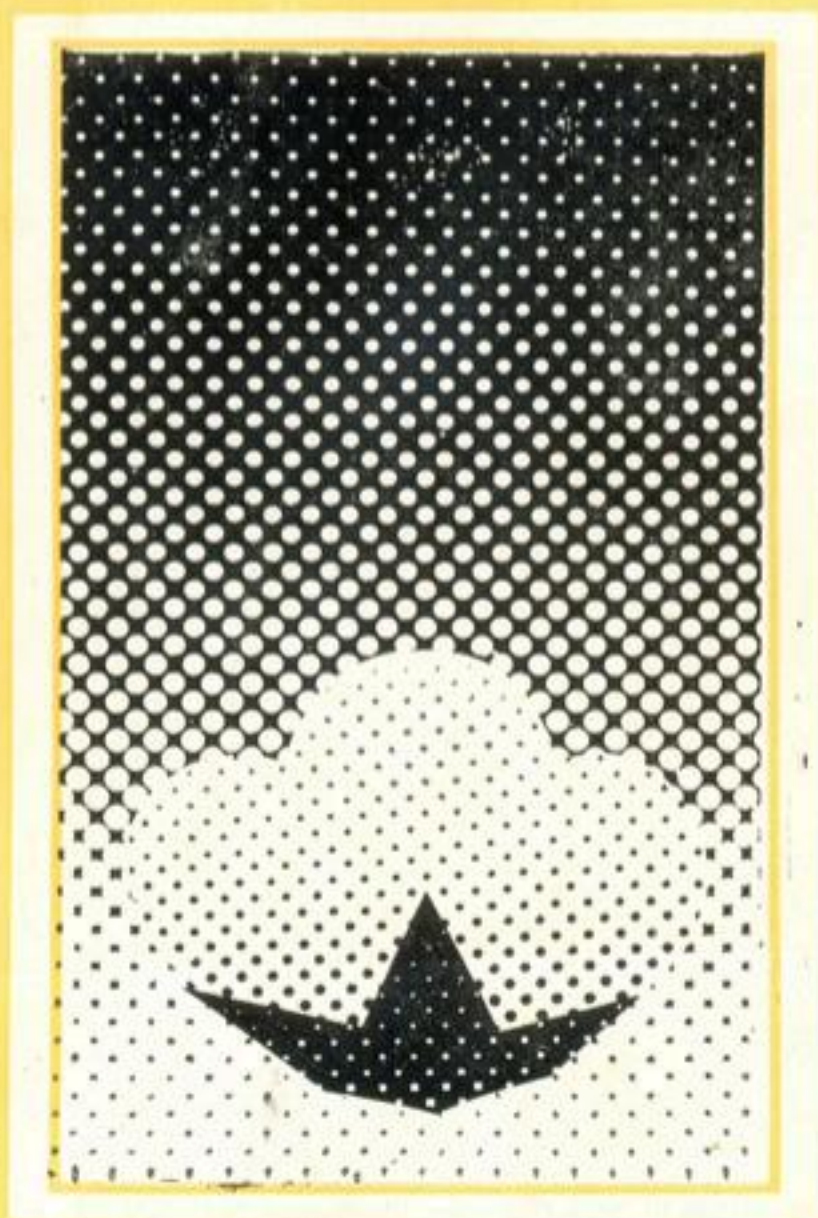


К. М. МИРЗАМБЕТОВ

АДАПТАЦИЯ ХЛОПЧАТНИКА К ЗАСУХЕ

**(в условиях
Каракалпакии)**



АКАДЕМИЯ НАУК УЗБЕКСКОЙ ССР
КОМПЛЕКСНЫЙ ИНСТИТУТ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
КК ФАН УзССР

К. М. МИРЗАМБЕТОВ

АДАПТАЦИЯ
ХЛОПЧАТНИКА
К ЗАСУХЕ

(В УСЛОВИЯХ КАРАКАЛПАКИИ)

ТАШКЕНТ
ИЗДАТЕЛЬСТВО «ФАН» УЗБЕКСКОЙ ССР
1990

УДК 581.132

Мирзамбетов К. М. Адаптация хлопчатника к засухе (в условиях Каракалпакки). Ташкент: Фан, 1990. 152 с.

В монографии приведены результаты полевых и вегетационных опытов по закаливанию хлопчатника при различных схемах полива. Изучены основные физиологические показатели, характеризующие засухоустойчивость этой культуры, выяснен механизм адаптации некоторых сортов хлопчатника к засухе. Отработана эффективная технология закаливания хлопчатника при различных схемах полива.

Для физиологов, экологов, биологов, специалистов сельского хозяйства и студентов соответствующих вузов.

Ил.— 5, табл.— 44, библ.— 397 назв.

Ответственный редактор
доктор биологических наук А. БАХИЕВ

Рецензенты:
доктор биологических наук И. Н. КОНОВАЛОВ,
кандидат биологических наук И. К. ВОЛОДЬКО,
кандидат сельскохозяйственных наук У. Т. ТУРЕМУРАТОВ

М 3704030000—334
М355(04)—90 167—90

ISBN 5—648—00221—1

© Издательство «Фан» УзССР, 1990 г.

ВВЕДЕНИЕ

В двенадцатой пятилетке в среднеазиатских республиках хлопководство будет развиваться как основное звено агропромышленного комплекса. В республиках Средней Азии производилось и планируется производить хлопка-сырца более 90% от заготовок по всей стране. Однако уровень себестоимости 1 ц хлопка-сырца в совхозах и колхозах Средней Азии еще очень высокий, достигает иногда 90 руб. Хлопок — влаголюбивое растение, возделывается на орошаемых землях, а к настоящему времени ощущается острый недостаток воды в этих районах. К тому же Средняя Азия — край с чрезвычайно жарким и сухим летом, на большей ее части выпадает незначительное количество осадков, наблюдаются большие амплитуды годовых и суточных температур, низкая относительная влажность, почвы в большей части засоленные.

В то же время, для получения высоких урожаев хлопчатника и других сельскохозяйственных культур при использовании существующих сортов растений требуется интенсивное орошение. Это заставляет, во-первых, экономно и рационально использовать оросительные воды, сокращать потери в оросительных сетях и на полях, а во-вторых, использовать наиболее засухоустойчивые сорта растений.

В экономном расходовании воды исключительно важную роль играет агротехника, применяемая в течение вегетационного периода, особенно в маловодные годы. Трудящиеся сельского хозяйства уже накопили значительный опыт в этом отношении. Например, при возделывании хлопчатника в междурядья вносятся удобрения в виде мульчи (смесь навоза и почвы), благодаря чему снижаются потери воды за счет испарения с поверхности почвы. Это позволяет увеличить период между поливами на 4—5 дней. Важное значение имеет борьба с сорной растительностью, так как на среднезасоренных полях сорняки забирают до 600—800 м³ воды с 1 га. Равномерное распределение растений на полях и оптимальная густота стояния также способствуют, особенно в маловодные годы, предохранению почвы от чрезмерного испарения влаги с поверхности.

Однако одними агротехническими мероприятиями невозможно решить проблему повышения урожайности хлопчатника при прогрессирующем недостатке воды для орошения. Необходимо создание новых засухоустойчивых сортов хлопчатника.

При недостатке воды в почве корневая система не всегда может покрыть расход воды растением на транспирацию и другие физиологические процессы. В этом случае испарение осуществляется частично за счет воды, имеющейся в клетках. В результате уровень насыщенности клеток водой может упасть ниже эволюционно выработанного предела колебаний, что приводит к разрыву структурированной воды с другими элементами протоплазмы и нарушению целостности системы, а это, в свою очередь, приведет к сильному изменению обмена веществ во всем организме. При продолжительном и глубоком дефиците воды в организме растения произойдут необратимые структурные и метаболические нарушения в клетках, что может привести к гибели растений или резкому снижению урожайности на полях.

Один из важных методов получения высоких урожаев при недостатке воды для орошения полей — закаливание растений. Еще академик П. А. Максимов (1916) писал о возможности адаптации растений к засушливым условиям. Он показал, что засухоустойчивость растений обусловлена способностью их переносить сравнительно длительное завядание при острой нехватке воды в почве и атмосфере. Работы в этом направлении были продолжены И. И. Тумановым (1929), который исследовал устойчивость различных растений в условиях засухи. В одной из работ И. А. Генкеля (1946) показано, что для выживания как дикорастущих, так и сельскохозяйственных растений в условиях засухи важное значение имеют свойства протоплазмы, а именно — вязкость и эластичность. Разработанный им метод предпосевного закаливания семян, способствующий повышению жаро- и засухоустойчивости растений, актуален и в настоящее время. По данным Ю. Е. Новицкой (1956), М. Я. Школьника и Н. А. Макаровой (1967), действие закаливания может быть значительно усилено при обработке растений растворами солей микроэлементов. Положительно влияет на засухоустойчивость растений также фосфорная подкормка (Гусев, 1959). В. Ф. Альтерготт, С. С. Мордочкович (1976) предложили метод ступенчатого закаливания растений начиная с проростков, так как в молодом возрасте растения более устойчивы к перегреву.

Методы закаливания растений широко применяются в производственной практике для получения высоких урожаев зерновых, овощных и плодовых культур (Генкель, 1946, 1982), однако для хлопчатника такие методы пока не разработаны.

Метод закаливания можно использовать и для других целей, а именно, для целей выбора наиболее засухоустойчивых мутантов используемого сорта хлопчатника. Наиболее засухоустойчивыми мутантами будут те, которые обладают мелкоклеточностью, более

узкими капиллярами и имеют большее относительное количество связанной, структурной воды и т. д. Именно отбор в нескольких поколениях тех растений, которые выстояли при сравнительно большом недостатке воды и повышенных температурах и, кроме того, принесли достаточно большой урожай, позволяет выделить засухоустойчивые мутанты и получить модифицированный засухоустойчивый сорт хлопчатника.

В связи с изложенным выше мы предприняли попытки разработать эффективные методы закаливания хлопчатника для повышения засухоустойчивости растений, а также выделить модификации используемых сортов хлопчатника с повышенной засухоустойчивостью.

Опытные работы проводились в полевых условиях и состояли из трех этапов.

1. Разработка методов закаливания растений в онтогенезе путем подбора различных схем полива и агротехнических мероприятий, обеспечивающих развитие растений при различной степени недостатка воды.

2. Отбор наиболее урожайных растений при недостатке воды в почве.

3. Повторное закаливание семенного потомства отобранных растений и последующий отбор наиболее урожайных уже в следующих поколениях.

Такое последовательное и параллельное проведение закаливания и отбора позволило, с одной стороны, подобрать наиболее эффективные приемы закаливания хлопчатника в онтогенезе, с другой — создать генетически модифицированную разновидность сорта, наиболее устойчивую к почвенной засухе.

В процессе работы по повышению засухоустойчивости хлопчатника при различных режимах полива представлялось важным выяснить особенности водного и углеводного обмена растений, изучить динамику их роста, развития, а также урожайности и засухоустойчивости растений разных по скороспелости сортов.

Опыты по закаливанию проводили в нескольких вариантах: в контроле орошение проводилось по двум схемам: I — один полив в фазе бутонизации, два полива — в фазе цветения, два полива — в фазе плодообразования (1—2—2); II — один полив в фазе бутонизации, один полив в фазе цветения, один полив в фазе плодообразования (1—1—1).

Экспериментальные варианты полива осуществляли по четырем схемам: 2—0—0, 0—2—0, 0—0—2, 0—0—0 (без полива).

Полевые опыты по закаливанию растений проводили в 6 вариантах I—1—2—2; II—1—1—1; III—2—0—0; IV—0—2—0; V—0—0—1; VI—0—0—0. Цифры указывают на число поливов в фазах бутонизации, цветения, плодоношения соответственно.

Первые два варианта обеспечивали оптимальные условия развития растений и служили контрольными по отношению к другим вариантам опыта.

ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ КАРАКАЛПАКСКОЙ ССР

КК АССР входит в состав УзССР и расположена в северо-западной части Средней Азии. На северо-западе ее находится пустыня Кызылкум, на юго-западе — Каракумы, восточную часть занимает плато Устюрт, южную — Аральское море и дельта р. Амударьи. На севере и северо-востоке республика граничит с Казахской ССР, на востоке и юго-востоке — с Бухарской и Хорезмской областями УзССР, на юге и юго-западе — с Туркменской ССР.

Общая площадь Каракалпакской АССР 165,6 тыс. км², или более 37% территории Узбекистана. Большая часть территории республики (86%) представлена пустыней Кызылкум и плато Устюрт, и только 14% земель относятся к современной дельте р. Амударьи, где имеются невысокие останцовые возвышенности Кускенатау, Крантау, Кызылжар, Порлытау, занимающие незначительные площади и образованные наносами р. Амударьи. Территория современной дельты Амударьи в основном пригодна для возделывания хлопчатника, риса, кормовых культур при орошении.

Территория республики имеет общий уклон на северо-запад. Абсолютные высоты на юге достигают 100 м над ур. м., на севере, ближе к Аральскому морю — 40—60 м.

Один из основных факторов развития сельского хозяйства в республике — правильный учет природных особенностей. В республике различаются три зоны орошения: южная, северная и приморская.

Орошаемая территория общей площадью более 1,6 млн га расположена вдоль р. Амударьи (от Тюямуяна до нижней части действующей дельты реки). К южной зоне относятся Амударьинский, Бегунийский, Елликалинский и Турткульский районы, к северной — Тахтакупырский, Чимбайский, Кегелинский, Ходейлинский, Шуманский, Ленинабадский, Кунградский, Нукусский, Бозатауский районы, а также г. Нукус — столица автономной республики, к приморской — нижняя дельта р. Амударьи и южная часть приморской полосы (Муйнакский район).

Зоны различаются по климатическим особенностям и культуре земледелия. Южная зона характеризуется наиболее благоприят-

ными природными условиями для возделывания хлопчатника и других сельскохозяйственных культур, лучшим использованием земельных ресурсов и более развитой культурой земледелия. Северная зона отличается более суровым климатом, чем южная, коротким безморозным периодом и меньшей суммой эффективных температур, является также одной из перспективных для сельскохозяйственного освоения территорий республики, занимает площадь 1,6 млн га. В настоящее время под посевы здесь обрабатывается около 0,5 тыс. га. Приморская зона занимает площадь около 600 тыс. га, в сельском хозяйстве республики играет незначительную роль. Природные условия ее близки к условиям северной зоны. В связи со снижением уровня Аральского моря в последние годы из-под воды высвобождаются обширные территории. Это необходимо учитывать при совершенствовании сельскохозяйственного производства в данном регионе.

Климат Каракалпакии формируется под влиянием двух основных факторов: солнечной радиации и воздушной циркуляции. Главная особенность радиационных процессов — преобладание прямой солнечной радиации в течение теплого периода года, что приводит к сильному перегреву почвы. Территория Каракалпакии находится в области влияния воздушных масс: в холодное полугодие — континентального воздуха, поступающего из умеренных широт, в теплое — континентального субтропического и тропического воздуха, поступающего из пустынь Центральной Азии. Эти особенности делают климат Каракалпакии резко континентальным с жарким засушливым летом и морозной зимой (табл. 1). Продолжительность морозного периода в Турткуле — 81 день, в Нукусе — 97 дней, в Кунграде — 100 дней. Амплитуда колебаний абсолютной температуры между двумя полугодиями достигает 76°C (в июле до +44, в январе до -32°C).

Действие высоких температур и сухость воздуха, характерные для окружающих пустынь, на территории орошаемых зон смягчаются под влиянием густой сети оросительных каналов, повышенной увлажненности почвы и густого растительного покрова.

По многолетним данным Гидрометслужбы Каракалпакской АССР, средняя месячная температура воздуха в январе в Нукусе равна -7,1°C, в Турткуле -6,1°C, в Чимбае -8,0°C.

В различных районах республики среднемесячные и годовые температуры воздуха варьируют в значительных пределах. Резкие суточные колебания температуры наблюдаются весной и осенью. С начала марта температура воздуха быстро нарастает и устойчиво переходит через +5° на юге 14—20.03, на севере — 19—20.03.

Продолжительность безморозного периода на юге составляет 207—214 дней с суммой эффективных температур 4500°, на севере — 193—195 с суммой эффективных температур 4008—4010°. Начало осенних заморозков в Турткуле отмечается около 25.10, в Нукусе — около 18.10, в Чимбае — 20.10; начало весенних замо-

розков — соответственно 29.03, 04.04 и 06.04. В южной зоне погодные условия благоприятствуют выращиванию хлопчатника и ежегодно обеспечивают созревание коробочек среднеспелых сортов хлопчатника до наступления осенних заморозков. В северной зоне созревают только скороспелые сорта хлопчатника.

Количество выпадающих в течение года осадков незначительно. Основная их масса приходится на зимне-весенний период. Для всходов хлопчатника запасы почвенной влаги весной недостаточны, поэтому в последние годы применяются зимние поливы, а также предпосевные или осенние.

Таблица 1

Температура, относительная влажность воздуха и количество осадков по месяцам (среднее за 1974—1979 гг.)

Месяц	Температура воздуха, °C			Относительная влажность воздуха, %		Кол-во осадков, мм		
	Нукус	Турткуль	Чимбай	Нукус	Чимбай	Нукус	Турткуль	Чимбай
Январь	-7,1	-6,1	-8,0	81,2	77,2	10,9	7,5	6,7
Февраль	-6,7	-4,4	-5,0	74,5	71,2	7,9	12	11,7
Март	4,7	5,7	2,4	65,0	64,5	9,1	9,0	12,12
Апрель	15,3	14,8	15,0	50,2	52,5	8,4	20,5	8,6
Май	22,4	22,1	21,7	42,0	41,5	1,3	12,7	0,7
Июнь	27,6	27,2	25,7	39,5	41,6	5,7	2,3	3,5
Июль	29,0	29,0	27,1	42,5	45,7	0,5	1,2	0,5
Август	26,0	26,1	24,1	36,0	49,0	1,4	0,7	1,1
Сентябрь	9,8	11,7	8,3	57,2	60,0	6,2	7,2	1,6
Октябрь	9,8	11,7	8,3	57,2	60,0	6,2	7,2	1,6
Ноябрь	3,3	4,3	2,4	68,7	66,7	2,5	3,5	1,3
Декабрь	-3,7	-1,8	-4,9	77,0	72,0	6,6	11,6	4,9
В среднем за год	11,7	12,4	10,6	57,8	57,9	61,4	89,7	54,2

Влажность воздуха низкая, особенно в летний период. В июле—августе относительная влажность воздуха колеблется от 24% на юге до 28—30% на севере республики. Отличительная особенность климата Каракалпакии — незначительная облачность (количество ясных дней в Турткуле — 167, в Чимбае — 135). В течение всего года преобладают северо-восточные ветры. Скорость ветра обычно усиливается в дневные часы. Суховейных дней в году в среднем 31.

Почвы Каракалпакии дельтово-аллювиальные, образованные наносами р. Амударьи. Мощность аллювиальных отложений колеблется от 1—2 до нескольких десятков метров. В уплотненной части пойменно-аллювиальной равнины развиты почвы с глубиной залегания грунтовых вод от 0—1 до 3—5 м. Для атмосферной зоны характерны почвы, недавно вышедшие из-под грунтового увлажнения. В переходных зонах глубина залегания грунтовых вод составляет от 3—6 до 10 м, местами до 15—20 м и более.

Почвы Каракалпакии относятся в основном к лугово-пойменно-аллювиальным, луговым, лугово-такырным, солончакам и серо-бурым. Лугово-пойменно-аллювиальные почвы занимают всю территорию современной дельты р. Амударьи, так называемую «живую дельту», общей площадью около 600 тыс. км². По структуре они варьируют от супесчаных до суглинистых, со слоистыми мелкозернистыми отложениями различного механического состава. Эти почвы распространены в условиях умеренного увлажнения, поддерживаемого пресными грунтовыми, а также паводковыми водами. В связи с понижением уровня Аральского моря здесь высыхают заливы моря и озера. Освобождающаяся из-под воды территория используется для выпаса скота, заготовки кормов, топлива и строительного материала. Здесь могут быть организованы крупные рисоводческие и животноводческие хозяйства.

Луговые почвы характеризуются малой гумусностью, нуждаются во внесении большого количества органических и минеральных удобрений. Для них характерна разная степень засоленности. По механическому составу это глинистые, суглинистые, а местами песчаные и супесчаные почвы. Грунтовые воды в зависимости от рельефа залегают на глубине 1—4 м. Луговым почвам свойственна высокая минерализация (15—30 г/л), поэтому здесь требуется строительство коллекторно-дренажной сети.

Лугово-такырные почвы являются слабо и среднеминерализованными, грунтовые воды залегают здесь на глубине 4—6 м. По содержанию питательных веществ близки к луговым почвам, слабо обеспечены подвижным фосфором.

Солончаки развиты на аллювиальных почвах в низовьях Амударьи. Различают типичные, луговые, болотные и остаточные солончаки. Их планируется использовать под посевы сельскохозяйственных культур. Подземные воды здесь сильно минерализованы, количество солей в верхнем горизонте колеблется от 5 до 15%, иногда до 30—40%.

Серо-бурые почвы развиты на древних осадочных морских породах плато Устюрт и в Кызылкуме, а также на небольших возвышенных участках и дельтово-аллювиальных равнинах Крантау, Порлытау, Кусканатау, Кызылджар, Чилпик и др. Эти почвы в настоящее время мало пригодны для орошаемого земледелия.

ВОДНЫЙ ОБМЕН В РАСТЕНИЯХ ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ (ДЕФИЦИТ ВОДЫ И ПОВЫШЕННЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ)

ВОДНЫЙ ОБМЕН И СОДЕРЖАНИЕ ВОДЫ В РАСТЕНИЯХ

Для разработки эффективных методов повышения засухоустойчивости растений необходимо глубокое изучение состояния и содержания воды в растениях, определяющих их способность выносить обезвоживание в результате действия почвенной и атмосферной засухи. О значении воды в жизни растений имеется ряд фундаментальных работ (Максимов, 1926, 1941, 1952; Алексеев, 1937, 1948, 1963, 1971; Сисакин, 1940; Генкель, 1946, 1956, 1960, 1978; Сказкин, 1951, 1963; Шардаков, 1953, 1959, 1960; Гусев, 1959, 1966, 1968, 1969, 1978; Петин, 1959, 1963, 1966, 1968, 1969, 1971, 1980; Сулейманов, 1963; Рахманов, 1963, 1973, 1975, 1978; Самнев, 1963, 1979; Рыжов, 1974; Назиров, 1977; и др.).

Водный обмен — один из основных факторов, обуславливающих активность физиологических процессов растений, так как жизненные отправления могут протекать нормально только при оптимальном снабжении растений водой.

По современным представлениям, вода не является только средой, заполняющей промежутки между макромолекулами высокомолекулярных компонентов протоплазмы, она с ними взаимодействует, образуя единую систему с упорядоченной структурой и регулярным электромагнитным полем (Самойлов, 1957; Гизе, 1958; Буланкин, 1959; Алексеев, 1963, 1969; и др.). Структурообразующая роль воды в протоплазме состоит в том, что морфологические изменения глобулярных белков возможны только в присутствии воды.

В последнее время появились работы, показывающие состояние воды в клетке (Самойлов, 1946, 1957, 1969; Привалов, 1958; Пасынский, 1959; Тринчер, 1964; и др.). Согласно О. Я. Самойлову (1957), вода находится в двух состояниях: часть молекул воды составляет каркас структуры воды, имеющий характер решетки, другая часть молекул заполняет полость каркаса. Молекулы воды, входящие в состав каркаса, соединены между собой водородными связями и поэтому малоподвижны. Под связыванием воды понимается снижение подвижности и активности воды, обусловленное

повышением структурированности воды и цитоплазмы в целом (Пасынский, Черняк, 1959). Структура воды стабилизируется вследствие заполнения пустот в решетке и ограничения подвижности молекул.

Структурированность воды в значительной степени зависит от температуры. Макромолекула белка изменяет свою структуру и свойства под влиянием самой молекулы воды, и наоборот, состояние воды изменяется под влиянием белковой молекулы (Самойлов, 1969).

Общее содержание воды в растительных клетках составляет 75—85% сырой массы, из них на долю вакуоли приходится 30% общего запаса воды, остальная часть находится в протоплазме и клеточной оболочке (Алексеев, 1948). Количество воды значительно выше, чем количество компонентов протоплазмы (Алексеев, 1969). Содержание воды изменяется как в течение вегетации, так и в течение суток (Максимов, 1917; Максимов, Красносельская-Максимова, 1917—1923; Сказкин, 1938; и др.).

Вода играет роль растворителя. Она является не только средой, в которой совершается обмен и передвижение веществ (Алексеев, 1941; Петин, 1959; Сент-Дьерди, 1960), но и частью живой материи (Тринчер, 1966).

Вода связывает растения с атмосферой и почвой, создавая единство организма с условиями среды (Рубин, 1954, 1961). Влияет на направленность ферментативного и других физиологических процессов (Алексеев, 1948, 1954; Алексеев, Гусев, 1957; Сисакин, 1940, 1954; Петин, 1959), определяя особенности развития, интенсивность фотосинтеза, дыхания, роста и других жизненных отклонений растительного организма.

О. К. Фортунатов (1928) установил, что главным фактором изменчивости роста растений является не плодородие почвы, не длина дня и не температура, а количество осадков, выпадающих за вегетационный период. Вода участвует в передаче энергии, обеспечивает ее обмен. Она служит строительным материалом для образования различных соединений (Максимов, 1926, 1952; Алексеев, 1948, 1963, 1966, 1968, 1969, 1970; Сабинин, 1955; Гусев, 1959, 1966; Петин, 1959, 1969, 1970; Сулейменов, 1964; Привалов, 1968). Нормальные физиологические процессы растений возможны лишь при достаточном водоснабжении (Максимов, 1952).

В орошаемом земледелии одним из важных вопросов является изучение отношения сельскохозяйственных культур к почвенной влаге. Все культуры орошаемого земледелия — мезофиты. Во все периоды своей жизни они нуждаются в достаточном водоснабжении. Недостаток воды в любой фазе развития задерживает как рост растения в целом, так и рост формирующихся органов (Максимов, 1939; Алексеев, 1948; Сказкин, 1955). Среди мезофитов хлопчатник наиболее требователен к почвенной влаге, высокий урожай можно получить только при планомерном поливе.

Вода играет важную роль в минеральном питании растений:

питательные вещества доступны только при наличии воды в почве. Удобрения при недостаточном содержании воды в почве приводят, как известно, к увеличению осмотического давления почвенного раствора, тем самым снижается их доступность растениям. Внесение азотных, фосфорных и других удобрений эффективно тогда, когда в почве содержится оптимальное количество воды (Шредер, 1913).

Для получения высоких урожаев и повышенной белковости зерна сочетают внесение удобрений с орошением (Петин, 1936). Результаты исследования зависимости минерального питания от водного режима хлопчатника показали, что для хлопчатника удобрения доступны только при высокой влажности почвы (Абутилы-бов, Рыжов, 1965). Повышение концентрации и осмотического давления питательного раствора приводит к снижению активности воды в корнях, в результате нарушаются ростовые процессы и снижается продуктивность хлопчатника (Попова, 1963). Внесение азота и фосфора в ранние фазы развития хлопчатника при высокой влажности способствует увеличению общего содержания воды в листьях растений (Петин, Самиев, 1958; Рахимов, 1963).

Органические вещества в хлопчатнике составляют 90—95% сухой массы. Для создания и построения различных органов используется всего 1—2% общего количества затрачиваемой воды. Остальная часть расходуется растениями на транспирацию, благодаря чему облегчается поступление и передвижение питательных веществ по растению.

Среди технических культур хлопчатник наиболее влаголюбивое растение. Общее содержание воды в растениях хлопчатника колеблется в пределах 80—90% на сырую массу. В вакуолях содержится от 25 до 37% общего запаса воды, остальное количество находится в протоплазме и оболочке клетки.

Общее содержание воды в хлопчатнике по мере вегетации растений меняется: оно возрастает начиная с 3—4-го листа до цветения и плодообразования, затем снижается. Изменение происходит и в течение дня (Портянко, 1952). В период максимальной транспирации, после полуденных часов, содержание воды сильно снижается в отдельных тканях, главным образом в листьях, расположенных на ветвях с большим количеством плодоносящих органов.

Исследования разделения воды на фракции представляют большой интерес с точки зрения изучения физиологии водного обмена. Вода, находящаяся в свободном или связанном состоянии, имеет различное значение в жизни растений (Максимов, 1926, 1952; Алексеев, 1948, 1950, 1963, 1968, 1969, 1971; Алексеев, Гусев, 1957; Петин, 1959, 1963, 1969, 1971; Гусев, 1966, 1969, 1971; и др.). Известно, что клетки растения удерживают воду с неодинаковой силой. Ту часть воды, которая удерживается менее прочно, принято называть свободной, а ту, которая удерживается более прочно, — связанной.

Вода в свободной форме имеет нормальные физико-химические

свойства: растворимость, упругость пара и др. Она более подвижна, обладает большим химическим потенциалом, более активна, чем связанная вода (Алексеев, 1948). Вода в связанной форме, находящаяся во взаимодействии с лиофильными коллоидами на пограничных поверхностях, имеет измененные физические и химические свойства, теряет часть химического потенциала при образовании водородной связи с адсорбентом.

Н. А. Максимов (1944) считает, что помимо снижения общей оводненности в тканях, в период действия низких температур в процессе закаливания растений увеличивается содержание той части воды, которая не может быть отнята замораживанием при температуре ниже -10°C , не может служить растворителем даже для столь легко растворимых веществ, как, например, сахар. Эта часть воды получила название связанной (Алексеев, 1948).

Некоторые авторы (Привалов, 1958; Мальцев, Мифтахудинова, Федотов, 1964) считают, что свободная вода находится в вакуолях и сосудистой системе растений, легко испаряется с поверхности клеток в межклетнике. Другие исследователи утверждают, что под действием межмолекулярных и внутримолекулярных сил изменяется активность воды, и этим подвергают сомнению существование свободной воды в растениях. Д. И. Сабинин (1955) отметил условность границы между свободной и связанной водой. Эти фракции могут переходить одна в другую. Вся вода в растениях в какой-то мере является связанной, поэтому разделение на прочно- и слабосвязанную воду чисто условное. Такого взгляда придерживаются также М. М. Окунов и Е. Н. Тарасова (1952). Г. В. Лебедев (1969) также считает, что нельзя делить имеющуюся в клетках воду на связанную и свободную.

Исследования, проведенные с меченой водой, показали быстрый обмен всего водного запаса клеток с водой окружающей среды (Кутюрин, 1956; Вартапетян, 1960, 1966; Вартапетян, Курсанов, 1961; Самунлов, Ефремов, 1963). Б. В. Вартапетян и А. Л. Курсанов (1959) отмечают, что часть воды, содержащаяся в клетках растений, легко обменивается с водой, поступающей из питательного раствора, часть же является трудно обмениваемой. Существует мнение, что вся вода, содержащаяся в корнях и побегах, может обмениваться на воду, находящуюся в почве. Разноречивость мнений объясняется, вероятно, тем, что между связанной и свободной водой нет четкой границы, одна фракция переходит в другую (Гусев, 1959, 1966).

По данным Н. Г. Васильевой, З. С. Буркиной (1960), при оптимальной влажности почвы (70% от полной влагоемкости) содержание свободной воды в листьях яровой пшеницы выше, чем у растений, выращенных при недостаточном водоснабжении (40%). Аналогичные данные получила Е. В. Крюкова (1966) в условиях Молдавии в опытах с сортом пшеницы Мироновская 264 и Г. М. Титов (1960) в опытах с сортом кукурузы Алмаатинская 236.

Х. Х. Енилеев, А. Р. Рахимов (1963), определившие фракционный состав воды у сортов хлопчатника С-3210, 108-Ф и 2850, показали, что фракции изменяются по мере вегетации. Имеются сортовые различия: более скороспелый сорт содержит больше общей и свободной воды. На ранних фазах развития у всех сортов хлопчатника в листьях более высокое содержание свободной воды, чем связанной. Фракция воды изменяется в течение дня: утром наблюдается увеличение содержания свободной воды, днем падает, а к вечеру снова возрастает. Содержание связанной воды в полуденные и послеполуденные часы повышается. По данным М. Э. Кембаль (1967), содержание свободной воды в хлопчатнике постепенно повышается до фазы цветения, затем, в период массового цветения и плодообразования, почти вся вода переходит в связанную форму. В опытах А. Р. Рахимова (1963) с хлопчатником в различных условиях водоснабжения (80, 60, 40% от полной влагоемкости) отмечено повышенное содержание свободной воды при влажности 80% по сравнению с влажностью 60 и 40%.

Соотношение свободной и связанной воды изменяется при различном внесении минеральных удобрений (Самиев, 1963). Внесение годовой нормы фосфорных удобрений до посева и азотных удобрений до бутонизации повысило содержание связанной воды. Начиная с фазы цветения внесение этих удобрений приводит к увеличению содержания свободной воды в хлопчатнике. М. Э. Кембаль (1967) делает вывод, что наиболее эффективным является полив в самые напряженные периоды развития растений. При этом высокое содержание свободной воды способствует улучшению физиологических процессов. Такой же точки зрения придерживаются Л. А. Филиппов (1961) и С. Алимбетов (1965).

Н. С. Петин, А. Р. Рахимов (1971) при изучении фракционного состава воды у среднеспелого (108-Ф) и скороспелого (С-3508) хлопчатника в различных поливных режимах установили, что растения, получившие 8 поливов, содержат больше общей и свободной воды по сравнению с другими вариантами. Опыты с тонковолокнистым хлопчатником также показывают, что при оптимальной оросительной норме улучшается оводненность листьев (Дурдыев, 1969). Ухудшение водоснабжения подавляет ростовые процессы, приводит к обезвоживанию.

Преобладание свободной воды над связанной свидетельствует о повышенном жизненном тоне растений (Алексеев, 1948; Петин, 1957).

Количество воды, потребляемой культурными растениями, изменяется в течение вегетации в зависимости от вида, сорта и условий произрастания. Н. А. Максимов и В. Г. Александров (1917) отмечают, что расход воды для создания одного грамма сухого вещества колеблется от 160 до 746 г. По данным Е. Г. Петрова (1936), для получения 25 ц надземной сухой массы проса с 1 га требуется до 100 мм осадков.

Потребность хлопчатника в воде, поступающей на поле в виде

осадков или поливов, составляет примерно 800 м³/га (Зайцев, 1929). По данным Н. Назирова (1977), за весь период при достаточном водоснабжении (70—80% от полной влагоемкости) почвы одно растение хлопчатника в вегетационных сосудах расходует 120—130 л воды, а в полевых условиях еще больше. Опытами В. М. Цибинского (1935) и И. П. Сахарова (1941) установлено, что хлопчатник больше всего влаги расходует в период бутонизации. Во время цветения расход воды снижается, и еще меньше потребляется ее к концу вегетации. Особенно повышается расход воды после цветения. В этот период расходуются не меньше половины общей потребности влаги хлопчатником. Суммируя данные по потребности воды хлопчатником, М. П. Меднис (1953, 1955) делает вывод, что при появлении первых листьев требуется 11—12 м³/га, при бутонизации — 33—48, при цветении — плодообразовании — 91—114, при созревании — 36.

Как отмечалось выше, хлопчатник — влаголюбивая культура. Недостаточная водообеспеченность растений приводит к серьезным нарушениям физиологических процессов. Потребность в оводнении клеток у хлопчатника может быть реализована только непрерывным и активным током воды.

Устойчивость растений к неблагоприятным условиям в значительной степени зависит от физико-химических свойств протоплазмы. Особое место принадлежит гидратации — поступлению воды в клетки. В устойчивости растений важное значение имеет и фракционный состав воды (Алексеев, 1948; Максимов, 1952; Алексеев, Гусев, 1957; Гусев, 1966, 1969; и др.). Содержание слабосвязанной воды определяет интенсивность физиологических процессов, содержание прочносвязанной — устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды (Максимов, 1926, 1939; Алексеев, 1948; Генкель, Марголина, 1948; Генкель, Баданова, 1956; Петин, 1954, 1959; Петин, Прусакова, 1955; Васильева, 1955; и др.).

А. М. Алексеев (1948) указывает, что в условиях засухи увеличивается содержание прочносвязанной воды, что является приспособительным, защитным средством от обезвоживания. А. С. Кружилин (1954) также считает основным признаком устойчивости растений к засухе наличие повышенного количества связанной воды.

Согласно данным Г. В. Ереминой и И. К. Кошелевой (1971), листья наиболее засухоустойчивых сортов алычи (Желтая, Генджи, Султани) характеризуются высоким содержанием связанной воды, большой водоудерживающей способностью и жароустойчивостью. Е. В. Крюкова (1968) отмечает, что засухоустойчивые сорта пшеницы Одесская-3 и Мироновская 264 характеризуются отсутствием резких колебаний в суточном содержании общей воды и в изменениях интенсивности транспирации, переходом части воды в более упорядоченное состояние в жаркие часы дня. Такая закономерность прослежена в опытах с пшеницей многими исследователями.

В основе связывания внутриклеточной воды лежит упорядочение ее структуры, высокополимерных ингредиентов протоплазмы. Поэтому менее упорядоченная вода отнимается легче, чем более упорядоченная (Алексеев, 1963).

Разделение воды на фракции, как мы отмечали выше, условно, так как зависит от величины водоотнимающих сил. В дальнейшем мы будем пользоваться терминами «прочносвязанная вода», имея в виду более упорядоченную воду, труднее извлекаемую, и «слабосвязанная вода», подразумевая менее упорядоченную, легче извлекаемую.

ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ

Орошение особенно эффективно, если оно осуществляется с учетом потребностей самого растения. Недостаток воды в почве приводит к повышению осмотического давления почвенного раствора, что затрудняет водоснабжение растений и процессы метаболизма. Длительные засухи вызывают гибель растений. Изучение особенностей роста и развития, осуществления физиологических процессов, а также характера формирования урожая при недостатке воды представляет огромный интерес в теоретическом и практическом отношении.

Комплекс агротехнических мероприятий, направленных на снижение напряженности почвенно-климатических факторов в засушливые и маловодные годы, а также подбор сортов, устойчивых к засухе, обеспечивает получение высоких и устойчивых урожаев. Изучение засухоустойчивости растений сыграет большую роль в разработке методов оценки целесообразного применения разных способов агротехники, методов использования поливных вод, а также откроет благоприятные пути для борьбы с засухой.

Ученые по-разному объясняли засухоустойчивость растений. А. Е. Шимпер (1889) утверждал, что засухоустойчивы те растения, которые способны экономно расходовать воду. В. В. Колкунов (1905—1907), сравнивая различные виды злаков, установил, что сорго, просо, мого, кукуруза обладают более пониженным транспирационным коэффициентом, чем пшеница, овес, ячмень, рожь. Первая группа растений имеет больше признаков ксероморфности (мелкоклеточность, густая сеть жилок). На этом основании он делает вывод, что мелкоклеточность является признаком засухоустойчивости.

По мнению Л. С. Литвинова (1932), наиболее засухоустойчивыми являются растения с высокой водоудерживающей силой. А. Арланд (1960) полагал основным признаком засухоустойчивости интенсивное расходование воды.

Засуха бывает почвенная, атмосферная или комбинированная (Стефановский, 1950). Почвенная засуха возникает при недостатке воды в почве и сравнительно невысоких температурах воздуха — 30—35°. Атмосферная засуха наступает при влажности

воздуха 35—45%, а в полуденные часы даже 20% и ниже. Наиболее опасной и губительной для растений является комбинированная засуха, характеризующаяся сухостью почвы, повышенной температурой, отсутствием атмосферных осадков и резким снижением относительной влажности воздуха.

По определению И. А. Стефановского (1937—1950), следует считать засухоустойчивыми те растения, которые в процессе роста и развития и в определенных условиях агротехники способны выдерживать обезвоживание и давать урожай. Засухоустойчивость, по мнению П. А. Генкеля (1960), есть свойство, возникающее в процессе адаптации растений к обезвоживанию в онтогенезе.

Н. А. Максимов (1944, 1952) дал более общую характеристику ксерофитов. Он относил к засухоустойчивым те растения, которые способны с наименьшим вредом для дальнейшего роста и развития переносить атмосферную и почвенную засуху. В своих дальнейших исследованиях Н. А. Максимов (1952) не только раскрыл всю несостоятельность теории специфического минимума, выдвинутую некоторыми учеными, но и указал дальнейшие пути, по которым должны вестись исследования природы засухоустойчивости растений.

Засухоустойчивость — это сложное явление, определяющее способность растений противостоять перегреву и выносить обезвоживание. Способность выносить обезвоживание, согласно П. А. Генкелю (1954), определяется эластичностью протоплазмы, сохранением синтетической способности при длительной засухе, высокой водоудерживающей способностью. При действии высокой температуры повышается вязкость протоплазмы. Е. Ф. Лебедничева (1929), Л. И. Суркова (1960) нашли положительную корреляцию между содержанием связанной воды и устойчивостью растений. В. В. Гриненко (1960), Н. Н. Харанян (1965) утверждают, что высокая водоудерживающая способность ткани является одним из факторов, определяющих устойчивость растений к засухе. Ю. Липатов (1965) считает, что высокая продуктивность растений зависит от самого объекта в условиях засухи. Разные растения реагируют на засуху по-разному: одни обеспечивают себя водой благодаря развитию корневой системы, другие — высокой водоудерживающей способностью, третьи — интенсивной транспирацией, защищающей их от перегрева, четвертые — минимальной испаряющей способностью, пятые — коротким вегетационным периодом.

Устойчивость многих сельскохозяйственных культур к почвенной влаге по фазам развития неодинакова, их чувствительность зависит от того, в каком сочетании засуха воздействует на растение. Засухоустойчивость изменяется в течение онтогенеза, падая в критический период (Заблуда, 1939, 1948; Сказкин, 1938, 1940, 1962; Анисеев, 1964, 1968). Злаки наиболее устойчивы к почвенной влаге в начале развития и менее устойчивы в критический период.

По отношению к недостатку воды в почве хлопчатник, как и

многие другие культуры, имеет свой критический период. По этому вопросу нет единого мнения. Одни авторы (Бородулина, 1957; Эльснади, 1964) считают, что хлопчатник наиболее чувствителен к недостатку воды в почве в период цветения—плодообразования, другие (Сахаров, 1941) — в период бутонизации—цветения, третьи (Цивинский, 1937; Меерсон, 1938; Назиров, Ташматов, 1972) — в фазе бутонизации.

По утверждению Н. А. Максимова (1939), Ф. Д. Сказкина (1961), В. В. Аникеева (1965), Н. Назирова, Н. Ташматова (1972), растения наиболее чувствительны к засухе в период дифференциации органов размножения, цветения и плодоношения, когда они особенно нуждаются в бесперебойном снабжении водой.

Устойчивость культуры к засухе зависит и от вида растения. При недостатке воды в почве у разных видов злаков водный дефицит проявляется в отдельных органах неодинаково. Одни органы способны поддерживать свою жизнь за счет других органов. Верхние листья оттягивают воду от нижних, а также от верхушек стеблей, при этом происходит отмирание нижних листьев (Туманов, 1929; Максимов, 1924; Алексеев, 1948).

Среди злаков наиболее устойчиво к почвенной засухе просо. При длительном завядании оно способно дать значительный урожай, мало отличающийся от контрольных растений (Туманов, 1930). Хлопчатник более устойчив к почвенной влаге в начальные фазы развития до бутонизации и в конце вегетации (Клюев, 1953; Бородулина, 1957; Эльснади, Талат, 1964).

Повышение содержания прочно связанной воды при недостатке влаги в почве является приспособительной, защитной реакцией растений. Снижение этой фракции, повышение содержания слабо связанной воды в растениях при почвенной засухе и суховеях приводят к более сильному обезвоживанию вследствие быстрой потери воды (Алексеев, 1948, 1957). Отмечено (Лебединцева, 1930; Новиков, 1931; Васильева, 1952; Петин, 1954, 1955, 1959, 1962; Алексеев, Гусев, 1957; Петин, Самиев, 1958, 1963; и др.), что при недостатке воды в почве увеличивается количество связанной воды, уменьшается количество свободной воды. Увеличение связанной воды при засухе происходит за счет содержания осмотически связанной воды (Алексеев, 1948; Петин, 1959).

По мнению В. В. Гриненко (1960), при высокой оводненности тканей листьев хлопчатник характеризуется слабой способностью связывать воду. При избытке влаги в период активного плодообразования он удерживает не более 16% общего количества воды, в период созревания коробочек — около 27—28%. Без полива хлопчатник способен связывать 1/3 содержащейся в листьях воды. В. В. Гриненко такую амплитуду колебания содержания связанной воды объясняет крайней неустойчивостью хлопчатника к почвенной засухе. Вместе с тем, по мнению других авторов, хлопчатник переносит значительную засуху и во время суховея продолжает расти и дает значительный урожай (Рождественский, 1926, 1928;

Петров, 1928; Светашов, 1934, 1937; Сахаров, 1941). В опытах с сортом Навроцкий (Рождественский, 1926, 1928; Петров, 1928) с 1—2 поливами, при глубоком залегании грунтовых вод на протяжении многих лет получен значительный урожай — в пределах 21—24 ц/га.

А. Т. Светашов (1934, 1936), работая со многими сортами, при водоснабжении хлопчатника 0—1—0 получил достаточно высокий урожай — 18—23 ц/га. Согласно данным И. П. Сахарова (1941), сорта хлопчатника Навроцкий, Фуади, Гуза и др. уже на ряде опытных станций в условиях богары дали урожай в среднем 7—8 ц/га. По сведениям Г. А. Ключева (1953), хлопчатник обладает высокой приспособляемостью к недостатку влаги в почве. В его опытах с сортом С-460 на 12 г сухого вещества приходилось 570 г воды. На 25 ц сухого вещества хлопчатник потребовал 1425 м³ воды, или на 1 га — 142,5 мм атмосферных осадков. М. А. Абуталыбов (1936), изучая засухоустойчивость сортов хлопчатника Навроцкий, Гуза и Фуади методом завядания, установил, что более засухоустойчив сорт Гуза, так как он наиболее экономно расходует воду.

Опыты, проведенные Н. С. Петинным, А. Р. Рахимовым (1971) с некоторыми сортами хлопчатника (108-Ф, С-3506, С-6002), показали, что в различных условиях водоснабжения (при оросительных схемах 2—4—2, 1—2—1, 0—2—0) количество слабо- и прочно-связанной воды намного больше при недостатке воды, чем у контрольных растений.

Х. Самиев (1963) также установил, что в ранние фазы развития у хлопчатника, выращенного при влажности 40% от полной влагоемкости почвы, повышается содержание связанной воды. Такие же закономерности отмечены в работе Г. Сарыева (1967). Опыты, проведенные с сортами тонковолокнистого хлопчатника С-8763-И и 9078-И, показали, что со снижением величины транспирации изменяется фракционный состав воды в почве. Более отзывчивым оказался сорт 8763-И.

На основании опытов, проведенных Н. Назировым и др. (1976), получен радиационный мутант АН-401, который по уровню засухоустойчивости лишь немногим уступал своему дикому сородичу. Исключение одной поливной нормы в период бутонизации практически не сказывалось на урожайности этого сорта. В то же время у сорта Ташкент 1, 3 исключение одного такого полива снижает урожайность.

Наряду с почвенной засухой растения страдают от высокой температуры воздуха. По мнению В. В. Гриненко (1961), растения страдают не столько от почвенной, сколько от атмосферной засухи, приводящей к пересыханию верхних горизонтов почвы. Установлено, что атмосферная засуха вызывает изменения физико-химических свойств биокolloидов протоплазмы и распад белков под влиянием высокой температуры (Хлебникова, 1934; Альтергот, 1936, 1937, 1963).

По мнению Н. М. Сисакяна (1940), гибель растений при действии засухи происходит в результате усиления распада белков протоплазмы. И. Д. Соколенко (1938) утверждает, что в условиях почвенной и атмосферной засухи растения страдают главным образом от обезвоживания. П. А. Генкель (1937), А. М. Алексеев (1942), Н. А. Максимов (1941) показали, что почвенная и атмосферная засуха нарушает в растениях коллоидно-химические свойства протоплазмы.

Согласно исследованиям А. М. Алексеева (1942), П. А. Генкеля (1946), Н. А. Максимова (1944), П. А. Генкеля, К. А. Богдановой (1956) и др., важное значение имеет повышенная гидратация коллоидов и связанная с этим засухоустойчивость растений. Воздействие высокой температуры даже при достаточном снабжении водой приводит к снижению оводнения клеток, повышенной вязкости протоплазмы, увеличению проницаемости протоплазмы и уменьшению дисперсности биокolloидов (Альтергот, 1963).

П. А. Генкель, К. П. Марголина (1957) установили зависимость между вязкостью протоплазмы и способностью растений переносить отрицательную температуру. Дальнейшие исследования П. А. Генкеля и И. А. Цветковой (1950) показали, что повышая вязкость протоплазмы клеток, можно вызвать изменения жароустойчивости растительной клетки.

Н. С. Петин, И. И. Рамзаев (1961) определили, что при действии высокой температуры на пшеницу и кукурузу в условиях высокой относительной влажности воздуха (85—90%) увеличивается количество коллоидносвязанной воды. М. Т. Тиллаев (1969) показал, что действие искусственного суховея на хлопчатник сорта 108-Ф приводит к снижению общей оводненности клеток листьев плодовых элементов. В листьях нижних ярусов обезвоживание выражено сильнее, чем в верхних.

Повысить засухоустойчивость растений можно путем внесения минеральных и органических удобрений, в том числе микроэлементов. И. Ф. Кокс (1940) отмечает, что достаточное азотное и фосфорное питание способствует накоплению углеводов, обуславливает высокую водоудерживающую способность коллоидов протоплазмы, что, в свою очередь, приводит к повышению устойчивости растений.

Ф. Д. Сказкин (1960), изучая действие минеральных элементов на яровые хлебные злаки при недостаточном водоснабжении, отмечает, что некоторые вещества улучшают условия формирования репродуктивных органов. Минеральное питание повышает устойчивость растений к засухе, что очень важно, особенно в «критический период».

Микроэлементы (кобальт, молибден, алюминий) повышают засухоустойчивость растений, что сопровождается высоким содержанием связанной воды и более высоким уровнем содержания белков и аскорбиновой кислоты (Школьник, Боженко, Маевская, 1960; Васильева, Старцева, 1960). При действии молибдена в пе-

риод засухи улучшается оводненность клетки и устойчивость растений к засухе. Установлено, что при внесении всей нормы фосфорной подкормки до посева снижается содержание общей воды в листьях хлопчатника в фазе бутонизации за счет свободной воды, в то же время содержание связанной воды повышается за счет увеличения осмотически связанной воды (Самиев, 1963).

Повреждение растений под действием почвенной засухи и высокой температуры проявляется в нарушении обмена веществ, что вызывает коагуляцию протоплазмы. В повышенной устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды, в формировании адаптивных признаков растения к обезвоживанию главная роль принадлежит нуклеиновым кислотам. В процессе адаптации наиболее показательным признаком устойчивости растений к засухе является своеобразная динамика накопления нуклеиновых кислот. Уровень их содержания обозначает возможность сохранения способности растения к биосинтезу белков и нуклеиновых кислот. В ходе действия засухи на растения нуклеиновым кислотам принадлежит ведущая роль в молекулярном механизме защитных приспособительных реакций растений (Белозеркин, 1969).

К адаптивным признакам относится также накопление пролина в жаростойких и засухоустойчивых растениях. Как отмечает В. П. Боженко (1968), водный дефицит вызывает повышение активности рибонуклеазы. Еще более эффективно применение микроэлементов (цинк, медь, кобальт, молибден, алюминий) при засухе, так как они ингибируют воздействие на активность рибонуклеазы.

Многие исследователи показали, что при водном дефиците параллельно усиливается гидролиз проклеола; идет накопление сначала сахарозы, затем, при более сильном обезвоживании, — моносахаридов. Большая заслуга в изучении углеводов при недостаточном водоснабжении принадлежит И. Васильеву (1931), который доказал защитную роль сахаров в засухоустойчивости растений и тем самым подтвердил взгляд Н. А. Максимова.

ВОДНЫЙ И УГЛЕВОДНЫЙ ОБМЕН ХЛОПЧАТНИКА

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В течение многих лет мы проводили опыты на Карельском перешейке Ленинградской области (Отрадное БИН АН СССР) в вегетационных сосудах, в Ботаническом саду Каракалпакского филиала АН УзССР и в Нукусском государственном университете на делянках, в Каракалпакском научно-исследовательском институте земледелия в полевых условиях.

Объектами наших исследований служили 4 сорта хлопчатника: С-4727, Ч-3010, Ч-160 и сортообразец Чимбай-6. Сорт С-4727 широко районирован, сорта Ч-3010, Ч-160 и Чимбай-6 выведены в Каракалпакии. Опыты ставились вегетационным методом в специальных сосудах по общепринятой методике (объем сосудов 6 кг) и в полевых условиях.

В вегетационных опытах использовалась смесь Киопа. Ее вносили в почву в жидком виде. Подкормку растений в течение вегетации производили в фазы бутонизации, цветения и плодоношения.

Разница между схемами опыта на Карельском перешейке Ленинградской области и в условиях Каракалпакии объясняется неодинаковыми метеорологическими условиями. При более высокой влажности воздуха и сравнительно невысокой температуре в Ленинградской области растения мало страдали от засухи, тогда как в условиях Каракалпакии, где температура воздуха высокая, относительная влажность низкая, 30—35%-ная влажность почвы приводит к гибели хлопчатника.

На Карельском перешейке Ленинградской области в контрольных опытах влажность почвы в течение всей вегетации составляла 70—75% от полной влагоемкости. В опытных вариантах растения выращивали с недостатком воды в почве (35% влажности от полной влагоемкости) в период от появления 2-го листа до фазы бутонизации (условно будем называть этот период засуха 1), от начала бутонизации до цветения (засуха 2), от начала цветения до появления коробочек (засуха 3). В среднем растения подвергались засухе 18—21 день. Повторность опыта во всех вариантах 5—7-кратная.

В опытах в Ботаническом саду Каракалпакского филиала АН УзССР и Нукусском государственном университете контрольные растения выращивали в течение всего вегетационного периода при влажности 70—75%, опытные растения выдерживали в условиях недостатка воды с влажностью почвы 60, 40 и 35%. В этих опытах, как и в опытах в Ленинградской области, растения выращивали при недостатке воды в почве в периоды: 1) от двух пар листьев до бутонизации (засуха 1), 2) от бутонизации до цветения (засуха 2), 3) от цветения до плодоношения (засуха 3), 4) от плодоношения до начала созревания (засуха 4).

В опытах, проведенных в Каракалпакском научно-исследовательском институте земледелия в полевых условиях, контролем служили растения, получившие в течение вегетационного периода 3 и 5 поливов.

Опыты по закаливанию растений начаты в 1974 г. В первый год закаливание растений проводилось за счет сокращения числа поливов: в течение вегетационного периода растениям давалось 2 полива — в фазы бутонизации и цветения. На второй год растения, выращенные из семян растений первого года закаливания, снова в течение вегетационного периода подвергали закаливанию (осуществляли 2 полива — в фазы цветения и плодообразования). На третий год закаливания использовали семена, собранные с растений второго года закаливания. В отличие от опытов первых двух лет, в этом году хлопчатник в течение вегетационного периода получил всего один полив (в фазе плодообразования). На четвертый год закаливания использовали семена с растений 3-го года закаливания, но на этот раз хлопчатник в течение вегетационного периода не получал ни одного полива. Закаливание растений без полива продолжалось в трех поколениях.

Контролем для закаленных растений вначале служили растения хлопчатника, которые в течение вегетации получили 5 поливов, в дальнейшем — хлопчатник, выращенный из семян растений производственных участков и в течение вегетационного периода не получивший ни одного полива.

В вегетационных опытах полив производили по массе сосудов. В каждом сосуде оставляли вначале 5 растений, а в конце опыта — по 2. Повторность опытов — 5—7-кратная.

Наблюдения за ростом и развитием вели по фазам развития растений. Почвенная засуха и в вегетационных опытах создавалась прекращением полива. В дальнейшем выдерживалась 70—75%-ная влажность.

В полевых условиях удобрения в почву вносили перед посевом, бутонизацией, цветением, а для хлопчатника, выращенного без полива — в фазе двух настоящих листьев из расчета 250 кг/га азотных, 175 — фосфорных, 50 — калийных. Посев производили в один и тот же день во всех вариантах опыта, в каждом гнезде оставляли по 2 растения. Поливы производили в 3 вариантах: 1-й — нормальное водоснабжение, полив 5 и 3 раза через каждые 10—

12 дней, что соответствует оросительной норме 4000—4500 м³/га (контроль); 2-й — недостаточное водоснабжение в фазе бутонизации, цветения и плодообразования, соответствует оросительной норме в каждом поливе 800—900 м³/га (опыт); 3-й — хлопчатник в течение вегетационного периода выращивается без полива.

Расход поливной воды учитывался с помощью водослива, описанного В. Я. Поповым (1954). Повторность опытов 4-кратная, площадь опытных делянок 180 м².

Для учета водного обмена мы брали третий и четвертый лист, считая сверху, и определяли ряд показателей.

Общее содержание воды в листьях устанавливали путем высушивания до постоянной сухой массы при температуре 100—105°C. Фракционный состав воды в листьях изучали рефрактометрическим методом А. Ф. Маринчик (1957) в модификации Н. А. Гусева (1960). Для определения фракционного состава воды использовали растворы сахарозы, создающие осмотическое давление 30, 35, 40 атм, и 3 мл раствора наливали во взвешенные бюксы. В каждый бюкс помещали 50 высушенных листьев диаметром 0,5 см. Навеска 400—450 мг. Экспозиция 2 ч. Концентрацию сахарозы определяли на рефрактометре РПЛ-2.

Сосушную силу листьев устанавливали методом компенсации при помощи рефрактометра (Максимов, Петин, 1948), водный дефицит — методом Л. С. Литвинова (1932) и вычисляли в процентах к полному водному насыщению. Повторность опыта 5-кратная.

Жаростойкость оценивали методом Ф. Ф. Мацкова (1936). Для этого листья второго яруса сверху срезали с растений и помещали в химический стакан с водой, температуру постепенно повышали от 45 до 50—55°C. Листья выдерживали при температуре 55°C в течение 10 мин, затем последовательно переносили в кюветы с холодной водой и 0,2% HCl. Показателем жароустойчивости служило время появления желтых пятен под влиянием соляной кислоты.

Углеводы определяли хроматографическим методом, описанным А. Н. Белозерским и Н. И. Проскуряковым (1951), в модификации И. Г. Завадской, Г. И. Горбачева, Н. С. Мамушкиной (1962). Для фиксации свежего материала применяли горячий 82—85% этиловый спирт (50 мл на 2 г). Фиксированный материал в фарфоровой ступке растирали до кашицы, затем смывали свежими порциями спирта, доводя до метки в 100 мл колбе. Экстракты пропускали через шотовские фильтры. Для анализа брали 10 мл спиртовых экстрактов исследуемого материала и упаривали в небольшой чашке при температуре не выше 60°C. Сухой остаток растирали в 1 мл воды, центрифугировали, наносили на линию старта в виде точки. Количество наносимого материала колебалось от 5 до 15 мг сухого вещества. Использовали растворитель Н-бутанол—уксусная кислота — вода (4:1:5).

Разгонку производили в стеклянных хроматографированных банках. Разделение сахаров осуществляли трехкратно с последую-

щим подсушиванием хроматограммы на воздухе при комнатной температуре (20°C) в течение 20—30 мин. Для проявления использовали растворы 2% анилиндибензиламида в этиловом спирте. Содержание сахарозы определяли по методу Р. С. Кулко (1956). Пятна сахаров вырезали из хроматограммы, помещали в пробирки, заливали 6 мл 60% этилового спирта и нагревали в течение 30 мин на водяной бане при температуре 80°C. Элюат доводили до 6 мл 60% спиртом. Для определения брали 2 мл спиртового элюата, прибавляли 3 мл А-резорцина (0,05%) и 96% спирта, затем Б-соляную кислоту, содержащую железоаммиачные квасцы (0,216 г). Содержимое пробирки нагревали 40 мин при 80°C в водяной бане. После охлаждения пробирок измеряли интенсивность окраски на ФЭКе (с фильтром № 3 — синий фильтр). Глюкозу определяли анилинфталатным методом. Для этого вырезанные из хроматограмм участки бумаги заливали в пробирках 3 мл ледяной уксусной кислоты и помещали в кипящую баню на 10 мин. Интенсивность окраски измеряли на ФЭКе. Расчеты проводили по стандартной кривой, снятой в начальном этапе работы.

Крахмал определяли методом Pucher (1960) путем осаждения иодного комплекса.

Агрохимические исследования выполнены по методике СоюзНИХИ, изложенной в книге «Методы агрохимических, агрофизических и микробиологических исследований в поливных хлопковых районах» (1963).

Корневую систему исследовали по методу Уинвера и Качинского (1956). Предварительную отмывку корней проводили в поле, заключительную — в лаборатории. Отмытые корни просушивали в сушильном шкафу, а затем взвешивали на торсионных весах типа ВТ-500 с точностью до 1 мг. Учет массы корневой системы по горизонтам и фазам развития осуществляли методом монолитов.

Наблюдения за ростом и развитием хлопчатника, темпами цветения и созревания проводили на 100 заэтикетированных растениях каждого варианта.

Для определения средней массы хлопка-сырца 1 коробочки, выхода волокна и массы семян, а также технологических качеств волокна перед уборкой урожая в каждом варианте опыта брали по 100 коробочек с 3-го, 5-го, 8-го узла. Технологические качества хлопкового волокна определяли методом воздушной проницаемости на приборе ППС-4. Густоту стояния хлопчатника устанавливали путем сплошного подсчета всех растений на учетных рядах каждой делянки.

При математической обработке опытных данных использовали метод И. А. Ойвина (1960, 1962) в модификации Л. А. Семушкиной и Г. В. Удовенко (1969).

В последние годы в ККАССР и многих других хлопкосеющих районах союзных республик приходилось отстаивать урожай в крайне маловодных и засушливых условиях. Суховей в вегетационный период способствует развитию ветровой эрозии и создает большой дефицит влаги. В крайне маловодные годы требуется применение всех тонкостей агротехнических приемов, достижений науки и передового опыта, а также высокое качество всех полевых работ. Своевременно проводимый научно обоснованный комплекс агротехнических мероприятий, а также применение результатов науки в производстве гарантируют получение высоких и устойчивых урожаев независимо от неблагоприятных условий окружающей среды.

Каждый год имеет свои особенности, которые необходимо учитывать в период весенне-полевых работ, поэтому задача состоит в том, чтобы тщательно проанализировать складывающееся положение и рекомендовать соответствующие агротехнические мероприятия. Необходимо разработать в каждом хозяйстве комплексные агротехнические способы подготовки и проведения полевых работ, чтобы наилучшим способом использовать факторы погоды. Своевременное внедрение эффективных приемов возделывания хлопчатника и других сельскохозяйственных культур позволяет достичь увеличения производства хлопка-сырца в маловодные годы, а также при других неблагоприятных условиях.

Многочисленные и многолетние опыты, проведенные в различных зонах хлопкосеяния, свидетельствуют, что для нормального роста, развития и накопления урожая влажность почвы под хлопчатником должна быть около 70%, а в отдельных случаях даже 75—80%. Правильная и своевременная зяблевая вспашка в орошаемой зоне Каракалпакки — важнейшее условие высокой эффективности всех последующих агротехнических мероприятий, таких как промывные поливы, внесение удобрений. Благодаря им сохраняется дополнительный запас влаги и поддерживается влажность почвы на уровне, необходимом для появления ранних и дружных всходов, ускорения развития и созревания коробочек. Кроме того, зяблевая вспашка является важным средством в борьбе с сорняками, вредителями и болезнями хлопчатника.

Оптимальные сроки проведения зяблевой вспашки в Каракалпакки — конец сентября — первая половина декабря. Глубина вспашки зависит от мощности почвы, плотности ее сложения, засоленности и др. В условиях Каракалпакки в основном принята зяблевая вспашка на глубину 28—30 см. Однако на сильнозасоленных глинистых и тяжелосуглинистых почвах применяется вспашка на глубину 30 см с последующим почвоуглублением до 40—45 см. Такая вспашка, по сравнению с обычной, обеспечивает значительную прибавку урожая хлопка-сырца.

По данным Каракалпакского НИИ земледелия, на старопахот-

ных луговых почвах оптимальной является четырехкратная вспашка по схеме 30—20—20—20 см. Эта схема по сравнению с постоянной на 30 см позволяет сохранить плотность сложения почвы в оптимальных пределах.

В предпосевной период, по мере наступления спелости почвы, с целью задержания влаги и предотвращения повторного засоления почвы, улучшения разделки пашни, уничтожения прорастающих сорняков и выравнивания поверхности поля производится ранневесеннее боронование зяби. Сроки устанавливаются с учетом состояния спелости почвы на глубину 8—10 см. Боронование полей создает рыхлый, хорошо разделанный слой почвы, позволяет произвести оптимальную заделку семян при севе, создает условия для лучшего прогревания почвы солнечными лучами и ее аэрации, для получения дружных всходов и сохранения влажности почвы в ранний период развития хлопчатника. К основным способам предпосевной обработки почвы относятся также чизелевание и мотовление. Они в еще большей степени улучшают условия для оптимального проведения посева и обеспечения дружных всходов. Чизелевание проводится на глубину не менее 12—14 см физически спелой почвы. В ходе предпосевной обработки почвы вносятся часть азотных, фосфорных и калийных удобрений в соответствии с системой удобрений хлопчатника.

При ранневесенней и предпосевной обработке почвы не рекомендуется многократно применять механизмы, так как они вызывают чрезмерное уплотнение пахотного слоя почвы, а это отрицательно влияет на рост и развитие всходов и в конечном счете снижает урожай хлопка-сырца.

Для получения высоких и устойчивых урожаев хлопка-сырца наряду с другими агротехническими мероприятиями необходима своевременная планировка полей. Неравномерный микрорельеф полей вызывает потребность повышать норму промывных вод. На хорошо спланированных полях при экономном расходовании промывных поливов достигается равномерное рассоление и увлажнение почвы и намного повышается качество сева, более равномерно распределяются удобрения и в результате обеспечиваются дружные всходы хлопчатника. Это позволяет эффективно использовать каждый гектар под возделывание хлопчатника. Планировка полей может быть капитальной, частичной и текущей.

Примерно половина всей староорошаемой территории автономной республики в той или иной степени засолена или склонна к засолению. Около 85—90% земель районов нового освоения также подвержены засолению.

В последние годы в автономной республике на всех староорошаемых, а также вновь освоенных землях начинает применяться комплекс мероприятий по улучшению мелноративного состояния орошаемых земель. Устройство коллекторно-дренажных сетей, планировка земель и удвоение норм промывных поливов позволяют в перспективе освоить и ввести в сельскохозяйственный оборот

солончаковые территории. Таким образом, автономная республика нуждается в огромном количестве воды для осенне-весенних промывных и вегетационных летних поливов.

Как показали многолетние исследования СоюзНИИ и Каракалпакского НИИ земледелия, для эффективного проведения промывных поливов в Каракалпакии необходимо сочетать применение осенне-зимней и весенней промывок. При этом на сильно- и среднезасоленных землях более 70% общего количества промывных вод приходится на осенне-зимний период, остальной для опреснения почвы до оптимальных величин — 0,01% по хлору-иону и 0,5—0,6 — по плотному остатку. Нормы полива зависят от механического состава почв и уровня грунтовых вод. Так, при уровне 2,5 м требуется не более 2500—3000 м³/га, при 3 м — 3000—4000, при 3,5 м — 4000—5000.

Во всех хозяйствах автономной республики в первую очередь промываются земли, освобождавшиеся после созревания ранних культур, а также территории, подверженные сильному засолению и требующие огромного количества воды.

В получении высоких урожаев хлопка-сырца важную роль играет качество семян. Они должны быть чистосортными, крупными, с высокой зрелостью и всхожестью не ниже 1—2 класса, заготовленными с первых сборов высокоурожайных и здоровых растений. Семена хлопчатника имеют твердую кожуру, поэтому перед посевом их увлажняют в кучах, согревая на солнце для обеспечения своевременных всходов, и протравливают препаратами ТМТД для предохранения от заболеваний корневой гнилью. Семена сеют в хорошо подготовленную почву в оптимальные для каждого хозяйства сроки. Основными способами сева являются узкорядный с междурядьями 60 см и широкорядный с междурядьями 90 см. В последнее время площади широкорядных посевов в Каракалпакии увеличиваются.

Сев хлопчатника следует начинать при наступлении устойчивой температуры почвы на уровне 14°C в слое 0—10 см. В южных районах возделывается среднеспелый сорт Ташкент-1, в северных — скороспелые сорта Чимбай-3010, С-3727.

Согласно многолетним данным, срок сева в южных хлопко-сеющих районах наступает не ранее 15.04, в северных — не ранее 20.04. В южной зоне оптимальные сроки сева хлопчатника — с 15 по 30.04, в северной — с 20.04 по 05.05. Посевной период считается законченным только тогда, когда на всех площадях получены дружные полноценные всходы. Вегетационный период и уборка урожая продолжаются до 20—25.10.

После получения дружных и полноценных всходов приступают к прореживанию с целью обеспечить оптимальную густоту стояния. И в южных, и в северных зонах прореживание проводится в период от всходов и не позднее фазы образования 1—2 настоящих листьев.

По данным Каракалпакского НИИ земледелия, оптимальная густота стояния для скороспелых сортов хлопчатника — 110—130 тыс. растений на 1 га. Из этого расчета на посевах с междурядьями 60 см после прореживания оставляют 1—2 растения через каждые 20—25 см, а с междурядьями 90 см — 2—3 растения.

Первую культивацию проводят после появления дружных всходов при наступлении спелости верхнего горизонта слоя почвы на глубину 6—8 см. Она необходима для рыхления почвы в середине междурядий. Повторность культивации зависит от степени засоренности поля. Последующие культивации в условиях Каракалпакии рекомендуется проводить на глубину 15—16 см, при этом следует иметь в виду, что не количество культиваций решает задачи ухода за посевами, а их качество. В течение вегетационного периода проводится 6—8 культиваций, а на сильно засоренных полях — в 2 раза больше. Прополка сорняков проводится после культивации и, во всяком случае, не позже, чем через один день после культивации. При последних культивациях во избежание повреждения растений хлопчатника на колеса трактора навешивают щетки-обтекатели.

В последнее время в целях минимизации междурядных обработок хлопчатника рекомендуется одновременно с культивацией проводить нарезку борозд с подкормкой. Это позволяет увеличить урожайность и снизить денежные затраты.

Минеральные и органические удобрения повышают не только урожайность, но и засухо- и жаростойкость растений, а также сохраняют влажность почвы в оптимальных нормах. Возрастающая потребность в удобрениях требует рационального их использования. Прежде чем вносить минеральные удобрения, необходимо учесть в каждом хозяйстве почвенно-климатические условия, плодородие и агрохимические свойства почвы. Одно из важных условий в повышении эффективности вносимых удобрений — достижение оптимальных пропорций в содержании в почве азота, фосфора и калия на протяжении всего года. Годовые нормы минеральных удобрений обычно следующие: азотного — 150, фосфорного — 70—80, калийных — 50 кг/га. Перед вспашкой вносятся азотных удобрений 25—30% годовой нормы, фосфорных — 75—80%, калийных — 60—70%. Остальное количество удобрений вносится в виде подкормки: азотные — в фазе двух пар настоящих листьев и обычно в начале цветения, фосфорные — в период цветения, калийные — в период бутонизации. Все эти подкормки сочетаются с поливами, благодаря чему создаются лучшие условия для роста и развития хлопчатника.

Своевременное и качественное проведение поливов способствует получению высокого урожая хлопка-сырца. Для рационального использования оросительной воды поливные карты укрупняются до оптимальных размеров. Затем обычно нарезаются временные поперечные ок-арыки глубиной до 25—30 см, шириной по

гребню — до 5 см и по дну до 20 см. Вода подается в каждую борозду или через борозду переменной струей.

Установлено, что в период от всходов до цветения влажность почвы не должна быть ниже 75—80%, в период цветения — плодобразования — 75%, а в период созревания — 65% ППВ. Число поливов и оросительная норма также устанавливаются с учетом почвенно-климатических условий района. По нормативам для южных районов расход оросительной воды на 1 га хлопкового поля установлен значительно больше, чем для северной зоны.

Число поливов и оросительная норма во многом зависят от уровня грунтовых вод и от плодородия почвы каждого поливного участка. В зависимости от этих условий число поливов колеблется от 4 до 7 с вегетационной нормой от 500 до 1000 м³/га, оросительная норма составляет 3500—7000 м³/га, а на некоторых засоленных участках и более.

Все отмеченные выше агротехнические мероприятия мы применяем в наших экспериментах, но с некоторыми изменениями. Перед посевом вносили органические удобрения из расчета 10—15 т/га; азотных — 25—30%, фосфорных — 75—80%, калийных — 60—70% общей годовой нормы. Остальные части годовой нормы азота, фосфора, калия вносили в более глубокие слои почвы — ниже поливной борозды на 15—18 см, в самые начальные фазы роста хлопчатника, до образования трех настоящих листьев. Одновременно осуществлялась совместная первая междурядная обработка почвы. Внесение в эти периоды развития минеральных удобрений способствует быстрому росту корневых систем и полному использованию питательных веществ, пока в корнеобитаемом слое поддерживается оптимальная влажность почвы. Междурядная обработка почвы в этот период развития также способствует уничтожению сорной растительности, лучшему проникновению кислорода в зону развития корневой системы, сохранению в рыхлом состоянии плодородного слоя почвы, улучшению деятельности микроорганизмов. Таким образом, внесение минеральных и органических удобрений с первой междурядной обработкой почвы создает благоприятные условия для развития корневой системы, получения высоких и устойчивых урожаев, при условии проведения процессов закаливания хлопчатника.

ВОДНЫЙ ОБМЕН ХЛОПЧАТНИКА В ВЕГЕТАЦИОННЫХ И ДЕЛЯНОЧНЫХ ОПЫТАХ

Существует довольно большая литература по водному режиму и засухоустойчивости хлопчатника. Наибольший интерес для нас представляют работы В. И. Цивинского (1934), И. П. Сахарова (1941), Н. С. Шардакова (1955, 1958), М. П. Медниса (1933), Х. Х. Енилеева (1955), Н. С. Петникова, Х. Самиева (1958), Л. А. Филиппова (1959), Н. П. Ярош (1959), Е. А. Полова (1960, 1964), А. Т. Крапивина (1963), С. Алимбетова (1965), Н. Н. Дур-

дыева (1969), Н. Назирова (1977), Т. С. Мазона (1939). Однако все эти исследования проведены в других почвенно-климатических условиях. Работ же, характеризующих водный режим хлопчатника в континентальных условиях Каракалпакии, почти нет. Мы попытались в какой-то мере восполнить этот пробел.

Предварительные опыты мы проводили в вегетационных сосудах на опытной станции Ботанического института АН СССР в Ленинградской области в Отрадном (1968 г.) в условиях оранжерей. Объектами изучения служили сорт хлопчатника — С-4727 и сортообразец Чимбай-6. Опытные растения выращивали при различной влажности почвы (35—70—75% от ППВ). Контролем служили растения, получавшие полную норму полива. Опыты показали, что листья контрольных растений обоих сортов достаточно хорошо оводнены в течение всего вегетационного периода. Содержание воды в них не снижалось даже в период плодоношения. Возможно, это было связано с удлинением вегетационного периода растений в условиях длинного северного дня, продолжающимся ростом растений и одновременным образованием на них новых бутонов, цветков и коробочек. Из литературы известно, что позднеспелые сорта хлопчатника при действии укороченного дня становятся более скороспелыми, в то время как при длинном дне созревание происходит позднее (Омельченко, 1958).

У опытных растений, подвергшихся действию недостатка воды в почве, общая оводненность снижалась. Так, содержание воды в листьях растений сорта С-4727 в фазе бутонизации составляло 73,0%, в фазе цветения — 70,4%, в период плодоношения — 77,8%; в листьях растений сорта Чимбай-6 — соответственно 75,5; 73,6 и 76,3% по сравнению с контролем. Интересно, что растения сортообразца Чимбай-6 характеризовались более высокой оводненностью листьев по сравнению с растениями сорта С-4727. Еще И. Д. Мина и А. И. Бутовский (1923) отмечали, что в жаркие дни более засухоустойчивые растения обнаруживают обычно большую амплитуду колебания содержания воды в листьях растений. По-видимому, это связано с разной засухоустойчивостью этих двух сортов.

По данным Л. С. Литвинова (1932), засухоустойчивые сорта злаков всегда содержат больше воды в листьях по сравнению с сортами, неустойчивыми к засухе. Возможно, подобное явление происходило в наших опытах. Сорт Чимбай-6 меньше реагирует на засуху, и следовательно, более устойчив к ней. Содержание слабосвязанной воды в контроле у растений сорта С-4727 колебалось в пределах 37—38%, а у растений сортообразца Чимбай-6 амплитуда колебания была более широкой — 35—45% (табл. 2). Во время засухи количество слабосвязанной воды в листьях растений сильно снижается, особенно в фазе цветения. Большой расход воды в этот период связан, по-видимому, с формированием репродуктивных органов и с повышением общей физиологической активности растений. Таким образом, период цветения является

Таблица 2
Содержание воды в листьях хлопчатника при различной влажности почвы (% на сырую массу).
Вегетационные опыты 1968 г.

Дата	Вариант	Фаза развития	С-4727			Чимбай-6		
			общая	слабосвязанная	прочносвязанная	общая	слабосвязанная	прочносвязанная
10.07	Контроль Засуха 1-я	I*	77,80±0,2	37,00±0,6	40,80±0,8	80,50±0,1	42,70±0,5	37,80±1,0
			73,0±0,3	26,30±0,6	46,7±0,3	75,5±0,1	29,20±0,6	46,30±1,1
01.08	Контроль Засуха 2-я	II	79,4±0,1	37,20±0,4	42,2±0,5	78,3±0,3	35,0±0,7	43,3±0,6
			70,4±0,4	21,2±0,5	49,2±0,8	73,6±0,2	22,7±0,1	50,9±0,1
18.08	Контроль Засуха 3-я	III	81,4±0,4	38,0±0,6	43,4±0,3	82,3±1,0	45,0±1,0	37,3±0,7
			77,8±0,5	34,0±1,0	43,8±0,5	76,8±0,4	33,5±1,0	44,3±0,4

* 1-я засуха — в фазе бутонизации, 2-я — цветения, 3-я — плодоношения.

Таблица 3
Содержание воды в листьях хлопчатника после возобновления полива (% на сырую массу).
Вегетационные опыты 1969 г.

Дата	Вариант	Фаза развития	С-4727			Чимбай-6		
			общая	слабосвязанная	прочносвязанная	общая	слабосвязанная	прочносвязанная
04.08	Контроль Засуха 1-я	I*	80,55±0,1	34,80±0,0	45,75±0,1	80,7±0,1	35,7±0,5	45,20±0,3
			82,52±0,3	46,30±0,6	36,22±0,7	83,05±0,4	35,50±1,5	47,55±0,7
18.08	Контроль Засуха 2-я	II	81,04±0,4	38,00±1,5	43,04±0,9	82,03±0,3	45,00±1,0	37,03±0,7
			82,49±0,3	46,00±1,0	36,40±1,3	83,70±0,5	41,50±0,4	42,20±0,9
09.09	Контроль Засуха 3-я	III	78,30±0,3	24,00±0,0	53,30±0,3	80,30±0,2	31,50±1,0	48,8±0,7
			81,30±0,5	27,50±0,5	53,80±0,0	83,00±1,5	34,50±1,0	49,50±0,0

* 1-я засуха — в фазе бутонизации, 2-я — цветения, 3-я — плодоношения.

«критическим» в жизни растений хлопчатника, и в этот период растение особенно нуждается в воде (Талат, 1964).

Как видно из табл. 2, у растений хлопчатника, выращенных при недостаточной водообеспеченности, значительно увеличивается содержание прочносвязанной воды по сравнению с растениями, выращенными в условиях оптимального водоснабжения. Причем сортовые различия наблюдаются не только в общем содержании воды, но и в ее фракционном составе. Образец Чимбай-6 в условиях почвенной засухи содержит в листьях больше общей и прочносвязанной воды, чем сорт С-4727. Наиболее высокое содержание прочносвязанной воды у образца Чимбай-6 приходится на ответственный период развития — фазу цветения и начало плодообразования. В условиях засухи это приводит к более экономному расходованию воды.

По данным многих авторов, в процессе адаптации растений к недостатку воды у них вырабатывается ряд приспособительных признаков, повышающих засухоустойчивость растений. В этом отношении особенно интересны работы И. И. Туманова (1926, 1929) с подсолнечником. Он проводил опыты по закаливанию растений подсолнечника в условиях вегетационного домика, подвергая их многократному завяданию. В результате происходил процесс их закаливания. Опытные растения отличались от контрольных ксероморфной структурой и большей устойчивостью к засухе. Опыты П. А. Генкеля и С. С. Пологовой (1934) с пшеницей показали, что периодическое предпосевное высушивание намоченных семян пшеницы позволяет повысить ее засухоустойчивость. При этом опытные растения также обнаруживали большее содержание прочносвязанной воды по сравнению с контрольными.

При изучении засухоустойчивости растений важно учитывать не только оводненность листьев и фракционный состав воды, но и способность растений восстанавливать тургор после полива. В табл. 3 приведены данные по содержанию воды в листьях опытных растений хлопчатника после возобновления полива. Как видно из таблицы, растения обоих сортов, подвергавшиеся засухе, после полива оводнены достаточно хорошо. Повышение оводненности происходит в большинстве случаев за счет увеличения слабосвязанной воды. Такая закономерность более четко проявляется у сорта С-4727, чем у образца Чимбай-6, что, вероятно, объясняется более высокой засухоустойчивостью сортообразца Чимбай-6, а следовательно, и менее четкой реакцией его на засуху.

В 1969 г. мы проводили вегетационные и полевые опыты в Ботаническом саду Каракалпакского филиала АН УзССР. В опытах использовались те же сорта хлопчатника.

В условиях вегетационного опыта в процессе прохождения фенофаз оводненность листьев постепенно снижается у обоих сортов хлопчатника как при засухе, так и в условиях оптимальной влажности почвы (табл. 4), что связано со старением растений. Более

высокая оводненность тканей листьев отмечена у контрольных растений. Снижение общего содержания воды в тканях листьев наблюдается у растений обоих сортов хлопчатника, получавших недостаточное количество воды в почве. Особенно большая потеря воды листьями отмечена в период цветения. Большой расход воды во время цветения вызван образованием репродуктивных органов. В результате общий запас воды понижается не только у растений в условиях водного дефицита, но и при оптимальной влажности почвы. Однако уменьшение общего запаса воды в «критический» период более четко выражено при засухе.

В табл. 4 показаны изменения фракционного состава воды в течение вегетационного периода. Содержание слабосвязанной воды во все периоды развития было большим у растений, выращенных в условиях оптимальной влажности почвы. Максимальное со-

засухоустойчивых растений сорта С-4727 (соответственно 16,9; 14,0 и 13,6%). Количество прочносвязанной воды всегда было выше у растений, подвергшихся засухе, по сравнению с контрольными. Максимальное содержание прочносвязанной воды у обоих сортов хлопчатника наблюдалось в фазах бутонизации и цветения (у С-4727 — 53,3%, у Чимбай-6 — 57,3%).

Усиление процесса связывания воды в условиях засухи влияет на интенсивность транспирации, при которой расходуется в первую очередь свободная вода (Алексеев, Гусев, 1962; Петников, Рахимов, 1971).

В условиях полевого опыта при оптимальной влажности почвы (70—75% от ППВ) отмечено повышенное содержание слабосвязанной воды во все периоды развития растений, тогда как у расте-

Содержание воды в листьях хлопчатника по фазам развития

Дата	Вариант	Фаза развития	С-4727	
			общая	слабосвязанная
17.07	Контроль	I*	82,8±0,0	57,6±0,05
	Влажность 60%		82,0±0,60	38,7±2,59
	40%		74,2±0,25	36,0±0,15
26.07	Контроль	II	77,8±1,10	32,7±0,40
	Влажность 60%		77,0±0,15	33,7±1,70
	40%		70,2±1,21	16,9±0,40
11.08	Контроль	III	84,2±0,85	36,0±0,05
	Влажность 60%		74,0±1,05	34,0±0,25
	40%		65,0±1,0	14,0±0,60
28.08	Контроль	IV	72,4±1,30	30,6±0,35
	Влажность 60%		71,0±0,80	18,4±0,25
	40%		66,5±1,0	13,6±0,15

* I — фаза 2 пар настоящих листьев, II — бутонизации, III — цветения, IV —

плодоношения. То же в табл. 5—9.

держание воды в этой фракции наблюдалось в начальные фазы развития растений. В последующие фазы развития происходило постепенное снижение содержания слабосвязанной воды у обоих сортов. С ухудшением водообеспеченности растений снижается общее содержание воды в листьях, в том числе количество подвижной формы. Самое низкое содержание слабосвязанной воды отмечено в растениях, выращенных при недостатке воды в почве, в фазе бутонизации, цветения и плодоношения, особенно у менее

(% на сырую массу). Вегетационные опыты 1969 г.

	Чимбай-6			
	прочносвязанная	общая	слабосвязанная	прочносвязанная
25,2±0,65	85,0±1,0	51,2±1,0	33,8±0,0	
43,3±3,10	84,0±1,0	47,0±1,0	37,0±2,0	
39,2±0,40	75,2±0,50	31,9±0,70	43,3±0,20	
45,1±1,59	83,2±0,20	36,6±0,80	45,7±1,0	
43,3±1,85	75,7±1,05	23,7±0,40	52,0±1,45	
53,3±1,60	72,3±0,90	15,0±1,0	57,3±0,10	
48,2±1,0	80,8±1,20	36,7±0,70	44,1±0,50	
40,0±0,80	78,6±0,35	32,7±0,85	45,9±1,20	
51,0±0,60	68,8±0,0	16,8±0,85	52,0±0,85	
41,8±0,45	75,7±0,25	38,0±0,20	37,7±0,24	
52,6±1,65	73,5±0,51	31,0±0,59	42,5±1,0	
52,9±1,21	70,3±0,30	17,8±0,45	52,5±0,15	

плодоношения. То же в табл. 5—9.

ний, выращенных в условиях недостатка воды в почве (60—40% от ППВ), процент прочносвязанной воды был выше, чем в контроле.

Данные табл. 4 показывают также, что имеются сортовые различия во фракционном составе воды. Растения сортаобразца Чимбай-6 в течение всего вегетационного периода содержали больше прочносвязанной воды, чем растения сорта С-4727, причем повышение содержания прочносвязанной воды происходило главным образом в момент образования репродуктивных органов. Пе-

ревод воды из активного состояния в связанное используется устойчивыми растениями как защитное средство от обезвоживания. Аналогичные данные получены и другими исследователями (Петин, Рахимов, 1968, 1971; Гладышева, 1957).

В полевых опытах установлена такая же закономерность, что и в вегетационных. Общее содержание воды в листьях хлопчатника у обоих сортов изменялось в течение вегетационного периода и зависело от фазы развития и влажности почвы (табл. 5). Наиболее высокая оводненность листьев наблюдалась в I варианте опыта при оптимальной влажности почвы (полив по схеме 1—2—2). У растений обоих сортов отмечено повышенное содержание общей воды в начальные периоды развития и уменьшение общего запаса в конце вегетации (у сорта С-4727 — 76,8%, у образца Чимбай-6 — 76,4%), причем оводненность листьев была более высокой у рас-

в последующие фазы развития хлопчатника. Таким образом, ухудшение условий водоснабжения приводит к снижению количества слабосвязанной и повышенной прочносвязанной воды в листьях обоих сортов хлопчатника.

По данным полевых опытов 1969 г., листья растений сорта С-4727 в период от двух пар листьев до бутонизации при поливе по схеме 1—2—2 содержали 29,4% прочносвязанной воды, по схеме 2—0—0—43,3%, в период полной бутонизации — соответственно — 42,1 и 45,5%, в период цветения — 32,6 и 40,9%, в начале плодообразования — 28,0 и 44,6%. Аналогичные результаты получили и другие исследователи (Талат, 1964; Дурдыева, 1969). Повышенное содержание общей и слабосвязанной воды отмечается у образца Чимбай-6 как в контроле, так и в опыте. В полевых опытах характер изменения содержания прочносвязанной воды

Таблица 5

Содержание воды в листьях хлопчатника по фазам развития

Дата	Вариант	Фаза развития	С-4727	
			общая	слабосвязанная
21.07	Контроль Полив по схеме 1—0—0	I	81,3±0,3	51,9±1,1
			82,0±0,5	38,7±1,1
29.07	Контроль Полив по схеме 0—1—0	II	86,0±1,0	43,9±0,9
			80,0±0,4	34,5±0,8
14.08	Контроль Полив по схеме 0—0—0	III	75,4±0,1	41,8±0,1
			74,9±1,5	34,0±1,5
13.09	Контроль Полив по схеме 0—0—0	IV	76,8±0,1	48,8±0,1
			76,6±1,4	32,0±1,4

тений сорта Чимбай-6, как в контрольных, так и в опытных вариантах.

Влажность почвы во многом влияет на перераспределение различных форм воды (табл. 5). Чем лучше условия водоснабжения, тем выше отношение слабосвязанной воды к прочносвязанной. Содержание слабосвязанной воды всегда выше у растений, выращенных в условиях оптимальной влажности почвы (контроль). Количество слабосвязанной воды в процессе развития растений уменьшается, особенно в фазе цветения и плодообразования, тогда как содержание прочносвязанной воды, наоборот, повышается в эти фазы, как у контрольных, так и у опытных растений. Более четкие различия в распределении этих форм воды наблюдаются

(% на сырую массу). Полевые опыты 1969 г.

прочносвязанная	Чимбай-6		
	общая	слабосвязанная	прочносвязанная
29,4±0,2	85,2±1,0	53,4±2,7	31,8±2,7
43,3±0,1	81,7±3,8	38,5±3,3	43,2±3,3
42,1±0,1	86,2±1,1	45,2±2,0	41,2±2,0
45,5±0,4	79,4±0,7	32,9±1,0	46,5±1,0
32,6±0,1	81,0±1,0	42,5±0,5	38,5±0,2
40,9±0,5	76,0±1,5	35,8±0,5	40,2±2,0
28,0±2,9	76,4±0,0	52,0±0,0	24,4±0,0
44,6±1,5	75,4±0,8	29,9±0,8	45,5±1,1

в листьях был несколько иным по сравнению с вегетационными опытами. В начале и конце вегетации наблюдается повышенное содержание прочносвязанной воды. Обнаружено, как и в предыдущих опытах, повышенное содержание прочносвязанной воды во время цветения у сортообразца Чимбай-6. В условиях более благоприятного полива (по схеме 1—2—2) у хлопчатника Чимбай-6 наблюдается более интенсивный рост, более высокая урожайность. По мнению А. М. Алексеева (1948) и С. Н. Петинова (1957), преобладание «свободной» воды над «связанной» свидетельствует о повышенном тонусе растений.

В табл. 6 и 7 показано содержание воды в растениях после возобновления полива в вегетационных и полевых опытах. Растения обоих сортов, подвергшиеся засухе, после полива достаточно быстро восстанавливали водный дефицит, причем недостаток воды

быстрее восстанавливается у растений, испытавших засуху в начальные периоды развития, как в полевых, так и в вегетационных

Содержание воды в листьях хлопчатника по фазам развития после

Дата	Вариант опыта	Фаза развития	С-4727	
			общая	слабосвязанная
05.08	Контроль	I	76,8±0,2	33,0±0,2
	Влажность 60%		75,3±0,3	36,5±0,5
	40%		68,7±0,6	27,7±0,6
13.08	Контроль	II	81,9±0,1	37,7±0,4
	Влажность 60%		80,2±0,9	35,7±0,8
	40%		80,2±1,2	37,2±0,4
25.08	Контроль	III	75,5±0,0	41,8±0,3
	Влажность 60%		74,2±0,1	36,7±0,5
	40%		71,8±0,2	31,7±1,3
16.09	Контроль	IV	76,8±0,2	31,7±0,8
	Влажность 60%		76,8±0,2	31,7±0,0
	40%		72,2±0,1	23,4±0,1

Содержание воды в листьях хлопчатника по фазам развития после

Дата	Вариант опыта	Фаза развития	С-4727	
			общая	слабосвязанная
09.08	Контроль	I	81,5±0,50	43,9±1,1
	Полив по схеме 1-0-0		82,8±0,20	46,5±0,2
19.08	Контроль	II	77,1±1,10	47,6±0,30
	Полив по схеме 0-1-0		75,2±1,10	50,5±0,50
27.08	Контроль	III	77,3±0,20	43,0±1,0
	Полив по схеме 0-0-0		76,4±0,15	43,8±1,45
14.09	Контроль	IV	76,7±0,25	37,5±0,65
	Полив по схеме 0-0-0		75,5±0,70	42,0±0,30

опытах. Восстановление водного дефицита более интенсивно идет в конце вегетации. Это явление, по-видимому, обусловлено тем,

что при более сильном отнятии воды из клеток проницаемость протоплазмы сильно нарушена, что затрудняло восстановление

Таблица 6
возобновления полива (% на сырую массу). Вегетационные опыты 1969 г.

прочносвязанная	Чимбай-6		
	общая	слабосвязанная	прочносвязанная
43,8±0,4	83,0±0,8	36,9±0,1	46,1±1,0
38,8±0,3	77,1±0,4	33,2±0,3	43,9±0,7
41,0±0,3	75,6±0,3	30,0±0,7	42,7±1,7
41,2±0,3	82,6±0,7	37,5±1,2	45,1±2,0
44,5±1,7	82,7±0,1	37,9±0,2	41,8±0,7
41,0±0,7	81,9±0,6	40,7±0,2	41,2±0,2
33,7±0,3	77,2±1,1	36,0±0,2	41,2±0,3
37,5±0,6	76,8±0,5	38,8±0,1	38,0±0,2
40,1±1,5	76,5±0,1	37,6±0,4	38,9±0,2
49,0±0,5	78,6±0,4	32,7±0,1	45,9±1,0
51,0±0,8	77,8±0,2	31,4±1,0	34,4±1,2
48,8±0,7	70,0±0,0	25,2±0,4	44,8±0,4

Таблица 7
возобновления полива (% на сырую массу). Полевые опыты 1969 г.

Чимбай-6			
прочносвязанная	общая	слабосвязанная	прочносвязанная
37,6±1,60	80,0±0,35	42,0±0,15	38,8±0,20
26,3±0,10	82,0±0,0	39,8±0,70	42,2±0,30
29,5±0,50	79,6±0,60	47,6±0,60	31,0±0,05
24,7±1,60	78,5±0,50	45,0±0,15	33,5±0,15
34,3±0,80	79,3±0,15	46,9±0,20	32,4±0,35
78,6±0,85	44,7±0,85	44,7±0,85	33,8±1,70
39,2±0,90	77,0±0,25	40,3±0,30	36,7±0,05
33,5±0,40	79,3±0,25	43,0±1,0	36,3±1,25

нормального тургора при благоприятных условиях после возобновления полива (Олейникова, 1964, 1969; Несчетная, 1969).

У растений образца Чимбай-6 после возобновления полива оводненность была выше, чем у растений сорта С-4727. Водный дефицит более активно восстанавливался у растений сортообразца Чимбай-6, что объясняется высокой засухоустойчивостью этого сорта по сравнению с сортом С-4727. Наши наблюдения вполне согласуются с данными, полученными Л. Н. Несчетной (1969), которая также считает, что засухоустойчивые сорта после возобновления полива быстрее восстанавливают тургор, чем незасухоустойчивые.

Результаты вегетационных опытов 1970 г. (табл. 8) подтверждают результаты опытов предыдущих лет. Листья контрольных растений содержали больше общей воды, чем растения, выращенные в условиях недостатка воды. Общая оводненность растений снижалась по мере прохождения ими основных фаз онтогенеза. Максимальное содержание общей воды наблюдалось у контрольных растений в период формирования репродуктивных органов. Это результат более интенсивного поглощения воды корневой системой в этот период развития.

Оводненность контрольных растений была значительно выше по сравнению с растениями, выращенными в условиях водного дефицита. Однако в опытных растениях наблюдается постепенное повышение оводненности, иногда приближающейся к контрольным растениям: у сорта С-4727 в контроле — 80,2%, в опыте — 87,6%; у образца Чимбай-6 в контроле — 66,7%, в опыте — 76,9%. Это показывает, что по мере действия засухи устойчивость растений к засухе повышается (Брегетова, 1960).

В табл. 8 отмечены изменения содержания фракционного соотношения воды в течение вегетации. В онтогенезе хлопчатника в условиях засухи происходит некоторое перераспределение имеющейся воды в листьях. Содержание слабосвязанной воды в течение вегетации снижается у обоих сортов во всех вариантах опыта, тогда как содержание прочносвязанной воды, наоборот, увеличивается. Повышенное содержание прочносвязанной воды отмечено в фазы бутонизации и цветения во всех изученных вариантах опыта. У образца Чимбай-6 это выражено особенно четко по сравнению с сортом С-4727, что лишний раз свидетельствует о более высокой засухоустойчивости этого сорта.

В табл. 9 приведены данные, полученные в полевых опытах 1970 г. Они подтверждают ту же закономерность, которая была получена в вегетационных опытах. Листья контрольных растений оводнены достаточно хорошо в основном в начальные фазы развития; в период до начала цветения в растениях сорта С-4727 содержалось 79,0% воды, в растениях образца Чимбай-6 — 79,2%. Меньшая оводненность листьев наблюдается у растений, подвергшихся засухе: у сорта С-4727 в начале бутонизации содержание воды составило 75,6%, в период цветения — 76,4%, у образца Чимбай-6 — соответственно 74,1 и 74,3%.

Данные табл. 9 показывают, что при незначительном снижении

Таблица 8

Содержание воды в листьях хлопчатника по фазам развития (% на сырую массу). Вегетационные опыты 1970 г.

Дата	Вариант опыта	Фаза развития	С-4727			Чимбай-6		
			общая	слабосвязанная	прочносвязанная	общая	слабосвязанная	прочносвязанная
10.07	Контроль Засуха 1-я	I	78,2 ± 1,2	29,8 ± 0,25	48,4 ± 0,85	82,8 ± 1,75	25,8 ± 0,7	47,0 ± 0,95
15.07	Конт. оль Засуха 2-я	II	73,7 ± 0,65	27,0 ± 0,1	46,7 ± 1,25	79,3 ± 1,15	18,0 ± 0,55	61,3 ± 1,2
7.08	Конт. оль Засуха 3-я	III	80,2 ± 0,55	31,0 ± 1,05	49,2 ± 0,5	77,7 ± 0,7	32,8 ± 0,1	44,9 ± 1,8
20.08	Контроль Засуха 4-я	IV	77,6 ± 0,40	21,4 ± 0,45	51,5 ± 0,85	76,9 ± 0,9	19,8 ± 0,85	57,1 ± 0,65
			83,0 ± 0,0	21,7 ± 0,05	51,3 ± 0,05	81,5 ± 0,5	21,3 ± 0,7	54,2 ± 1,05
			73,0 ± 0,50	17,7 ± 0,7	55,2 ± 1,20	78,1 ± 0,9	19,8 ± 0,4	53,3 ± 1,3
			82,8 ± 0,0	21,0 ± 0,0	58,8 ± 0,0	80,3 ± 0,3	25,1 ± 0,4	55,2 ± 0,7
			73,2 ± 0,35	14,9 ± 0,70	58,3 ± 0,70	75,6 ± 0,15	12,7 ± 0,25	62,9 ± 0,2

Таблица 9

Содержание воды в листьях хлопчатника по фазам развития (% на сырую массу). Полевые опыты 1970 г.

Дата	Вариант	Фаза развития	С-4727			Чимбай-6		
			общая	слабосвязанная	прочносвязанная	общая	слабосвязанная	прочносвязанная
08.07	Контроль Без полива	I	79,2 ± 0,4	35,5 ± 0,4	43,7 ± 0,1	80,3 ± 0,0	43,1 ± 0,2	37,2 ± 0,3
20.07	Конт. оль Без полива	II	75,0 ± 0,0	21,2 ± 0,4	45,8 ± 0,4	74,1 ± 0,2	31,6 ± 0,0	42,5 ± 0,2
06.08	Конт. оль Без полива	III	79,0 ± 0,1	41,1 ± 0,4	37,9 ± 0,5	79,2 ± 0,8	26,7 ± 0,0	42,5 ± 0,8
20.08	Контроль Без полива	IV	73,0 ± 0,4	27,0 ± 0,1	46,0 ± 0,5	75,8 ± 0,3	27,6 ± 1,0	48,2 ± 0,7
			78,4 ± 0,2	50,2 ± 0,2	28,2 ± 1,0	79,6 ± 0,4	48,5 ± 0,3	31,1 ± 0,1
			76,4 ± 0,1	32,2 ± 0,1	44,2 ± 0,0	74,5 ± 0,1	20,2 ± 0,1	44,3 ± 0,9
			76,9 ± 0,1	48,8 ± 0,5	28,1 ± 0,1	45,2 ± 0,3	45,2 ± 0,3	31,8 ± 0,5
			75,1 ± 0,0	40,2 ± 0,1	34,9 ± 0,1	76,0 ± 0,5	41,7 ± 0,4	34,3 ± 0,9

общего содержания воды в листьях хлопчатника наблюдается перераспределение отдельных фракций воды. Это выразилось в уменьшении содержания наиболее слабо удерживаемой и повышении содержания прочносвязанной воды. Увеличение содержания прочносвязанной формы воды при недостатке воды в почве приводит к повышению водоудерживающей способности листьев хлопчатника по сравнению с растениями, выращенными в условиях оптимальной влажности почвы. В условиях почвенной засухи наиболее четкие различия наблюдаются во фракционном составе воды. Содержание прочносвязанной воды выше у растений, подвергавшихся засухе во всех вариантах опыта (табл. 9). Сорта хлопчатника различаются по фракционному составу воды. Образец

Содержание воды в листьях хлопчатника по фазам развития после

Дата	Вариант опыта	Фаза развития	С-4727	
			общая	слабо связанная
23.08	Контроль Засуха 1*	I	82,9±0	29,7±0,0
			83,6±0,3	28,8±0,4
13.08	Контроль Засуха 2	II	81,0±0,0	23,5±0,0
			81,4±0,4	21,1±0,1
30.08	Контроль Засуха 3	III	81,4±0,0	37,7±0,2
			81,6±0,2	28,0±0,0

* Засуха 1-я — в фазе бутонизации, 2-я — цветения, 3-я — плодоношения.

Чимбай-6 содержит в листьях больше прочносвязанной воды, чем сорт С-4727, особенно в фазы бутонизации и цветения. Содержание этой воды у сорта С-4727 в период бутонизации 46,0%, в период цветения — 44,2%, у растений сорта Чимбай-6 — соответственно 48,2 и 44,3%.

В конце вегетации повышение содержания прочносвязанной воды происходило быстрее у образца Чимбай-6, что указывает на более быстрое старение этих растений. Подобные данные получены и на других растениях (Лерман, 1966). Опыты автора показали, что у местных, более приспособленных растений, разрушение прочносвязанной воды в конце вегетации происходит быстрее, чем у менее приспособленных. Чимбай-6 более приспособлен к данным условиям, чем С-4727.

Растения сортообразца Чимбай-6 в условиях недостатка воды в почве лучше переносят засуху, они обладают более интенсивным ростом, большей урожайностью, чем растения сорта С-4727. Л. Н. Несечная (1969) отмечает, что в условиях засухи более засухоустойчивые сорта содержат в листьях больше общей и прочносвязанной более упорядоченной фракции воды.

В табл. 10 приведены данные по содержанию воды в листьях хлопчатника после возобновления полива. Растения обоих сортов восстанавливают первоначальное содержание воды, особенно в начальные периоды развития. У сорта С-4727 после возобновления полива в контрольных растениях содержалось 83,0% воды, при засухе-1 — 83,6%, у образца Чимбай-6 — соответственно 83,5 и 84,8%. У образца Чимбай-6 в условиях засухи было повышено содержание общей и прочносвязанной воды. Одна из особенностей этого сорта — малая потеря внутриклеточной воды в условиях засухи, а следовательно, сохранение повышенной оподненности листьев и более интенсивное восстановление после возобновления полива. Ф. Д. Сказкин (1957) такую

Таблица 10

возобновления полива (% на сырую массу). Вегетационные опыты 1970 г.

Чимбай-6	Чимбай-6		
	общая	слабо связанная	прочносвязанная
прогносвязанная			
53,2±0,0	83,5±0,0	33,3±0,3	50,2±0,7
54,8±0,2	84,6±0,2	37,0±0,5	47,6±0,3
59,5±0,5	82,0±0,2	27,1±0,1	54,9±0,7
52,3±0,5	81,1±0,3	27,0±0,6	54,1±0,1
53,7±0,2	78,9±0,5	30,6±0,3	48,3±0,5
53,6±0,2	81,3±0,6	27,6±0,3	53,7±0,3

восстановительную способность связывает с засухоустойчивостью растений.

Из изложенного выше видно, что в исследованиях особое место уделено анализу изменения общего содержания и фракционного состава воды по фазам развития хлопчатника при различных условиях водоснабжения. Чем хуже условия водоснабжения, тем ниже оподненность клеток и резче выражены количественные показатели фракционного состава воды. Изменение состояния и содержания воды в растениях полностью коррелирует с влажностью почвы, на которой они выращиваются. Мы установили также «критический» период развития хлопчатника в конкретных почвенно-климатических условиях Каракалпакки. От недостатка воды в почве хлопчатник особенно страдает в фазе цветения и в начале плодообразования. Содержание связанной воды было намного выше у растений, выращенных в условиях достаточной почвенной влаги при сниженной влажности почвы (40% от ППВ), по сравнению с растениями контрольного варианта, что свидетельствует об адаптации хлопчатника к условиям ограниченного водоснабжения.

ВОДНЫЙ ОБМЕН РАСТЕНИЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ ПОЛИВА (В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ)

Формирование и развитие хлопчатника происходило в жарком сухом климате тропических и субтропических стран, в условиях недостаточного водоснабжения. В этих условиях возникали и развивались приспособительные признаки, позволяющие растениям выстоять при воздействии водного дефицита и высоких температур. Эти признаки довольно разнообразны, что привело, в частности, к образованию различных экотипов, для которых характерны скороспелость, засухоустойчивость, жароустойчивость, теплоустойчивость. Образовались виды хлопчатника, успешно развивающиеся и характеризующиеся высокой продуктивностью даже при жестких климатических условиях. Деятельность человека по возделыванию хлопчатника также сыграла большую роль в создании новых форм растений, по-разному реагирующих на воздействие недостатка воды и высокой температуры.

Анализ адаптивных признаков растений к водному дефициту впервые был дан К. А. Тимирязевым (1957), затем эти представления были дополнены Н. А. Максимовым (1952), В. Р. Заленским (1904), А. М. Алексеевым (1963), П. А. Генкелем (1946), Н. С. Петинным (1954), Н. А. Гусевым (1968).

Вопросами скороспелости и устойчивости к воздействиям недостатка воды, высоким и низким температурам хлопчатника занимались многие исследователи (Зайцев, 1929; Мауер, 1954; Енилеев, 1955; Назиров, 1960, 1970; Константинов, 1967; Мухамеджанов, Закиров, 1968; Тер-Авесян, 1975; Самиев, 1979; и др.). Работы перечисленных авторов сыграли большую роль в разработке и познании природы приспособления хлопчатника к действию водного дефицита, а также нахождения путей преодоления неустойчивости растений к засухе.

При действии не только почвенной засухи, а также и других неблагоприятных факторов среды, возникают ответные реакции, вызывающие подавление защитных приспособительных признаков. Необходимо было выяснить биологические особенности растений, их отдельных сортов, выяснить характерные ответные реакции на воздействие отрицательных факторов среды. Определение природы ответных реакций и приспособительных признаков имеет важное значение для селекционной работы и разработки защитных мероприятий по борьбе с нехваткой почвенной влаги.

Важным является внутреннее объединение химического и физического направления в изучении живых организмов и тех изменений, которые возникают при определенных условиях среды. Такие исследования позволяют определить биохимические и физические изменения в растениях при недостатке воды в почве и других неблагоприятных внешних факторах и выяснить механизмы ответных реакций. Определение приспособительных призна-

ков, связанных с устойчивостью хлопчатника к высокой температуре и почвенной засухе, показывает, что сортовые отличия разнообразны. Разработки проблемы приспособляемости хлопчатника к высоким температурам и к почвенной засухе требуют тесного сотрудничества специалистов в области генетики, селекции, физиологии и биохимии растений и многих других наук.

Водопоглощение, проницаемость протоплазмы, осмотическое давление клеточного сока, водоудерживающая сила являются физическими свойствами, тесно связанными с жизнедеятельностью клетки и обменом энергии.

Закаливание хлопчатника при почвенной засухе в наших опытах происходило по разным направлениям, что способствовало возникновению приспособительных признаков, уменьшающих вредные влияния высокой температуры при одновременном воздействии почвенной засухи.

Важный признак реакции хлопчатника на засуху — соотношение неупорядоченной и упорядоченной воды. Н. А. Гусев (1959) полагает, что при характеристике водного обмена растений процентное содержание воды различных фракций можно рассматривать как основной показатель устойчивости растений к засухе.

В Каракалпакии, как и в других районах Средней Азии, хлопчатник возделывается главным образом в условиях орошения. Орошение не только обеспечивает почву влагой, но и повышает процесс испарения воды с поверхности почвы, что способствует увеличению влажности воздуха и снижению температуры в травостое. Таким образом, при орошении создаются благоприятные условия для осуществления физиолого-биохимических процессов, протекающих в растениях. Положительное действие орошения проявляется во все периоды развития растений, однако особенно благоприятно оно в жаркие дни середины лета, сопровождающиеся суховеями.

В хлопкосеющих районах СССР в зависимости от природно-климатических условий применяются разные схемы поливов: поверхностное (самотечное) орошение, подпочвенное (подземное) и дождевальное.

Данные по схемам поливов хлопчатника можно найти в работах многих авторов. Так, В. А. Новиков (1934) рекомендует применять полив хлопчатника по схеме 3—6—1 при оросительной норме 400 м³/га, в работе В. Е. Еременко (1938) для тяжелых глинистых и суглинистых почв с глубоким залеганием грунтовых вод предлагается 7—8 поливов. Сотрудники СоюзНИИ считают оптимальным полив по схемам 2—3—2 и 2—3—1. Согласно данным З. Турсунходжаева (1964), для хлопчатника в фазе цветения и плодообразования ежедневно требуется до 100 м³/га воды. Автор предлагает для хлопчатника на сероземных почвах 5—6 поливов, на песчаных и супесчаных почвах — 5—7, на луговых — не более 3—4, на болотно-луговых — 2 полива.

В Каракалпакии, как в староорошаемых районах, так и на новоосвоенных орошаемых землях, требуется поддерживать более повышенный режим предполивной влажности почвы. По многолетним данным, в период от всходов до цветения влажность почвы должна быть на уровне 75—80%, при цветении — плодотворности — 75%, при созревании — 65% ППВ. Нормы и число поливов во многом зависят от уровня грунтовых вод, климатических условий, плодородия почвы. В зависимости от них число поливов колеблется от 4 до 7, поливные нормы — от 500 до 1000 м³/га оросительные нормы — от 3500 до 7000 м³/га (Имамалиев, Беспалов, 1980).

Поглощение воды корнями при засухе и расходование ее растениями — также сложный процесс. Поступление воды в растение совершается в тесной связи с обменом веществ и сопровождается определенной затратой энергии, более того — оно обусловлено чисто физическими явлениями — диффузией и силами осмотического давления (Краффе и др., 1951; Шардаков, 1960; и др.). Расходование воды определяется не только биологическими особенностями, но и окружающими надземные органы атмосферными условиями.

По данным Н. Назирова (1961), Н. Шерматова (1975), у скороспелых, среднеспелых и позднеспелых сортов хлопчатника расход воды меняется как в течение дня, так и на протяжении всей вегетации.

В течение вегетационного периода хлопчатник расходует огромное количество воды. Амударья, в связи с интенсивным освоением целинных земель, особенно в верхнем и среднем ее течении, в настоящее время не может удовлетворить водой растениеводство в регионе. Схемы поливов, применявшиеся в предыдущие 10—15 лет, в настоящее время применять невозможно из-за недостатка воды в Каракалпакской АССР. В связи с этим важно изучить новые возможности по выращиванию хлопчатника при сниженных нормах полива, в частности, выявить способы повышения засухоустойчивости путем постепенного закаливания в природных условиях.

Необходимо было выяснить также наиболее приемлемые фазы, при которых обеспечивалось бы лучшее закаливание растений при недостатке воды.

Известен метод предпосевного закаливания семян (Генкель, 1946—1982). При предпосевном закаливании под влиянием обезвоживания в растениях происходит глубокая физиологическая перестройка, сказывающаяся не только в начальные фазы развития, но и в течение всего периода онтогенеза. По данным, полученным в вегетационно-полевых опытах П. Н. Генкеля, закаленные растения обладают меньшим водным дефицитом, чем незакаленные. Закаленные растения легче переносят засуху, в меньшей степени повреждаются, быстрее оправляются после нее и в конеч-

ном итоге дают более высокий урожай. Научное обоснование полученных результатов исходит из принципов эволюционной теории и объясняет положительные результаты при длительном закаливании за счет модификации растений. Это показано в исследованиях И. И. Шмальгаузена (1938а; 1940; 1968), В. С. Кирпичникова (1935), Е. А. Мухина (1936), Ю. А. Новицкой (1956); М. Я. Школьник, Н. А. Макаровой (1957). Имеются данные о положительном влиянии на засухоустойчивость растений фосфорных подкормок (Гусев, 1959; Гладышева, Полимбетова, 1960), а также опрыскивания растений раствором сернокислого цинка (Петин, Молотковский, 1960).

В течение ряда лет мы провели серию опытов с применением разных приемов полива хлопчатника.

Первую засуху мы создавали временным прекращением поливов хлопчатника. Начиная с периода всходов и до фазы бутонизации растения не получали ни одного полива. Контрольные растения за этот срок получили 2 полива. В периоды развития закаливаемых растений влажность почвы на глубине 0—50 см составляла 50—55%, в контроле — 70—75% от ППВ.

Уменьшение содержания воды в процессе подсушивания позволяет растению переносить обезвоживание в молодом возрасте и благодаря этому активно приспосабливаться к засухе — обезвоживанию и перегреву (Генкель, 1961).

В табл. 11 приведены данные по общему содержанию и фракционному составу воды. Эти показатели зависят от влажности почвы и сортовых особенностей. Общее содержание воды в течение вегетации как у контрольных, так и у опытных растений всех изучаемых нами сортов, как правило, постепенно снижается от начала до конца вегетации. У всех сортов хлопчатника и во всех вариантах опыта самая высокая обводненность листьев отмечена в ранний период развития растений. По общему содержанию воды сорта Ч-3010 и Ч-160 в течение вегетации отличались незначительно. В листьях же растений сорта С-4727 в течение вегетации содержалось меньше воды, чем у названных сортов. В опытных вариантах, как правило, наблюдалась корреляция между влажностью почвы и общим содержанием воды в листьях хлопчатника у всех сортов.

Таким образом, при различных режимах полива происходят изменения в водном обмене растений. Об этих изменениях можно судить по степени восстановления показателей общего содержания и фракционного состава воды. После очередного полива растений опытного варианта эти показатели не достигают уровня контрольного варианта, что указывает на нарушение состояния водного обмена хлопчатника при нахождении его в первых периодах развития в условиях засухи. Растения сорта Ч-160 лучше восстанавливают первоначальное содержание воды, чем сорта С-4727 и Ч-3010. Общее содержание воды в листьях хлопчатника сорта Ч-160, подвергавшегося действию засухи в начальные фазы

развития, после возобновления полива ближе к контрольным растениям (у контрольных 76,5%, у опытных 74,6%). Растения сорта Ч-160 в течение вегетации в условиях засухи отличаются более высоким общим содержанием воды по сравнению с сортами С-4727 и Ч-3010. В фазе бутонизации в листьях растений этого сорта содержится 75% воды, при цветении — 74,6, при плодоношении — 74,0, в начале созревания — 73,9.

Результаты наших исследований показывают также, что водный режим почвы, искусственно создаваемый в течение вегетации, накладывает отпечаток также на фракционный состав воды в тканях растений. Главная особенность его — зависимость от степени гидратации коллоидов протоплазмы при засухе. Снижение степени гидратации у контрольных растений привело к уменьшению количества прочносвязанной воды и к снижению водоудерживающей

Содержание воды в листьях хлопчатника при разных схемах полива

Фаза	Вариант	Схема полива	С-4727		
			общая	слабо-связанная	прочно-связанная
2-3 наст. листа	Контроль	1-2-0	76,2±1,0	42,1±1,2	34,1±1,1
	Опыт	0-0-0	73,4±0,6	31,8±1,3	41,6±0,8
Начало бутонизации	Контроль	0-1-0	76,3±0,7	40,9±0,9	35,4±0,6
	Опыт	0-1-0	73,2±0,5	37,0±0,8	34,0±0,2
Начало цветения	Контроль	0-2-0	75,2±0,6	39,6±0,8	35,6±0,4
	Опыт	0-0-1	72,0±0,4	34,6±0,7	37,4±0,3
Начало плодообраз.	Контроль	0-0-1	72,6±0,3	35,4±0,6	37,2±0,2
	Опыт	0-0-0	71,2±0,2	32,9±0,5	38,4±0,3

способности растений. У растений же опытного варианта в результате недостатка воды в почве увеличилось содержание прочносвязанной воды и повысилась способность листьев удерживать воду.

Таким образом, можно заключить, что общее содержание воды в растениях в течение вегетационного периода изменяется в зависимости от влажности почвы, но степень изменения у разных сортов неодинакова. Содержание слабосвязанной формы воды у растений, выращенных в условиях оптимального фона увлажнения, во все периоды развития было выше, чем у растений, выращенных при пониженном содержании воды в почве. Количество слабосвязанной воды по мере роста растений постепенно снижается как в контрольных, так и в опытных вариантах, за исключением первых периодов развития у растений опытного варианта. Когда растения испытывали недостаток воды в почве на ранних фазах развития, в фазе бутонизации отмечалось уменьшение содержания слабосвязанной формы воды в сравнении с растениями оптимального фона увлажнения. Растения, выращенные на ограниченном фоне

увлажнения, теряют слабосвязанную воду в большей степени, что можно объяснить различиями в степени действия засухи на растения. У контрольных растений, выращенных при оптимальном водоснабжении, повышенное содержание слабосвязанной воды отмечается с ранних фаз развития. Максимальное количество слабосвязанной воды у них отмечается в фазах бутонизации и цветения. У растений, выращенных при недостаточном водоснабжении, максимум накопления слабосвязанной воды приходится на фазу бутонизации у всех сортов.

В табл. 11 приведены также данные об изменении содержания прочносвязанной воды по фазам развития хлопчатника. Содержание прочносвязанной воды изменяется с возрастом растений, а также в зависимости от влажности почвы и сортовых различий. У растений в начальных фазах развития в условиях недостатка

Таблица 11

(% на сырую массу). Опыты 1975 г.

Ч-3010			Ч-160		
общая	слабо- связанная	прочно- связанная	общая	слабо- связанная	прочно- связанная
77,2±0,7	42,2±1,3	35,0±1,0	77,9±0,6	42,4±1,4	35,5±0,9
74,6±0,5	33,4±1,2	41,2±0,8	75,0±0,4	33,0±1,0	42,4±0,4
76,0±0,3	39,8±0,9	36,2±0,4	76,5±0,3	40,6±0,9	35,9±1,0
35,4±0,6	38,6±0,5	75,6±0,2	35,0±0,7	35,0±0,7	40,6±0,8
75,6±0,2	38,6±0,7	25,0±0,7	76,2±0,4	37,4±0,6	38,8±0,9
73,1±0,3	34,3±0,5	38,8±0,6	74,0±0,3	33,4±0,7	40,6±0,2
73,6±0,4	37,5±0,9	36,1±0,8	74,7±0,8	36,8±0,9	37,9±0,4
72,0±0,2	33,0±0,7	39,0±0,5	73,9±0,5	32,0±0,4	41,9±0,7

воды в почве происходит перевод части слабосвязанной воды в прочносвязанную. Особый интерес представляют данные о повышении количества прочносвязанной воды и увеличении коллоидов в протоплазме под влиянием засухи. Это очень важно, так как степень оводненности тканей растений в значительной мере определяет возможность осуществления основной функции живой протоплазмы — обмена веществ. Лишь при достаточной оводненности протоплазмы обмен веществ может протекать нормально.

Результаты наших исследований во все годы опытов показывают, что для засухоустойчивости важно не абсолютное количество прочносвязанной воды, а соотношение воды с более упорядоченной структурой и воды с менее упорядоченной структурой. В течение вегетации с повышением температуры воздуха у растений, выращенных в условиях ограниченного водоснабжения, отношение прочносвязанной воды к слабосвязанной выше, чем у растений в варианте с оптимальным режимом водообеспечения. Это свидетельствует, по-видимому, о большей устойчивости к обезвожива-

нию клетки растений, получивших жесткий фон орошения и выросших в условиях высокой температуры воздуха.

Утвердилось мнение о различной физиологической роли фракции воды: наличие свободной воды обуславливает физиологическую активность растений, влияет на ход таких процессов, как фотосинтез, дыхание, транспирация, рост и т. д., связанная вода определяет агрегативную устойчивость протоплазмы и тем самым влияет на устойчивость всего растения к неблагоприятным условиям внешней среды (Максимов, 1952; Алексеев, 1948; Петин, 1959; 1963; Гусев, 1957; Сент-Дьерди, 1960; Генкель, 1956).

В наших опытах показано, что чувствительность органов растений к водному дефициту зависит не только от фазы развития, но и от сортовых особенностей хлопчатника.

Сортовые различия по содержанию связанной воды в листьях

Содержание воды в листьях хлопчатника при различных схемах полива

Фаза	Вариант	Схема полива	С-4727		
			общая	слабосвязанная	прочносвязанная
2-3 наст. листа	Контроль	1-0-0	77,2±1,0	41,2±2,1	36,0±1,6
	Опыт	0-0-0	74,3±0,7	28,6±1,2	45,7±0,7
Начало бутониз.	Контроль	0-1-0	78,9±1,2	40,7±2,0	38,2±1,1
	Опыт	0-0-0	72,4±0,9	26,1±1,1	46,3±1,0
Начало цветения	Контроль	0-2-0	75,4±0,4	43,4±2,3	31,1±2,0
	Опыт	0-0-0	73,1±0,3	38,1±1,3	45,0±1,6
Начало плодообр.	Контроль	0-0-1	72,6±0,8	37,5±2,4	35,1±2,0
	Опыт	1-0-0	63,1±0,7	22,4±1,5	45,7±1,8

особенно заметны в начале и конце вегетации. Наибольшим содержанием прочносвязанной воды в течение вегетации характеризуется сорт Ч-160, за ним следует Ч-3010. Наименьшее содержание связанной воды наблюдалось у сорта С-4727. Н. Н. Назиров и Н. Т. Ташматов (1972) также отмечали наибольшую чувствительность этого сорта к недостатку воды в почве и к вилту по сравнению с другими сортами.

После возобновления полива растения опытных вариантов в фазе цветения и плодообразования восстановили водный обмен. У них показатели общего содержания, а также фракционного состава приближались к таковым у контрольных растений. Они отличались от контрольных лишь по уровню этих показателей. Это свидетельствует, по-видимому, о частичном нарушении клеточных структур в период засухи.

У сорта Ч-160 водный баланс восстановился после возобновления полива быстрее, чем у сортов С-4727 и Ч-3010. При засухе у этого сорта большая приспособляемость, лучший рост и развитие обусловили сохранение жизнеспособности генеративных органов,

особенно в фазах цветения и плодообразования, что в значительной степени определило более высокую продуктивность по сравнению с другими сортами.

Растения сорта Ч-3010 в условиях недостаточной влажности почвы в течение вегетации также характеризуются несколько повышенным содержанием прочносвязанной воды по сравнению с засухоустойчивым сортом С-4727, особенно в начальные периоды развития, когда растения испытывали недостаток воды в почве. По показателям водного режима в этих опытах сорт Ч-3010, как отмечено выше, занимает промежуточное положение между сортами Ч-160 и С-4727.

Таким образом, у растений всех опытных вариантов в условиях засухи изменяется общее содержание воды и соотношение различных ее фракций. Различия наиболее заметны в начальных фазах

Таблица 12

(% на сырую массу). Опыты 1976 г.

	Ч-3010			Ч-160		
	общая	слабосвязанная	прочносвязанная	общая	слабосвязанная	прочносвязанная
2-3 наст. листа	77,5±0,8	42,1±2,3	35,4±2,2	78,0±0,7	45,0±0,9	33,0±2,1
	75,2±0,7	28,2±2,2	43,0±1,4	76,6±0,4	27,0±0,7	49,6±1,6
Начало бутониз.	78,1±0,8	43,1±2,5	35,0±1,0	79,6±0,5	45,9±0,9	33,7±2,4
	74,1±0,6	25,9±2,1	48,2±1,6	76,0±0,5	26,0±0,4	50,0±2,0
Начало цветения	78,0±0,6	42,5±2,0	35,5±1,9	79,0±0,4	45,0±0,7	34,0±2,3
	77,0±0,5	29,0±2,1	48,0±1,4	76,4±0,2	28,1±1,0	48,3±0,9
Начало плодообр.	75,6±0,9	29,2±1,4	36,4±1,8	76,9±0,3	39,5±1,1	37,4±2,1
	71,5±0,4	24,5±1,3	47,0±1,3	73,0±0,2	24,4±1,3	48,6±1,4

развития растений. Увеличение количества прочносвязанной воды указывает на повышенную устойчивость растений, выращенных в условиях недостаточного поливного режима.

В табл. 12 представлены данные по общему содержанию и фракционному составу воды, полученные в опытах 1975 г. Семена собраны с контрольных и опытных делянок урожая 1974 г. Контрольный вариант всегда чередовался с опытным. Минеральные удобрения в контрольных и опытных вариантах вносили в одинаковых дозах, азотные удобрения — в виде аммиачной селитры, фосфорные — в виде суперфосфата. Показатели водообеспеченности в основном зависят от фазы развития и времени действия засухи (табл. 12). Общее содержание воды в растениях всех сортов контрольных вариантов было наиболее высоким в ранние фазы развития, до начала цветения. После цветения общее содержание воды снижается. В опытных вариантах снижение общего содержания происходит в фазе цветения и начала созревания, что указывает на более сильное действие засухи в этот период. Снижение содержания воды в конце вегетации, как правило, связано со старением растений.

Растения всех сортов, подвергавшиеся действию засухи, в первый период развития характеризуются более высоким общим содержанием воды, чем в последующие фазы (табл. 12). Это доказывает, что в эти периоды развития хлопчатник менее чувствителен к недостатку воды в почве. Наибольшее снижение общего содержания воды зафиксировано в фазе массового цветения и начала плодообразования у всех растений, выращенных в условиях ограниченного водоснабжения. Заметное снижение общего содержания воды отмечено у сортов в фазы массовой бутонизации и начала плодообразования.

Растения опытных вариантов поливали один раз в начале созревания, контрольные растения к этому времени получили три полива. Через 3 дня после полива производили учет изменения общего содержания и фракционного состава воды. У растений, получивших всего один полив, в конце вегетации показатели водного обмена не достигают уровня содержания воды растений контрольных вариантов (табл. 12). Это лишний раз показывает, что при действии засухи происходит нарушение водного обмена растений.

Растения, получившие в течение вегетации 2 полива (табл. 12), отличаются повышенным содержанием прочносвязанной воды во все периоды развития по сравнению с контролем. Особенно заметное увеличение содержания прочносвязанной воды происходит в периоды, характеризующиеся недостатком воды в почве, — в фазы цветения и плодообразования. В листьях растений сорта Ч-160 в условиях высокой температуры воздуха и ограниченного водоснабжения более высокое общее содержание воды и отношение содержания прочносвязанной воды к слабосвязанной, чем у других сортов.

Погодные условия 1974 и 1975 гг. были различными: лето 1975 г. (июнь, июль) было более жарким, чем в 1974 г. Пробы всегда брались при высокой температуре воздуха ($42-44^{\circ}\text{C}$), когда растения наряду с почвенной засухой испытывали и атмосферную.

По утверждению ряда авторов (Александров, Язуклыев, 1961; Язуклыев, 1964, 1964б; Шухтина, 1965), в природе при определенных температурных градиентах возникает тепловая закалка. Основываясь на данных о действии разной температуры воздуха на теплоустойчивость растений, произрастающих в естественных условиях, И. Г. Завадская (1961) делает вывод, что при недостатке почвенной влаги и высокой температуре устойчивость растений к различным повреждающим факторам повышается.

В наших опытах растения, испытывающие недостаток воды в почве, в условиях высокой температуры воздуха в начальные фазы развития меньше страдали от засухи. По-видимому, они при этих условиях в какой-то мере получили закалку. Об этом можно судить по повышенному содержанию прочносвязанной воды, а также из данных по урожайности. В условиях засухи более устойчивым был сорт Ч-160, у которого наблюдается повышенное содер-

жание общей и прочносвязанной воды. У него быстрее проходят восстановительные реакции.

Сорт Ч-160 формирует более высокий урожай, чем другие сорта. В условиях ограниченного водоснабжения у сорта Ч-3010 отмечается более высокое общее содержание и содержание трудноизвлекаемой формы воды по сравнению с сортом С-4727. У этого сорта наблюдается также лучшая приспособляемость и повышенная способность к восстановлению после полива, чем у сорта С-4727, хотя по этим показателям сорт Ч-3010 не превосходит сорт Ч-160. По нашим наблюдениям, в условиях полевых опытов для сорта С-4727 в течение всего вегетационного периода в жаркие дни отмечены низкие показатели содержания более упорядоченной формы воды, особенно после полуденных часов, когда температура воздуха достигала $40-42^{\circ}\text{C}$. У растений сорта С-4727 в эти часы наблюдается потеря тургора, что доказывает меньшую засухоустойчивость этого сорта при комбинации почвенной и атмосферной засухи.

Из изложенного видно, что в приспособлении растений к засухе важное значение имеет стабильное общее содержание воды в растениях и повышенное количество прочносвязанной воды, остающейся в более или менее стабильном состоянии в течение вегетационного периода. В условиях засухи это свидетельствует о благополучии растений и обеспечивает терморегулирующие функции.

В табл. 13 приводятся данные по общему содержанию и фракционному составу воды, полученные в опытах на делянках в 1976 г. Схема опыта осталась такой же, как и в опытах 1975 г. Опытные растения в течение вегетации получили всего один полив (в конце вегетации), тогда как контрольные — 5.

Температура и влажность воздуха в начале этого года характеризовались более благоприятными для роста и развития хлопчатника показателями, но лето (июнь, июль, август) было жаркое и сухое.

Из табл. 13 видно, что общее содержание и фракционный состав воды в течение всего вегетационного периода зависят от влажности почвы, а также от сортовых особенностей хлопчатника. Внезапное жесткое действие засухи вызывает серьезные нарушения структуры клетки и обмена веществ растений, тогда как к постепенному повышению температуры растения более выносливы (Альтергот, 1961, 1963; Альтергот, Мордочкович, 1975). Из табл. 13 видно, что у растений, выращенных при постоянном ограничении поливного режима почвы, во все фазы развития отмечается достаточно хорошая оводненность. У всех сортов хлопчатника самое высокое общее содержание воды отмечено в начальные фазы развития. Более низкие показатели общего содержания воды как у контрольных растений, так и у опытных, наблюдаются в фазе цветения. Это указывает, что в фазе цветения происходит интенсивное потребление воды растением для формирования репродуктивных органов. Постепенное снижение общего содержания воды

в конце вегетации, как правило, связано со старением растений. Количество слабосвязанной воды в растениях контрольного варианта с возрастом уменьшается, тогда как содержание трудноизвлекаемой формы воды по мере вегетации растений остается на высоком уровне у всех изучаемых сортов хлопчатника.

Усиление почвенной засухи в сочетании с высокой температурой воздуха приводит к снижению общего содержания воды в ткани листа. Оно определяет увеличение водоудерживающих сил и повышение содержания прочносвязанной формы воды. Аналогичная картина наблюдается и в наших опытах. Из данных табл. 13 видно, что в начальные периоды развития при засухе сорт Ч-160 характеризуется достаточно хорошей оводненностью. В контрольных вариантах общее содержание воды у этого сорта составляет 77,9%, в опытных — 76,4. Сорт Ч-160 в условиях огра-

зования плодовых элементов по сравнению с сортом С-4727. У сорта Ч-3010 содержание прочносвязанной воды составляет при цветении 47,1%, при плодообразовании — 48,0, у сорта С-4727 — соответственно 45,0 и 45,9%, что подчеркивает, видимо, большую засухоустойчивость сорта Ч-3010 по сравнению с сортом С-4727.

СОДЕРЖАНИЕ ВОДЫ В ХЛОПЧАТНИКЕ, ЗАКАЛЕННОМ В ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ БЕЗ ПОЛИВА

В 1977 г. исследования проводили по той же схеме, что и в 1976 г. Разница заключается только в том, что в 1977 г. опытные растения в течение вегетационного периода не получали ни одного полива, растения же контрольного варианта получили 3 полива. Погодные условия 1977 г. были, как и летом 1976 г., засушливы-

Содержание воды в листьях хлопчатника при разных схемах полива

Фаза	Вариант	Схема полива	С-4727		
			общая	слабосвязанная	прочносвязанная
2—3 наст. листа	Контроль	1—0—0	76,9±1,0	39,8±2,1	37,1±2,2
	Опыт	0—0—0	73,0±0,7	29,1±2,1	43,9±1,9
Начало бутониз.	Контроль	0—1—0	76,2±1,2	38,7±2,4	37,5±2,4
	Опыт	0—0—0	72,2±1,1	27,2±2,3	45,0±1,4
Начало цветения	Контроль	0—2—0	76,0±0,9	37,9±2,0	38,1±1,3
	Опыт	0—0—0	72,6±0,7	26,9±0,9	45,9±1,2
Начало плодообр.	Контроль	0—0—1	74,0±0,7	34,4±1,9	39,6±1,0
	Опыт	0—0—1	69,2±0,4	23,1±1,4	46,1±1,4

ниченного водоснабжения по показателям общего содержания воды приближается к контрольным растениям, что указывает на лучшую приспособляемость этого сорта к условиям засухи, чем у других сортов.

Данные табл. 13 показывают, что содержание прочносвязанной воды у всех сортов, выращенных как в условиях недостаточного водоснабжения, так и в контрольных вариантах, в течение вегетации увеличивается. Особенно высокое содержание этой формы воды отмечено у растений опытных вариантов. По содержанию прочносвязанной воды изучаемые сорта различаются, что обуславливает, по-видимому, их неодинаковую реакцию на засуху в разные периоды развития. Наибольшие различия отношения прочносвязанной воды к слабосвязанной в опытных вариантах по сравнению с контрольными растениями отмечены у сорта Ч-160.

Повышенное содержание прочносвязанной воды у сорта Ч-160 указывает на лучшую его приспособляемость и повышенную засухоустойчивость. Важно отметить также некоторое повышение содержания прочносвязанной воды у сорта Ч-3010 в момент обра-

(% на сырую массу). Опыты 1977 г.

Таблица 13

Фаза	Вариант	Схема полива	Ч-3010			Ч-160		
			общая	слабосвязанная	прочносвязанная	общая	слабосвязанная	прочносвязанная
2—3 наст. листа	Контроль	1—0—0	78,7±0,7	42,5±2,1	34,2±2,0	77,9±0,3	45,8±0,7	32,1±2,0
	Опыт	0—0—0	76,1±0,3	31,1±1,0	45,0±1,0	76,4±0,4	30,2±0,3	46,2±1,3
Начало бутониз.	Контроль	0—1—0	75,6±0,7	41,9±2,3	33,7±2,3	76,6±0,6	43,1±1,6	33,5±1,6
	Опыт	0—0—0	73,2±0,4	26,1±1,1	37,1±1,3	75,5±0,3	27,0±0,7	48,5±1,1
Начало цветения	Контроль	0—2—0	77,1±0,8	39,9±1,6	37,2±2,1	78,1±0,5	42,5±2,0	35,6±1,9
	Опыт	0—0—0	73,6±0,6	25,6±1,0	48,0±1,2	75,6±0,2	26,0±1,2	49,6±1,0
Начало плодообр.	Контроль	0—0—1	76,2±0,7	37,2±1,6	39,0±2,0	75,5±0,2	37,0±2,3	38,5±2,0
	Опыт	0—0—1	72,1±0,5	23,2±1,3	48,0±1,1	73,4±0,2	26,4±1,1	47,0±1,2

ми. Среднемесячная температура воздуха в мае была на 1,1°, в июне — на 2,4°, в июле — на 0,2°С выше по сравнению с соответствующими месяцами 1976 г.

Из данных табл. 14 видно, что растения контрольного варианта, произрастающие при благоприятных условиях орошения, характеризуются лучшей оводненностью клеток и лучшим микроклиматом. В силу этого они имели лучшие условия для роста и развития. Растения же, выращенные в условиях неполивного режима почвы, испытывают влияние комплексной засухи в течение вегетации. Сочетание почвенной засухи с низкой влажностью воздуха создает худшие условия, чем на контрольных участках.

На поливных участках условия произрастания растений в течение всего вегетационного периода были лучшими. Растения контрольного варианта всех изучаемых сортов были хорошо оводнены. Повышенные показатели общего содержания воды у контрольных растений наблюдались в начальных фазах развития, более низкие показатели — в критический период, т. е. в период формирования репродуктивных органов, когда растения особенно

нуждаются в бесперебойном снабжении водой (опыты в 1977 г.). После очередного полива общее содержание воды повышается, а в конце вегетации вновь снижается. Возможно, это связано с возрастом растений. У растений, выращенных в условиях жесткого фона засухи, отмечается достаточно высокий уровень общего содержания воды в начальные фазы развития (от 2 пар листьев до бутонизации). С усилением засухи общее содержание воды снижается и продолжает падать до конца вегетации.

В условиях ограниченного фона орошения у сортов хлопчатника изменения общего содержания и фракционного состава воды различны. У сорта Ч-160 общее содержание воды в течение вегетационного периода выше, чем у сорта С-4727. У растений сорта Ч-3010 в условиях почвенной засухи обводненность листьев несколько отличалась от контрольных растений, особенно в первые

периоды развития, в фазе бутонизации и плодообразования, когда растения больше нуждаются в почвенной влаге (табл. 14) для роста и развития.

У опытных растений сорта С-4727, подвергавшихся действию засухи, обводненность была значительно ниже, чем у контрольных растений (в фазе бутонизации — на 3,9%, при цветении — на 6,5, при плодообразовании — на 5,9, в начале созревания — на 5,2). Растения этого сорта в условиях почвенной засухи страдают от недостатка воды в течение всего вегетационного периода.

Из табл. 14 видно также, что в течение вегетации у всех изучаемых сортов содержание прочносвязанной воды меняется. В условиях ограниченного орошения содержание прочносвязанной воды при засухе значительно выше, чем при оптимальном водоснабжении. Подобная закономерность выявлена и другими авторами (Рахимов, 1973; Петин, Самиев, 1979; и др.).

По мере прохождения фаз вегетации содержание прочносвязан-

ной воды при засухе у всех сортов хлопчатника увеличивается. Нарастание содержания прочносвязанной воды в листьях связано, вероятно, с длительным периодом созревания хлопчатника и действием засухи. При недостатке водоснабжения содержание прочносвязанной воды у сортов Ч-160 и Ч-3010 повышается более значительно, чем у сорта С-4727, причем более заметное увеличение отмечено в условиях ограниченного фона орошения в течение всего вегетационного периода, особенно при цветении и плодообразовании. Это, возможно, свидетельствует о том, что сорт Ч-160 в условиях ограниченного орошения отличается повышенной засухо- и жароустойчивостью.

Из данных табл. 14 можно заключить, что растения всех изучаемых сортов, выращенные в условиях недостаточной влажности почвы, в течение вегетационного периода постепенно приобретают

Таблица 14

Содержание воды в листьях хлопчатника при разных схемах полива

Фаза	Вариант опыта	Схема полива	С-4727		
			общая	слабосвязанная	прочносвязанная
2—3 наст. листа	Контроль	1—0—0	77,2±0,2	41,0±2,1	36,3±1,7
	Опыт	0—0—0	73,3±0,3	28,1±2,0	45,2±1,3
Начало бутониз.	Контроль	0—1—0	76,6±1,2	41,6±1,6	35,0±2,1
	Опыт	0—0—0	70,3±1,1	24,9±1,4	45,4±1,6
Начало цветения	Контроль	0—1—1	75,1±1,6	39,1±1,5	36,0±1,5
	Опыт	0—0—0	69,8±1,3	24,0±1,4	45,8±1,3
Начало плодообр.	Контроль	0—0—1	74,2±1,4	33,5±1,6	34,7±1,2
	Опыт	0—0—0	68,0±1,5	21,0±1,3	47,8±1,4

признаки приспособленности, для них характерна меньшая повреждаемость при засухе. Эта способность усиливается из года в год (табл. 11 и 12), особенно у сортов Ч-160 и Ч-3010 (табл. 14).

В отдельные годы закаленные таким способом растения сорта С-4727 во время комбинированных засух, несмотря на увеличение содержания прочносвязанной воды в клетках, повреждаются раньше и более глубоко по сравнению с растениями, выращенными при оптимальных условиях водоснабжения. При действии на растения почвенной засухи в течение вегетационного периода мы учитывали их рост, развитие, тургорное напряжение в полуденные часы и повреждаемость надземных органов (бутонов, цветков, завязей, коробочек).

Особенно чувствительным к недостатку воды оказался сорт С-4727, у него наблюдалось более раннее опадение нижних листьев, отставание в росте, большая потеря тургора, он характеризовался меньшей урожайностью. Развитие растений в разные годы было неодинаково. 1978 г. характеризовался наиболее неблаго-

(% на сырую массу). Опыты 1977 г.

Ч-3010			Ч-160		
общая	слабосвязанная	прочносвязанная	общая	слабосвязанная	прочносвязанная
80,0±0,5	43,1±2,1	26,9±1,7	78,9±0,7	41,5±2,1	37,4±1,3
77,3±0,3	30,2±1,7	47,1±1,0	75,2±0,8	27,4±1,8	47,8±0,8
77,9±0,7	41,0±2,4	36,9±1,2	73,0±1,0	39,0±2,3	36,0±1,4
72,0±0,4	24,6±2,1	47,4±0,7	73,0±0,4	25,0±0,9	43,0±1,1
78,6±1,3	37,6±2,3	41,0±0,8	77,8±0,6	37,9±1,2	39,9±1,2
71,0±1,0	23,0±1,9	48,0±1,6	72,6±0,5	23,7±0,9	48,9±0,8
75,0±0,8	35,5±1,6	39,5±1,0	76,7±0,6	39,0±1,6	37,7±1,4
72,2±0,7	24,0±1,0	48,2±1,3	73,0±0,3	23,3±0,7	49,7±0,5

Особенно чувствительным к недостатку воды оказался сорт С-4727, у него наблюдалось более раннее опадение нижних листьев, отставание в росте, большая потеря тургора, он характеризовался меньшей урожайностью. Развитие растений в разные годы было неодинаково. 1978 г. характеризовался наиболее неблаго-

признаки приспособленности, для них характерна меньшая повреждаемость при засухе. Эта способность усиливается из года в год (табл. 11 и 12), особенно у сортов Ч-160 и Ч-3010 (табл. 14).

В отдельные годы закаленные таким способом растения сорта С-4727 во время комбинированных засух, несмотря на увеличение содержания прочносвязанной воды в клетках, повреждаются раньше и более глубоко по сравнению с растениями, выращенными при оптимальных условиях водоснабжения. При действии на растения почвенной засухи в течение вегетационного периода мы учитывали их рост, развитие, тургорное напряжение в полуденные часы и повреждаемость надземных органов (бутонов, цветков, завязей, коробочек).

Особенно чувствительным к недостатку воды оказался сорт С-4727, у него наблюдалось более раннее опадение нижних листьев, отставание в росте, большая потеря тургора, он характеризовался меньшей урожайностью. Развитие растений в разные годы было неодинаково. 1978 г. характеризовался наиболее неблаго-

приятными для роста и развития хлопчатника условиями по сравнению с предыдущими годами. Ливневые дожди, сопровождавшиеся холодами и избытком воды в почве вызвали гибель посевов во многих хозяйствах республики. Поэтому мы задержали посев хлопчатника на 15 дней по сравнению с предыдущими годами. В 1978 г. весна характеризовалась недостатком эффективных температур для роста и развития хлопчатника. Лето же 1978 г. было жарким, сухим и сопровождалось засухами. Несмотря на весенние холода и ливневые дожди, хлопчатник испытывал почвенную и атмосферную засуху.

В табл. 15 представлены результаты опытов 1978 г. Общее содержание воды как у опытных, так и у контрольных растений уменьшалось по мере их роста и развития. Снижалось также содержание слабосвязанной формы воды во всех вариантах опыта, но разные сорта вели себя при этом неодинаково. Содержание

Содержание воды в листьях хлопчатника при разных схемах полива

Фаза	Вариант	Схема полива	С-4727		
			общая	слабосвязанная	прочносвязанная
2—3 наст. листа	Контроль	1—1—1	78,2±1,1	45,1±2,1	33,1±2,1
	Опыт	0—0—0	75,4±0,8	32,8±1,3	42,6±1,4
Начало бутониз.	Контроль	1—1—1	76,3±0,6	41,1±2,4	35,2±2,4
	Опыт	0—0—0	74,5±0,7	30,5±1,3	44,0±2,0
Начало цветения	Контроль	1—1—1	76,2±0,7	40,2±2,4	36,0±2,0
	Опыт	0—0—0	72,2±0,5	27,4±1,6	44,8±2,1
Начало плодообр.	Контроль	1—1—1	75,1±1,0	38,1±1,9	37,0±1,6
	Опыт	0—0—0	70,3±0,5	25,1±1,1	45,2±1,1

прочносвязанной воды в течение вегетации у растений всех сортов, получивших закалку в течение 4 лет, во все периоды развития было немного выше, чем в контроле: у неустойчивого сорта С-4727 в фазе бутонизации на 9,5%, при цветении — на 8,8, при плодообразовании — на 8,8, в начале созревания — на 8,2, чем у контрольных; у более засухоустойчивого сорта Ч-3010 — соответственно на 6; 8; 10, 1 и 9,3%, у самого устойчивого сорта Ч-160 — на 10,4; 9,0; 11,3 и 11,4%, чем у контрольных растений.

Обнаружена также закономерность увеличения содержания прочносвязанной воды, как в опытах 1977 г. Начиная с ранних фаз развития хлопчатника содержание трудноизвлекаемой формы воды в растениях постепенно увеличивалось. Наиболее заметное увеличение наблюдалось у растений, выращенных без полива на протяжении 2 лет. Возможно, это указывает, что процессы закаливания способствовали увеличению содержания прочносвязанной воды и лучшей адаптации. Такое увеличение содержания прочносвязанной воды при действии засухи на растения Н. А. Гусев

(1959) связывает с их устойчивостью к неблагоприятным факторам окружающей среды. Закаленные растения всех сортов хлопчатника по содержанию трудноизвлекаемой формы воды отличаются и в последующие годы. У растений в первые годы закаливания содержание прочносвязанной воды повышалось от начала к концу вегетации. Растения же, закаленные в течение нескольких лет, отличались равномерным повышенным содержанием прочносвязанной воды у всех опытных вариантов и у всех сортов с начала и до конца вегетации.

В опытах установлено также, что засухоустойчивый сорт Ч-160 в течение вегетации характеризуется более высоким содержанием общей и прочносвязанной воды по сравнению с сортами С-4727 и Ч-3010.

Благодаря повышенному общему содержанию и содержанию прочносвязанной воды, сорт Ч-160, который постепенно закали-

Таблица 15

(% на сырую массу). Опыты 1978 г.

Ч-3010			Ч-160		
общая	слабосвязанная	прочносвязанная	общая	слабосвязанная	прочносвязанная
79,4±0,3	45,2±2,0	34,2±2,2	70,4±0,6	45,2±2,1	35,2±2,0
78,0±0,2	34,0±1,6	44,0±1,6	78,6±0,7	33,0±1,9	45,6±1,4
78,6±0,6	42,5±2,4	36,1±2,0	79,0±0,4	42,0±1,1	37,0±2,2
75,4±0,4	29,2±2,1	46,2±1,0	76,5±0,3	25,5±1,0	48,0±1,3
77,8±0,9	40,8±2,4	37,0±1,5	71,2±0,8	40,6±1,6	37,6±1,5
73,5±0,7	26,5±2,0	47,0±1,3	75,0±0,4	26,1±1,4	48,9±1,0
76,2±0,5	37,6±1,9	38,6±1,6	75,2±0,2	36,2±1,0	39,0±1,8
72,4±0,3	24,5±1,4	47,9±1,2	72,0±0,2	21,9±1,4	50,1±1,1

вался в течение 5 лет, обладал повышенной засухоустойчивостью по сравнению с другими сортами. Особенностью сорта Ч-160, по нашим наблюдениям, является также способность быстрого восстановления водного обмена до уровня контрольных растений после очередного полива.

В 1979 г. мы проводили опыты по той же схеме, что и в предыдущие годы. Опытные растения выращивали без орошения в течение всего вегетационного периода. К сожалению, в этих опытах по техническим причинам мы не смогли изучить водный режим растений. Изучались рост и развитие растений, накопление сухой и сырой массы по фазам развития, химический состав почвы, корневая система, уровень грунтовых вод, технологические показатели волокна и продуктивности. Засухоустойчивость оценивалась по конечному урожаю.

По нашим наблюдениям, растения, выращенные в 1978 г. без полива и закаленные в течение нескольких лет, характеризовались лучшими показателями водного обмена, чем растения, выращенные при 1—2 поливах. У закаленных растений, т. е. растений,

которые в течение трех лет не имели ни одного полива, не отмечено потерь тургора и опадения листьев при высокой температуре. В 1978 г., отличавшемся более суровыми погодными условиями, чем 1976 г. (холода в начале вегетации, жаркое лето с суховеями), опытные растения были более устойчивыми.

Подытоживая данные, полученные в наших опытах, можно отметить, что закаленные в течение 5 лет растения по общему содержанию и фракционному составу воды отличались от растений, выращенных в условиях оптимального фона орошения. Они были лучше оводнены во все периоды развития и образовали более высокие урожаи, чем растения, выращенные при ограниченном водном режиме.

Растения, выращенные при 1 и 2 поливах в первые годы опыта (1974, 1975, 1976), также характеризовались сравнительно высокими показателями общего содержания и содержания трудноизвлекаемой формы воды. Хлопчатник в этих условиях приобретает признаки засухоустойчивости, но в меньшей степени, чем при выращивании без полива.

В начальные периоды развития (от двух пар листьев до бутонизации) закаленные растения менее повреждаются при высокой температуре воздуха и почвенной засухе, чем в другие фазы развития. Это указывает, что хлопчатник в этот период в почвенной влаге особенно не нуждается. Дальнейшее восстановление полива в фазе бутонизации и цветения («критический» период) благоприятствует формированию урожая.

У всех растений выращенных при двух поливах, в листьях отмечено высокое содержание прочносвязанной воды, особенно в начальные периоды развития. Содержание прочносвязанной воды в течение вегетации у сорта С-4727 составляет в контроле 34,1—37,2%, в опыте — 37,0—39,6% у сорта Ч-3010 — соответственно 35,0—36,1 и 38,2—41,2%, у Ч-160 — 35,9—38,9 и 40,6—42,0%. Растения опытного варианта дали достаточно высокий урожай. У сорта С-4727 в контроле урожай составил 28 ц/га, в опыте — 17—18, у сорта Ч-3010 — соответственно 30—31 и 19—20 ц/га, у сорта Ч-160 — 30—32 и 23—25 ц/га.

Действие засухи на растения второго года закаливания с прекращением полива, особенно в фазе цветения, проявляется в изменении общего содержания и фракционного состава воды. Отмечено резкое увеличение содержания прочносвязанной и уменьшение содержания легко отнимаемой формы воды, что указывает на повреждаемость растений. В этот период развития (в фазе цветения) растения особенно страдают от недостатка воды в почве. В увеличении в листьях содержания прочносвязанной воды, возможно, проявляются защитно-приспособительные признаки растений.

В фазе цветения содержание прочносвязанной воды у опытных растений сорта С-4727 составляло 46,2%, что на 8,1% больше, чем в контроле; у сорта Ч-3010 — 48,2% (на 13,2 больше, чем в конт-

роле), у засухоустойчивого сорта Ч-160 — 50,0% (на 16,3 больше, чем в контроле). Недостаток воды в фазе цветения также губительно повлиял и на урожайность хлопчатника. В конце вегетации урожайность опытных вариантов у всех сортов была ниже, чем в прошлые годы. У сорта С-4727 урожай в контроле составил 26—28 ц/га, в опыте — 15—17, у сорта Ч-3010 — соответственно 28—30 и 16—18, у Ч-160 — 28—30 и 17—19.

Ограничение водоснабжения растений 3-го года закаливания в фазе начала плодообразования также вредно действует на физиологическое состояние растений, снижая общую оводненность клеток и повышая содержание трудноизвлекаемой формы воды. Следует отметить, что в течение вегетации у растений, находившихся в условиях засухи в любой фазе развития, содержание прочносвязанной воды в листьях стабилизируется. Засуха у закаленных растений, по-видимому, способствует переводу части слабосвязанной воды в прочносвязанную.

Из изложенного выше видно, что в изменении водного режима особый интерес представляет повышение под влиянием почвенной засухи количества коллоидносвязанной воды и степени гидратации, поскольку это свидетельствует о повышении оводненности клетки.

Растения четвертого года закаливания в течение вегетации по содержанию прочносвязанной воды значительно превосходят контрольные. Накопление прочносвязанной воды с начальных фаз развития до конца вегетации носит равномерный характер. Сохранение у изучаемых сортов хлопчатника высоких показателей содержания прочносвязанной воды в течение длительной засухи указывает на повышенную засухоустойчивость и способность клеток закаленных растений адаптироваться к действиям высоких температур воздуха и почвенной засухи (Максимов, 1926, 1952). По утверждению И. И. Туманова (1926), каждое новое и повторное завышение повышает устойчивость растительного организма к недостатку влаги, но все-таки неизменно приводит к снижению общего урожая. В наших опытах растения, закаленные в нескольких поколениях, с повышенной физиологической активностью, приобретаемой ими в процессе закаливания, менее повреждались при засухе и дали значительный урожай.

Таким образом, растения, выращенные в условиях разных режимов полива, при действии в течение пяти лет недостатка воды в почве и высокой температуры воздуха, приобретают засухо- и жароустойчивость. Приспособление протекает постепенно. Во второй год закаливания растения лучше переносят засуху, чем в первый год, растения же третьего года закаливания легче переносят недостаток воды в почве, чем во второй год. С первых же лет закаливания растения в течение вегетации обладают повышенным содержанием прочносвязанной воды за счет уменьшения слабосвязанной формы. Растения, закаленные в течение 5 лет, дают в условиях засухи устойчивые урожаи.

ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ ХЛОПЧАТНИКА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ ПОЛИВА

СОСУЩАЯ СИЛА КЛЕТОЧНОГО СОКА

В условиях орошаемого земледелия важно изучение закономерностей водного режима растений и разработка физиологических методов определения сроков полива по сосущей силе с целью рационального использования поливной воды. Высокую концентрацию клеточного сока рассматривают как защитное средство от перегрева и обезвоживания. При изучении водного режима растений в связи с засухой сосущая сила является одним из важнейших показателей. Она характеризует поступление воды в растения. В. С. Шардаков (1938) считает, что сосущая сила — интегральный показатель водоудерживающих сил клетки. Недостаток влаги в почве сказывается на передвижении воды в растении. Важна скорость ее проникновения через протоплазматические оболочки клетки корня. Скорость измеряется долями граммов за 1 ч на 1 см² поверхности. К тому же ее величина зависит от влажности почвы, аэрации и других факторов (Шардаков, 1956).

Концентрация клеточного сока, независимо от водообеспеченности растений, увеличивается по мере старения растений (Петитов, 1958). Она изменяется по фазам вегетации, самая высокая отмечается в период созревания (Цивинский, 1934).

В период от бутонизации до созревания скорость поступления воды в клетки корня постепенно уменьшается (Шардаков, Крутишцева, 1957). Это приводит к повышению концентрации клеточного сока, что является одним из признаков засухоустойчивости (Максимов, 1926). По данным А. М. Алексеева (1948), во время почвенной и атмосферной засухи осмотическое давление растений повышается по ярусам. Согласно Н. А. Максимова (1952), в растениях засушливых местообитаний концентрация клеточного сока выше, чем в растениях влажных районов.

По данным Г. А. Ключева (1959), сосущая сила колеблется в пределах 14—16 ат при поливе, а без полива (на богаре) составляет 32 ат. Во время вегетации сохраняется нормальная жизнедеятельность растений. Сосущая сила клеток листьев хлопчатника в богарных условиях выше, чем на поливе, на 16 ат.

Концентрация клеточного сока листьев хлопчатника зависит

от возраста растений и условий водоснабжения (Филиппов, 1956). Самая низкая сосущая сила и осмотическое давление клеточного сока наблюдаются в фазе всходов и семядольных листочков (Рахимов, 1962). Х. Х. Енилеев, М. Талат (1968) отмечают, что сосущая сила хлопчатника при избыточном и недостаточном водоснабжении значительно выше во время цветения и плодообразования. Х. Ф. Гумарова (1960) показывает, что при подсушке и длительном завядании величина сосущей силы листьев приближается к величине осмотического давления.

Таблица 16

Сосущая сила клеточного сока растений хлопчатника, ат

Год. Фаза развития	Сорт Ч-3010			Сорт Ч-160		
	контроль	незакаленные	закаленные	контроль	незакаленные	закаленные
1978						
Фаза двух пар настоящих листьев	8,0	9,2	9,4	8,1	9,4	9,0
Бутонизация	10,2	15,1	14,2	10,6	15,1	14,4
Цветение	12,0	17,1	16,0	12,2	17,9	16,8
Созревание	15,8	21,2	19,2	15,6	22,6	20,6
1979						
Фаза двух пар настоящих листьев	8,0	9,7	9,5	8,2	9,2	9,4
Бутонизация	10,7	14,3	15,9	10,3	15,6	16,8
Цветение	12,6	17,0	18,6	12,8	17,8	19,9
Созревание	16,2	19,2	20,7	15,8	19,9	21,8
1980						
Фаза двух пар настоящих листьев	8,2	9,8	10,1	9,1	9,9	10,4
Бутонизация	10,4	15,4	16,8	10,6	16,3	17,6
Цветение	15,2	18,4	19,2	14,6	18,2	20,1
Созревание	17,1	19,6	21,8	16,4	20,2	22,6

Сосущую силу клеточного сока листьев хлопчатника мы изучали с целью дать физиологическую характеристику засухоустойчивости растений, закаленных в нескольких поколениях. Работа проводилась с двумя новыми сортами хлопчатника — Ч-3010 и Ч-160. Контрольные растения в течение вегетации получили 3 полива. При этом незакаленный вариант составляли растения, выращенные в тот же год без полива, а закаленный вариант — растения, которые в течение 4 лет закаливались при 1—2 поливах и без полива.

Данные литературы и результаты наших опытов показывают, что растения, выращенные в условиях достаточного водоснабжения, усиливают свои мезофитные свойства, способствующие повы-

шению синтетической деятельности, более продуктивному использованию поливной воды, а также лучшему питанию и росту. В условиях достаточного водоснабжения изучаемые нами сорта хлопчатника имели большую оводненность тканей, меньшую водоудерживающую способность и низкую сосущую силу.

Как видно из табл. 16, оптимальная влажность (контроль) приводит к лучшему обеспечению органов хлопчатника водой, при этом сосущая сила у них всегда меньше. Сосущая сила возрастает от начала к концу вегетации как в контроле, так и в опыте.

Особенно губительна засуха в периоды формирования репродуктивных органов, бутонизации и цветения. Недостаток воды в этот период развития хлопчатника приводит к серьезным нарушениям протоплазмы, в результате чего сосущая сила остается на более высоком уровне по сравнению с растениями, выращенными в условиях оптимальной влажности почвы.

Величина сосущей силы по мере вегетации у обоих сортов хлопчатника повышается (табл. 16). Более заметное повышение сосущей силы наблюдается у опытных растений, закаленных и незакаленных, тогда как в контроле оно повышается незначительно. Вероятно, это обусловлено не возрастными изменениями, а уменьшением общей оводненности клеток и повышением содержания прочносвязанной воды. Сосущая сила и осмотическое давление к концу вегетации повышаются, а насыщенность клеток водой снижается (Гумарова, 1969). При этом величина сосущей силы листьев приближается к величине осмотического давления и даже превышает ее. В. С. Шардаков (1953) рекомендует производить полив при достижении величины сосущей силы клеточного сока листьев 14—15 ат независимо от фазы развития.

Данные табл. 16 показывают, что показатели сосущей силы различны у закаленных и незакаленных вариантов обоих сортов. У закаленных растений сосущая сила выше, особенно во второй половине вегетации. Однако следует отметить, что растения, выращенные в 1978 г. без полива, также имеют более заметное увеличение величины сосущей силы, чем контрольные растения. Повышенные величины сосущей силы листьев при действии высокой температур воздуха и почвенной засухи в этих вариантах можно также рассматривать как приспособительную реакцию растений к засухе.

Наблюдаются различия между закаленными вариантами обоих сортов, особенно в фазе цветения и созревания. Величина сосущей силы у сорта Ч-160 в закаленных вариантах в фазе цветения на 0,8 ат выше, чем у сорта Ч-3010, в фазе созревания — на 1,4. В остальные периоды развития эта разница незначительная.

Опыты продолжались в 1979 г. по той же схеме, что и в 1978 г., с той лишь разницей, что растения закаленного варианта выращивали без полива в течение 2 лет. Здесь также имеется большая разница между контрольными, закаленными и незакаленными вариантами. У хлопчатника, выращенного без полива от начала

до конца вегетации, колебания в величине сосущей силы значительны.

Во всех вариантах сосущая сила в течение вегетации больше у растений, выращенных без полива. Это является следствием действия почвенной засухи, высокой температуры и низкой относительной влажности воздуха.

В начальные периоды развития (в фазе двух пар настоящих листьев) во всех вариантах большой разницы в величине сосущей силы не наблюдается. Начиная с фазы бутонизации и до конца вегетации показатели концентрации клеточного сока резко увеличиваются во всех опытных вариантах у обоих сортов. Обнаружены также сортовые различия по этому показателю. Наибольшим осмотическим давлением клеточного сока обладают листья закаленного варианта сорта Ч-160. Этот сорт в различные фазы развития характеризуется более высокой сосущей силой, чем сорт Ч-3010.

Мы продолжили опыты в 1980 г. Контрольные растения в течение вегетационного периода получили 3 полива. В незакаленном варианте были высеяны семена с растений производственного посева; полив не производился в течение всего вегетационного периода. В закаленном варианте были отобраны семена хлопчатника прошлых лет, выращенного без полива; в год опыта его также не поливали в течение всего вегетационного периода.

Данные показывают, что растения обоих опытных вариантов характеризуются большей сосущей силой, меньшим содержанием воды в листьях, чем контрольные растения. Сосущая сила листьев хлопчатника является довольно чутким показателем, отражающим изменение водного режима растений, а следовательно, может служить показателем диагностирования водного режима.

Величина урожая во многом зависит от изменения сосущей силы листьев: чем выше сосущая сила, тем меньше урожай, и наоборот (Шардаков, 1953; Петинков, 1957). Как правило, сосущая сила всегда меньше у растений, лучше обеспеченных водой.

В опытах 1980 г. разные схемы поливов и разные приемы закалывания отразились на росте, развитии и урожае хлопчатника. У контрольного варианта все показатели, характеризующие рост и развитие, оказались выше (сухая надземная масса, масса одной коробочки, общий урожай). Растения, выращенные без полива, замедлили рост и снизили общий урожай. Особенно выражено это у незакаленных растений обоих сортов. Концентрация клеточного сока хлопчатника у растений, выращенных без полива, ниже, чем в контроле. Так, у сорта Ч-3010 незакаленного варианта она ниже в течение вегетационного периода в среднем на 2,9 ат, у закаленного — на 4,3; у сорта Ч-160 этот показатель составил соответственно 3,4 и 5,0 ат.

Из данных табл. 16 видно, что концентрация клеточного сока в опытах 1980 г. изменяется в тех же пределах, что и в опытах 1979 г. Она увеличивается по мере прохождения фаз развития у всех сортов и вариантов опыта. Наиболее высокие показатели со-

сущей силы отмечены в конце вегетации. Имеются сортовые различия: у закаленных растений сорта Ч-160 сосущая сила выше.

Высокое осмотическое давление обуславливает большую сосущую силу органов растений. В то же время оно играет значительную роль в понижении степени набухания протоплазмы, в результате чего повышается ее устойчивость к неблагоприятным условиям среды.

Повышенные показатели концентрации клеточного сока листьев закаленных растений сорта Ч-160 можно рассматривать как одно из приспособительных свойств этого сорта на действие засухи, выработанное при закаливании в течение нескольких поколений.

Таким образом, можно сделать вывод, что опытные растения, закаленные и незакаленные, обладают более высокими показателями величины сосущей силы, чем контрольные. У сорта Ч-160 при выращивании без полива концентрация клеточного сока выше, чем у сорта Ч-3010.

ВОДНЫЙ ДЕФИЦИТ ХЛОПЧАТНИКА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ ПОЛИВА

При высокой температуре и низкой относительной влажности воздуха в полуденные часы в листьях растений наблюдается значительный водный дефицит, в результате чего нарушается нормальный ход водного баланса.

И. А. Максимов (1926), Ф. Д. Сказкин (1947) отмечают, что с восходом солнца в связи с повышением транспирации и усилением потери воды общее содержание воды в листьях понижается. В более поздние вечерние и, особенно, ночные часы дефицит воды в листьях уменьшается благодаря тому, что растения получают в это время воды больше, чем расходуют. При длительной почвенной и атмосферной засухе дневной дефицит усугубляется и не компенсируется даже к утру следующего дня, переходя таким образом в остаточный водный дефицит. Возникновение остаточного водного дефицита показывает начало страдания растений (Литвинов, 1932; Алексеев, 1948).

По утверждению Н. А. Максимова (1926), засухоустойчивость определяется способностью растительной клетки выносить длительный водный дефицит. Е. В. Красносельская-Максимова (1917) установила, что водный дефицит наблюдается не только у растений ксерофильного типа, но и у мезофильных культур.

Более засухоустойчивым сортам водный дефицит свойствен в меньшей степени, чем незасухоустойчивым (Сказкин, 1947, 1957, 1960). Л. С. Литвинов (1932) считает, что засухоустойчивые сорта содержат больше воды в тканях.

Мы проводили опыты в 1978—1980 гг. Контрольные растения в течение вегетационного периода получали три полива во все годы опыта. Семена незакаленных растений брали из семян расте-

ний производственных посевов и не поливали. Закаленный вариант выращивался из наших закаленных семян три года без полива.

Для определения водного дефицита в листьях хлопчатника брали 4—5-й лист (считая сверху). Объектом исследования служили сорта хлопчатника Ч-3010 и Ч-160. Результаты опытов 1978 г. приведены ниже (в % к сырой массе).

Сорт	Вариант	Фаза двух пар настоящих листьев	Бутионизация	Цветение	Созревание
Ч-3010	Контроль	10,06	10,81	11,07	10,89
	Незакаленные	9,12	10,40	10,80	10,41
	Закаленные	9,46	10,01	10,41	10,21
Ч-160	Контроль	10,66	10,76	11,01	10,71
	Незакаленные	9,07	10,22	10,48	10,59
	Закаленные	9,41	9,64	10,34	10,31

У растений закаленных и незакаленных вариантов водный дефицит в большинстве случаев ниже, чем у хлопчатника, выращенного в условиях оптимальной влажности почвы. Это показывает, что выдерживание растений без полива, т. е. закалывание, повышает устойчивость растений к почвенной засухе. Подобные данные получены и другими исследователями. При постепенном и повторном завядании растений повышается устойчивость против

Таблица 17

Водный дефицит в листьях хлопчатника (% к сырой массе)

Год, фаза развития	Ч-3010			Ч-160		
	контроль	незакаленные	закаленные	контроль	незакаленные	закаленные
1979						
Фаза двух пар настоящих листьев	10,19	9,96	9,41	10,71	9,71	9,24
Бутионизация	11,70	10,76	10,21	11,66	10,64	9,56
Цветение	12,11	11,67	10,37	12,34	11,69	10,21
Созревание	11,19	11,96	10,39	11,53	11,09	10,17
1980						
Фаза двух пар настоящих листьев	12,60	10,93	9,82	12,55	10,71	9,48
Бутионизация	13,40	12,59	10,24	13,51	12,44	9,96
Цветение	13,90	13,11	11,44	13,86	13,00	10,97
Созревание	12,46	12,01	11,29	12,43	12,04	11,03

почвенной и атмосферной засухи (Туманов, 1926, 1929; Генкель, 1946, 1956, 1968; Максимов, 1952).

По нашим наблюдениям, у закаленных растений ростовые процессы проходят более активно, увеличивается листовая поверхность, ниже показатели водного дефицита по сравнению с растениями незакаленного варианта у обоих сортов. Обнаружены сортовые различия при закалке. У сорта Ч-160 показатели водного

дефицита у закаленного варианта в течение вегетационного периода ниже, чем у сорта Ч-3010. Возможно, здесь закалка оказала положительное влияние на ход физиологических процессов у сорта Ч-160, что позволило ему легче переносить засуху.

В табл. 17 представлены экспериментальные данные, полученные в опытах 1979 г. Повторяется та же закономерность, что и в опытах 1978 г. Отмечены более низкие показатели водного дефицита у закаленного варианта обоих сортов по сравнению с опятами в 1978 г. Водный дефицит в большинстве случаев выше в фазе полной бутонизации и цветения у обоих сортов хлопчатника. Вероятно, это связано с формированием репродуктивных органов и повышенной потребностью в это время в бесперебойном снабжении водой (Максимов, 1926, 1929).

Хлопчатник более устойчив к почвенной влаге в фазы развития до бутонизации, а в конце вегетации устойчивость его падает, особенно в период бутонизации-цветения (Клюев, 1953; Бородулина, 1957; Талат, 1964).

Повышенные показатели водного дефицита в большинстве случаев зафиксированы у сорта Ч-3010. У закаленных растений сорта Ч-160 показатели водного дефицита ниже, чем у закаленных вариантов сорта Ч-3010. Так, у сорта Ч-160 водный дефицит ниже, чем у сорта Ч-3010, в фазе двух пар настоящих листьев на 0,7%, в фазе бутонизации — на 1,65, в фазе цветения — на 0,16, в фазе созревания — на 0,22. Это указывает на повышенную устойчивость сорта Ч-160 к засухе.

По данным Х. С. Самнева, К. Г. Марфина (1975), при недостатке воды в почве сорт Ташкент-3 более прочно удерживает воду, более экономно расходует ее в процессе транспирации, у него выше тургесцентность и ниже показатели водного дефицита, чем у сорта Ташкент-2. В. Д. Раковский, П. П. Васьюко (1980) также отмечают, что засухоустойчивые сорта при недостаточном водоснабжении характеризуются меньшими показателями водного дефицита, чем незасухоустойчивые.

В опытах 1980 г. также установлено изменение водного дефицита в течение вегетации. Более низкие показатели наблюдаются в начальные фазы развития до бутонизации, более высокие — в период формирования репродуктивных органов. Самые низкие показатели водного дефицита отмечены у закаленных растений. Это показывает, что постепенное снижение процента воды привело к повышению устойчивости растений. В условиях почвенной засухи закаленные растения труднее отдают внутриклеточную воду, чем растения, выращенные в условиях оптимальной влажности.

П. А. Хоринко (1948) справедливо отмечает, что водный дефицит — лучший критерий засухоустойчивости и наиболее объективный качественный показатель недостатка воды в растениях. Данные, полученные И. Д. Мина и А. И. Бутовским (1923) в опытах с разными видами сельскохозяйственных растений, показывают, что увеличение водного дефицита происходит в жаркую и сухую

погоду в полуденные и послеполуденные часы. В этих же условиях у засухоустойчивых растений амплитуда колебаний содержания воды в листьях больше.

Мы также наблюдали в жаркие дни в послеполуденные часы повышение водного дефицита, особенно в период формирования репродуктивных органов. У растений сорта Ч-160 отмечались повышенное содержание общей и прочносвязанной воды, низкие показатели сосущей силы, меньшая реакция на действие высокой температуры. Показатели водного дефицита были ниже, чем у сорта Ч-3010. Отсюда можно сделать вывод, что и по данному показателю сорт Ч-160 более устойчив к почвенной и атмосферной засухе.

ЖАРОСТОЙКОСТЬ

В основе устойчивости растений лежат физико-химические свойства протоплазмы, связанные с особенностями водного режима. По мнению П. А. Генкеля (1964), способность выносить завядание определяется эластичностью протоплазмы, сохранением синтетической способности удерживать воду при засухе. При действии высокой температуры повышается вязкость протоплазмы. Т. В. Олейникова (1963) в опытах с различными сортами сельскохозяйственных культур установила, что повышенная температура вызывает более высокий выход электролитов у незасухоустойчивых сортов. Это указывает на повреждение растений и изменение проницаемости протоплазмы. Изучению жароустойчивости хлопчатника в условиях орошения и богары посвящен ряд работ (Цивинский, 1934; Абуталыбов, 1936; Сахаров, 1941; Клешин, 1945; Клюев, 1947; Тилаев, 1969).

Мы проводили опыты с двумя сортами хлопчатника в условиях Каракалпакии, где вегетационный период характеризуется низкой относительной влажностью воздуха и высокой температурой. Хлопчатник в этих условиях страдает не только от почвенной засухи, но главным образом от высокой температуры воздуха. Как показывают работы, из засушливом юго-востоке растения страдают больше от атмосферной засухи (Васильев, 1930).

В исследованиях ряда авторов (Альтергот, 1962; Ланге, 1963) показано, что реакция растения на действие высокой температуры зависит от фазы развития и условий выращивания. Данные наших опытов показывают, что растения, выращенные в условиях недостаточного водоснабжения, более устойчивы к высокой температуре, чем растения, получавшие достаточное количество воды. Эта закономерность установлена как в вегетационных, так и в полевых опытах. Многими авторами установлено, что теплоустойчивость во многом зависит от продолжительности действия высокой температуры, почвенной засухи (Васильева, 1930; Брегетова, 1960). Чем дольше растение испытывает засуху, тем выше его устойчивость к высокой температуре. Н. С. Петипов и Ю. Г. Молотков-

ский (1956) отмечают, что постепенное снижение влажности почвы у образцов 5033 и 1936 привело к повышению их жароустойчивости.

В наших опытах мы также наблюдали, что постепенное воздействие почвенной засухи и высокой температуры в разные фазы развития хлопчатника повышало его жароустойчивость.

Атмосферная засуха сказывается не только при недостатке воды в почве, но и при оптимальной влажности почвы. Как показывают опыты В. Ф. Альтергота (1963), повышенное воздействие высокой температуры при достаточной водообеспеченности приво-



Рис. 1. Коробочки хлопчатника сорта Ч-3010.

Слева направо: 1 — контроль, 2 — 1-е поколение, 3 — 2-е поколение, 4 — 3-е поколение, 5 — 4-е поколение.

дит к снижению оводненности клеток, повышению вязкости протоплазмы, увеличению проницаемости протоплазмы и уменьшению дисперсности биокolloидов. Аналогичные данные получены М. И. Тилаевым (1969) на хлопчатнике сорта 108-Ф. Автор показал, что засуха вызывает снижение общей оводненности клеток листьев и плодоеlementов.

В наших опытах в жаркие дни (в полуденные часы 40—42°C) растения при оптимальной влажности почвы также теряли тургор. Это наиболее четко выражено в опытных растениях обоих сортов.

При сопоставлении данных о жароустойчивости хлопчатника закаленных и незакаленных вариантов (рис. 1, 2) видно, что растения, закаленные в нескольких поколениях, обладают более высокой жароустойчивостью, чем растения незакаленного варианта обоих сортов во все фазы развития.

Жаростойкость как контрольных, так и опытных растений в конце вегетации возрастает. Самая низкая устойчивость наблюдается в фазе бутонизации и цветения. Это связано, по-видимому, с формированием репродуктивных органов.

По данным И. С. Горбань (1963), устойчивость протоплазмы под действием высокой температуры с возрастом изменяется. У молодых растущих листьев теплоустойчивость клетки ниже, чем у взрослых листьев. При прекращении роста листьев устойчивость повышается. Теплоустойчивость растений также изменяется по ярусам, максимальной устойчивостью обладают средние листья, минимальной — нижние и верхние (Кренке, 1935, 1940). Установлено, что устойчивость многих сельскохозяйственных культур к высоким температурам по фазам развития неодинакова, их чувствительность падает к «критическому» периоду (Сказкин, 1938, 1940, 1962; Заблудо, 1939; Амисев, 1964, 1968). Хлопчатник более ус-



Рис. 2. Коробочки хлопчатника сорта Ч-160.

Слева — контроль, справа — засуха.

тойчив к засухе в начальные фазы развития — до бутонизации и в конце вегетации (Клюев, 1953; Бородулина, 1957; Талат, 1964).

Большое значение для жароустойчивости играет состояние воды в клетке. Н. С. Петин, Т. Г. Молотковский (1963) отмечают, что жароустойчивость в значительной степени зависит от способности растений менять в широких пределах интенсивность отдельных процессов. Авторы отмечают, что устойчивость к высокой температуре является защитной реакцией растений против неблагоприятного фактора.

Закаливание при засухе в нескольких поколениях увеличивает жаростойкость хлопчатника, причем в большей степени это свойство проявляется в годы с высокими температурами воздуха. Закаленные в нескольких поколениях растения обоих сортов отличались наибольшей жаростойкостью по сравнению с контрольными.

ми и незакаленными растениями. Более высокая способность выносить перегрев отмечена у закаленного варианта сорта Ч-160 по сравнению с закаленным вариантом сорта Ч-3010.

В опытах К. А. Бадановой (1960) показано, что при действии высокой температуры и суховея происходят изменения фракционного состава воды. Особенно большое количество прочносвязанной воды наблюдается у растений, подвергшихся действию высокой температуры. Содержание этой формы воды увеличивается, когда высокая температура сопровождается суховеем.

Таким образом, растения обоих сортов, закаленные в нескольких поколениях, оказались более устойчивыми к высокой температуре, особенно в фазах двух пар листьев до бутонизации и созревания. Устойчивость к высокой температуре выше у сорта Ч-160, особенно у закаленного варианта.

УГЛЕВОДНЫЙ ОБМЕН

В повышении устойчивости растений к недостатку воды в почве и высокой температуре важную роль играет углеводный обмен растений (Тихонов, 1930; Васильев, 1931; Львов, Фихтенгольц, 1936; Мирошниченко, 1941; Тагеева, 1941; Знаменский, 1948; и др.).

Углеводы — энергетический материал растений. Сахара используются растениями в процессе дыхания, при этом образуется энергия, необходимая для жизнедеятельности. Углеводы нужны для построения других веществ, например жиров, органических кислот, или же новых органов и тканей растений. Они концентрируются также в виде запасных веществ (Арасимович, 1948). Сахара образуются в листьях растений при участии солнечной энергии.

Вопрос о первичности сахара, образующегося в процессе фотосинтеза, является дискуссионным. Некоторые авторы (Крашенинников, 1937; Оканенко, 1940) считают, что сначала образуется глюкоза, позднее — фруктоза, а затем из моносахаридов происходит синтез сахарозы.

Содержание и соотношение отдельных форм углеводов в различных растениях и даже в разных органах одного растения неодинаково; оно изменяется в зависимости от фазы развития и возраста растений, а также факторов среды. Наиболее богаты углеводами сахарная свекла, картофель, овощи, хлебные злаки, зернобобовые (Арасимович, 1948; Ефименко, 1948).

Фракционный состав углеводов изменяется по фазам развития. Г. П. Сафронова (1937), работая с сорго в Туркмении, отмечает, что по мере роста и развития растений в них происходит накопление дисахаридов. К моменту цветения содержание их в листьях и стеблях увеличивается. Такие закономерности наблюдали у сорго и другие авторы (Кокки, Коккина, 1937). По данным Л. Л. Маркович, А. Л. Киссель (1958), в северных районах Урала у скоро-

спелых сортов кукурузы отмечено более интенсивное накопление растворимых сахаров, чем у средне- и позднеспелых.

Г. С. Курамшин (1963), проводивший исследования с четырьмя сортами кукурузы — Имшинская 1, Воронежская 71, Харьковская 23 и Стерлинг, установил, что накопление углеводов в вегетативных органах раннеспелого сорта Имшинская 1 идет быстрее, чем у среднеспелых сортов Воронежская 71 и Харьковская 23, еще медленнее углеводы накапливаются у позднеспелого сорта Стерлинг. В конце вегетационного периода содержание углеводов в початках и семенах, наоборот, выше у позднеспелых сортов и ниже у среднеспелых.

В. О. Казарян, Э. С. Авунджан, К. А. Карапетян (1960) отмечают изменения содержания суммы углеводов в цветущих растениях. Данные, полученные В. А. Казаряном и И. Г. Мотеняном (1970), показывают, что содержание углеводов в корнях кукурузы постепенно снижается в онтогенезе, особенно после интенсивного вегетативного роста. Причину этого авторы связывают с усилением расхода сахаров на образование семян. По данным С. О. Гребинского (1939, 1944), Р. М. Рейнус (1962), А. Г. Гаспаряна (1956), высокогорные растения Памира характеризуются повышенным содержанием сахаров, особенно сахарозы, и уменьшением количества нерастворимых сахаров — крахмала. Содержание углеводов в течение суток значительно меняется. Максимальное их содержание в условиях высокогорной зоны отмечено в предполуденные часы (Гаспарян, 1956).

С. Д. Львов (1934, 1950), А. Л. Курсанов (1954) придают важное значение сахарозе как активному углеводу, способствующему устойчивости растений, играющему важную роль в дыхательном процессе. Повышенное содержание сахарозы помогает растениям переносить неблагоприятные условия внешней среды. Б. А. Рубин, Е. В. Арциховская (1948) считают, что расщепление крахмала в живой растительной ткани сопровождается накоплением не глюкозы или мальтозы, а сахарозы.

В работе А. М. Лемаевой (1958) показано, что количество воднорастворимых углеводов в течение вегетационного периода постепенно возрастает. Содержание сахарозы увеличивается от 3,90 до 10,57%, содержание мальтозы выше всего (5,59%) в фазу бутонизации, затем оно постепенно падает. Автор отмечает, что качественный и количественный состав сахаров влияет на рост и развитие растений. Мальтоза способствует вегетативному росту, а сахароза — репродуктивному.

У хлопчатника содержание углеводов изменяется по ярусам растения, моносахариды остаются на более постоянном уровне начиная от нижнего яруса до верхнего, содержание же дисахаридов и полисахаридов повышается в направлении от нижнего яруса к верхнему. Листья верхнего яруса содержат больше сахарозы, чем моносахаридов, благодаря этому процессы синтеза в верхних листьях идут более активно, чем в нижних.

Содержание углеводов изменяется с возрастом хлопчатника. Н. Г. Тошевикова (1950) отмечает, что максимум накопления растворимых углеводов у двух скороспелых сортов хлопчатника приходится на период интенсивного образования бутонов, затем количество сахаров снижается. У сорта 3173 максимальное содержание растворимых сахаров наблюдается в период цветения. В конце вегетации у всех сортов общее содержание углеводов уменьшается, что связано с переброской сахаров из листьев в коробочки.

Л. Х. Таги-Заде (1959) отмечает, что максимальное накопление растворимых углеводов в хлопчатнике наблюдается в фазы бутонизации и цветения. А. И. Лемаева (1966) исследовала содержание растворимых углеводов у различных сортов хлопчатника в различные фазы развития растений и обнаружила, что в фазу бутонизации до начала цветения содержание углеводов высокое, к концу вегетации оно падает, количество же мальтозы к концу вегетации возрастает. П. А. Власюк, Э. М. Климовицкая (1952) утверждают, что во время цветения в стеблях хлопчатника содержится больше растворимых сахаров, чем в листьях. Авторы считают, что в этот период происходит усиленный отток растворимых сахаров из листьев в стебли, где они расходуются на формирование репродуктивных органов.

Содержание углеводов изменяется в течение периода созревания семян хлопчатника В. В. Мансурова (1965), определяя содержание углеводов в созревающих семенах хлопчатника скороспелого сорта 1306-ДВ, позднеспелого С-460 и среднеспелого 108-Ф, установила, что накопление углеводов в семенах хлопчатника продолжается до раскрытия коробочек. Созревание семян сопровождается увеличением растворимых углеводов и снижением гемицеллюлоз и крахмала. Эти показатели зависят от степени зрелости семян. В незрелых семенах хлопчатника общее содержание углеводов ниже, чем в зрелых.

По данным А. Л. Курсанова, Э. М. Выхребенцевой (1954), в созревающих волокнах хлопчатника сорта 108-Ф в условиях Херсона обнаружены глюкоза и сахароза, содержание которых по мере созревания коробочек снижается в связи с образованием целлюлозы.

В исследованиях М. Д. Кушниренко, Р. А. Батыр, С. Н. Печерской (1970) показано, что у засухоустойчивых и незасухоустойчивых древесных растений в условиях ограниченного водоснабжения (30% ПВП) происходят изменения углеводного обмена. У незасухоустойчивого сорта Папировка при завядании как в стеблях, так и в листьях идет гидролиз полисахаридов. У засухоустойчивого сорта Ренет, Симиренко высокополимерные углеводы (пектиновые вещества, крахмал, гемицеллюлоза) подвергаются меньшему распаду. Р. М. Рейнус (1960), анализируя углеводы 9 видов злаков, нашла, что в условиях жаркого климата высокогорий Памира при недостаточном водоснабжении и в более сухих мес-

тообитаниях в растениях всегда содержится в 1,5—2 раза больше гемицеллюлоз, чем в листьях растений, выращенных в поливных условиях.

Н. С. Петин, И. И. Размаев (1961) показали, что в растениях пшеницы и кукурузы при действии высокой температуры увеличивается общая сумма углеводов. Повышение содержания углеводов у пшеницы происходит за счет глюкозы и фруктозы, а у кукурузы — за счет сахарозы. У устойчивых сортов действие высокой температуры способствует инвертазной деятельности в сторону синтеза, у неустойчивых — в сторону гидролиза. А. Н. Сутулов (1946) считает, что при действии высокой температуры водный дефицит вызывает изменения в углеводном обмене растений. Крахмал гидролизует до моноз и сахарозы, при этом повышается содержание сахарозы. Обезвоживание и действие высокой температуры приводят к расщеплению полисахаридов до моноз.

И. Г. Завадская (1963), определяя растворимые углеводы при тепловой закалке, установила, что в листьях увеличивается содержание растворимых углеводов — фруктозы, глюкозы и уменьшается — сахарозы. Увеличение растворимых сахаров связано с гидролизом крахмала и других полисахаридов.

По данным Ф. Д. Сказкина (1940), Г. К. Мирошниченко (1948), засуха приводит к изменению анатомического строения растений, что вызывает затруднение подачи питательных веществ к колосьям. В таком случае репродуктивные органы испытывают углеводное голодание. Формирующиеся органы во время засухи содержат меньше углеводов, чем в условиях достаточной увлажненности почвы.

При засухе происходит расщепление крахмала с образованием сахарозы, причем у засухоустойчивых сортов эти показатели идут интенсивнее, чем у незасухоустойчивых (Львов, Фихтенгольц, 1936).

Биохимические исследования Н. П. Ярош (1959), проведенные на пяти сортах хлопчатника, показывают, что при недостатке воды в почве (35—40% от полной влагоемкости) в течение всего вегетационного периода в листьях хлопчатника было много моносахаридов. Причину накопления сахаров автор связывает с подавлением ростовых процессов и торможением оттока растворимых углеводов из листьев в другие органы хлопчатника. Согласно данным Н. В. Субботина (1961), при завядании различных культур (табак, мак, огурец, фасоль, просо) увеличивалась сумма растворимых сахаров, но общее количество углеводов снижалось.

С. А. Алимбетов (1965) определял углеводный обмен хлопчатника в условиях Каракалпакской АССР. Работа проводилась с сортами КК-1998 при 60 и 80% влажности почвы, полив производился по физиологическим показателям. Общее содержание углеводов всегда было меньше у растений, выращенных при влажности почвы 60%, во все фазы развития, за исключением фазы цветения и плодообразования, где растворимых сахаров было больше.

Н. Н. Дурдыев (1970) отмечает, что при недостаточном водоснабжении в листьях тонковолокнистого хлопчатника содержание общей суммы углеводов, в том числе растворимой фракции, снижается. Это происходит за счет уменьшения всех его фракций, за исключением сахарозы, содержание которой при ограниченном водоснабжении было в 2 раза выше, чем в растениях, выращиваемых при оптимальной влажности.

По данным Е. А. Половой (1955), снижение оводненности клеток в фазе бутонизации и цветения приводит к ферментативному превращению сахарозы в сторону гидролиза.

Углеводный обмен играет важную роль как в засухоустойчивости, так и в морозоустойчивости растений. Значительный интерес представляет изучение характера углеводного обмена в связи с адаптацией к морозу и засухе. Как показали Д. Н. Прянишников (1900), Л. А. Иванов (1923, 1934), В. С. Буткевич (1939), другие обменные реакции в растениях находятся в тесной зависимости от превращения углеводов.

Н. А. Максимов (1913, 1926) придавал важное значение углеводам и глюкозидам, предохраняющим растительные организмы от вымерзания. В работах И. И. Туманова (1929, 1940, 1951) указывается, что в морозоустойчивости растений защитное действие глюкозы и сахарозы примерно одинаково.

Т. С. Сулакадзе (1946) также показала, что сахароза и глюкоза обладают защитными свойствами, проявляющимися лишь в тех случаях, когда отсутствует льдообразование внутри клетки.

По данным И. И. Гуизара, М. Н. Сидеева (1954), при закаливании низкой температурой пшениц Лютеценс 329, Украинка 246 и Московская 2453 обнаружены фруктоза, сахароза, рафиноза и малоподвижные вещества, тогда как у незакаленных растений найдены только фруктоза и сахароза. П. А. Генкель, Е. З. Окнина (1964) определили наличие сахарозы и рафинозы в почках яблоки, вишни, смородины. Они полагают, что накопление в зимнее время олигосахаридов связано с морозоустойчивостью некоторых плодовых культур, особенно сорта яблони Сибирка.

По сведениям И. В. Оголовец (1966), при действии низкой (4—5°) температуры в побегах яблони сортов Коричное и Антоновка увеличивается содержание растворимых сахаров, в основном сахарозы. При дальнейшем воздействии низких температур также увеличивается содержание растворимых олигосахаридов. Это повышение автор связывает с распадом крахмала и части олигосахаридов. Опыты К. А. Сергеевой (1960) показали, что в однолетних побегах древесных культур осенью с повышением температуры начинается гидролиз крахмала.

Различия между зимостойкими и незимостойкими сортами заключаются в том, что у зимостойких сортов интенсивнее идет гидролиз крахмала. У них в коре однолетнего побега накапливаются глюкоза, фруктоза, позднее появляется сахароза. Количество их в середине зимы увеличивается, затем появляется рафиноза.

Повышение содержания олигосахаридов автор связывает с защитной реакцией древесины зимостойких сортов в условиях низкой температуры.

Данные И. Г. Судейманова (1960) свидетельствуют, что в люцерне в начале осени содержание растворимых сахаров увеличивается по сравнению с летним периодом. Это означает, что происходит гидролиз высокополимерных углеводов.

Наличие крахмала и рафинозы в какой-то мере может служить для диагностики растений на зимостойкость древесных культур (Сергеева, 1971).

Из изложенного видно, что углеводы, в частности растворимые сахара, играют важную роль не только в засухоустойчивости растений, но и в морозоустойчивости. Большинство исследователей считают, что морозоустойчивость растений в значительной степени определяется содержанием растворимых углеводов — глюкозы и сахарозы.

В холодное зимнее время, а также при перезимовке растений в условиях отрицательных температур в них повышается содержание растворимых углеводов, что является защитной приспособительной реакцией растений против неблагоприятных условий среды.

Как показывают изложенные данные, при действии почвенной засухи, высокой и низкой температуры в растениях происходят изменения в углеводном обмене, в частности, растворимых фракций. На углеводный обмен в значительной мере влияют также условия орошения.

Орошение — одно из основных агротехнических мероприятий, влияющих на физиологические и биохимические процессы в растительном организме. У растений, выращенных при благоприятном водоснабжении (Петин, 1951), появляются признаки мезофитов: высокая оводненность листьев и непрерывно нарастающая синтетическая способность в течение дня.

Нарушение водного режима растений вызывает серьезные нарушения коллоидно-химической структуры протоплазмы и обмена веществ (Максимов, 1944). При избыточном водоснабжении снижается сахаристость растений. К. Н. Шариков, А. Р. Ветчинкин (1931) провели опыты с двумя сортами ржи под Ташкентом и показали, что при высоком водоснабжении снижается общее содержание сахаров, в частности сахарозы, в течение всего вегетационного периода. Р. И. Лерман (1956) отмечает, что при выращивании ячменя в условиях избыточной влаги (120%) содержание растворимых углеводов наполовину ниже, чем в контроле. Более низкое содержание сахаров у опытных растений связано с низкой гидролитической способностью. По данным Г. А. Евтушенко (1963), в условиях орошения в первые дни полива свекловичного растения сахаристость снижалась, а в периоды между поливами количество сахарозы, моносахаров и рафинозы увеличивалось. Аналогичные данные получил В. В. Арасимович (1948) при выра-

живании 8 сортов винограда на поливных участках. Сахаристость была выше у растений, выращенных на неполивных участках.

Опыты В. О. Казаряна и И. Г. Матеняна (1970) с растениями кукурузы, подсолнечника и тыквы в различных условиях водоснабжения, влажности почвы (30 и 65%) показали, что у всех растений, выращенных в условиях водного дефицита, содержание углеводов во все фазы развития растений выше в корнях.

А. Н. Сутулов (1946) в качестве показателя потребности растения в поливе и для определения нормы полива предлагает использовать величину отношения сахарозы к монозам, которая изменяется под влиянием неблагоприятных условий температуры и водоснабжения.

Данные литературы показывают, что роль углеводов в повышении устойчивости растений велика. Разноречивые мнения существуют по вопросу о значении отдельных фракций в устойчивости растений. Одни придают большое значение сахарозе (Ильин, 1929; Васильев, 1931; Львов, 1934, 1950, 1937; Рубин, Арциховская, 1948; Курсанов, 1954, и др.), другие — глюкозе (Рихтер, 1927; Павлинова, Туркина, 1959), третьи (Туманов, 1929, 1940, 1960) считают, что сахароза и глюкоза играют примерно одинаковую роль в устойчивости растений.

В последнее время важную роль в устойчивости придают олигосахаридам (Гунар, Силеева, 1954; Генкель, Окнина, 1954; Оголовец, 1966; Сергеев, 1971). Разноречивы данные и по углеводному обмену хлопчатника. Одни авторы (Алимбетов, 1965; Дурдыев, 1969; и др.) считают, что при ограниченном водоснабжении снижается общая сумма углеводов. Другие (Ярош, 1959) полагают, что сумма углеводов, наоборот, выше при почвенной засухе.

По вопросу углеводного обмена хлопчатника в условиях Каракалпаки существуют лишь единичные работы, причем некоторые исследования проведены только в условиях оптимальной влажности (Алимбетова, 1964а, 1964б, 1965).

Климат Каракалпаки резко континентальный, высокая температура действует на растения в течение всего вегетационного периода. Растения страдают не столько от почвенной засухи, сколько от атмосферной (Гриненко, 1961). Как известно, углеводы занимают важное место в устойчивости растений.

В связи с этим мы считаем интересным изучить влияние различной влажности почвы на содержание углеводного обмена в разные периоды развития растений. Объектами наших исследований были два сорта хлопчатника — районированный сорт С-4727 и сорт Чимбай-6 в условиях жаркого сухого климата Каракалпаки. Для определения углеводов мы использовали хроматографический метод.

Общее содержание и соотношение отдельных форм углеводов в различных растениях и даже в разных органах одного и того же растения могут изменяться на протяжении вегетационного периода и в течение дня. Они изменяются в зависимости от фазы

развития и возраста растения, а также от факторов среды. А. Г. Тощевикова (1960) отмечает, что максимум накопления растворимых углеводов в двух скороспелых сортах хлопчатника приходится на момент интенсивного образования бутонов, затем количество сахаров снижается.

Как показывают результаты исследований углеводов в вегетационных опытах (табл. 18), сумма углеводов при достаточном увлажнении почвы в течение вегетации у обоих сортов уменьшается, тогда как у растений, подвергшихся действию засухи, повышается. Максимум накопления суммы углеводов совпадает с началом формирования репродуктивных органов в контрольных растениях. Данные табл. 18 показывают, что наибольшее количество сахарозы отмечается в фазе бутонизации в контрольных растениях обоих сортов. Начиная с фазы цветения уменьшается содержа-

Таблица 18

Содержание углеводов в листьях хлопчатника (% на сухую массу).
Вегетационные опыты 1969 г.

Вариант	Фаза развития	С-4727					Чимбай-6				
		сахароза	глюкоза	фруктоза	крахмал	сумма углеводов	сахароза	глюкоза	фруктоза	крахмал	сумма углеводов
Контроль	I	1,76	0,1	—	2,24	4,27	1,74	0,76	—	2,40	4,4
Засуха 1-я	I	2,47	0,26	—	2,0	4,73	2,57	0,61	Сл.	2,17	5,35
Контроль	II	2,41	0,41	Сл.	2,24	5,26	2,43	0,51	.	2,0	5,24
Засуха 2-я	II	2,54	0,55	.	2,04	5,17	2,59	0,64	.	2,00	5,22
Контроль	III	2,32	0,3	.	1,90	4,59	2,37	0,42	.	1,5	4,64
Засуха 3-я	III	2,67	0,74	.	2,16	5,57	2,85	0,83	.	2,07	5,75
Контроль	IV	2,37	0,4	.	1,87	4,67	2,39	0,40	.	1,81	4,60
Засуха 4-я	IV	2,59	0,70	.	2,09	5,38	2,94	0,72	.	2,07	5,73

Примечание. В этой и других таблицах: I — бутонизация, II — начало цветения, III — полное цветение, IV — плодоношение.

ние сахаров. Возможно, передвижение растворимых сахаров связано с формированием репродуктивных органов. Накопление сахарозы и глюкозы происходит интенсивнее при недостатке воды в почве, чем при оптимальном водоснабжении (табл. 18). Увеличение суммы углеводов происходит главным образом за счет сахарозы.

А. Н. Сутулов (1946) считает, что при действии высокой температуры водный дефицит вызывает изменения в углеводном обмене растений. Крахмал гидролизует до моноз и сахарозы, при этом увеличивается количество сахарозы. Обезвоживание и действие высокой температуры приводит к расщеплению полисахаридов до моноз. Данные Е. А. Поповой (1965) показывают, что снижение оводненности клеток в фазе бутонизации и цветения приводит к гидролизу сахарозы.

По нашим данным (табл. 18), содержание сахаров в начальной

фазе развития выше в тех растениях, которые подвергались действию засухи, причем их больше в растениях образца Чимбай-6, чем сорта С-4727. Растворимых углеводов больше, как правило, также у растений образца Чимбай-6, подвергавшихся засухе. Накопление углеводов происходит именно за счет сахарозы.

С. Д. Львов (1934) придает важное значение сахарозе как активному сахару, участвующему в дыхательном процессе. Повышенное содержание сахарозы способствует лучшему перенесению неблагоприятных условий внешней среды. Е. Дж. Маскель и Т. Г. Мэссон (1937) отмечали способность сахарозы перемещаться из листьев в другие органы. Тихонова (1930) и др. нашли, что при обезвоживании листьев исчезает крахмал и одновременно происходит накопление сахаров: сначала сахарозы, а при сильном обезвоживании — моносахаридов.

Наши опыты (табл. 18) показывают, что во время засухи содержание глюкозы у обоих сортов по мере старения растений повышается, а в листьях контрольных растений, наоборот, снижается. Более высокое содержание глюкозы и сахарозы у образца Чимбай-6 во всех вариантах опыта является отличительным сортовым признаком. Возможно, что это в некоторой степени определяет высокую устойчивость данного сорта.

И. М. Васильев (1931), определявший содержание углеводов в пшенице, показал, что утром в завядающих растениях количество моносахаридов меньше, чем сахарозы. С 12 ч с нарастанием водного дефицита в тканях завядающих растений происходит накопление моносахаридов, количество же сахарозы снижается. Автор не без основания предполагает, что происходит гидролиз сахарозы с образованием моноз. И. М. Васильев, Н. Г. Васильева (1934) также показали, что при сильном обезвоживании растений происходит снижение количества сахарозы, повышение содержания глюкозы. При еще большем обезвоживании происходит исчезновение сахаров; сначала исчезает сахароза, затем глюкоза.

В период вегетации содержание крахмала как запасного вещества меняется. По утверждению С. Арслановой (1957), содержание крахмала в листьях по мере созревания растений постепенно уменьшается, а в период раскрытия коробочек повышается. При засухе происходит расщепление крахмала с образованием сахарозы, причем у засухоустойчивых сортов эти показатели идут интенсивнее, чем у незасухоустойчивых (Львов, Фихтенгольц, 1936).

Из наших данных видно, что в ранние фазы развития накопление крахмала идет интенсивнее (табл. 18). По мере же развития растений содержание крахмала несколько снижается у обоих сортов во всех вариантах опыта. Снижение крахмала у контрольных растений обоих сортов особенно заметно в фазе цветения. Возможно, в это время идет более интенсивный гидролиз в связи с образованием репродуктивных органов растений.

Более высокое содержание крахмала наблюдается у сорта С-4727 в опытных вариантах по сравнению с образцом Чимбай-6.

Это, вероятно, связано с более интенсивным расщеплением крахмала у образца Чимбай-6 и образованием повышенного количества растворимых углеводов. Интенсивное расщепление крахмала до растворимых углеводов в процессе почвенной и атмосферной засухи является защитно-приспособительной реакцией этого сорта.

В табл. 19 приведены данные по содержанию растворимых углеводов, а также крахмала у растений в полевых опытах. Содерж-

Таблица 19

Содержание углеводов в листьях хлопчатника (% на сухую массу).
Полевые опыты 1969 г.

Вариант	Дата опыта	С-4727					Чимбай-6				
		сахароза	глюкоза	фруктоза	крахмал	сумма углеводов	сахароза	глюкоза	фруктоза	крахмал	сумма углеводов
Контроль	I	1,57	0,21	—	2,56	4,34	1,61	0,23	—	2,59	4,46
Засуха	I	2,10	0,25	—	2,23	4,58	2,29	0,26	—	2,37	5,02
Контроль	II	2,00	0,39	—	2,11	4,50	2,17	0,41	—	2,24	4,82
Засуха	II	2,26	0,46	Сл.	2,02	4,74	2,36	0,51	Сл.	2,00	4,90
Контроль	III	1,98	0,35	—	1,73	4,06	2,14	0,46	—	1,79	4,39
Засуха	III	2,30	0,57	—	1,95	4,82	2,35	0,67	—	2,14	5,16
Контроль	IV	2,11	0,45	—	1,68	4,24	2,15	0,51	—	1,75	4,44
Засуха	IV	2,25	0,69	—	2,06	5,21	2,40	0,97	—	2,01	5,10

Таблица 20

Содержание углеводов в листьях хлопчатника (% на сухую массу).
Вегетационные опыты 1970 г.

Вариант	Дата опыта	С-4727					Чимбай-6				
		сахароза	глюкоза	фруктоза	крахмал	сумма углеводов	сахароза	глюкоза	фруктоза	крахмал	сумма углеводов
Контроль	I	2,00	0,40	—	2,41	5,42	2,61	0,45	—	2,49	5,58
Засуха 1	I	2,69	0,63	—	2,09	5,41	2,79	0,49	—	2,01	5,59
Контроль	II	2,71	0,80	—	2,37	5,88	2,70	0,64	—	2,41	5,45
Засуха 2	II	2,85	0,59	Сл.	2,32	5,76	2,91	1,27	Сл.	2,30	7,50
Контроль	III	2,56	0,67	—	1,96	5,19	2,50	0,59	—	1,86	4,95
Засуха 3	III	2,89	0,82	—	2,34	6,15	2,96	0,70	—	2,30	6,05
Контроль	IV	1,94	0,74	—	2,13	4,81	1,76	0,49	—	2,09	4,32
Засуха 4	IV	2,72	1,02	—	2,39	6,13	2,70	0,56	—	2,27	5,53

жание углеводов в разные фазы развития растения неодинаково. Максимум накопления углеводов отмечен в фазу бутонизации у контрольных растений обоих сортов. У растений, выращенных в условиях неоплодотворенного участка, общая сумма углеводов постепенно повышается. Это происходит в основном за счет растворимых форм. По-видимому, при засухе недостаточно используются продукты ассимиляции на формирование репродуктивных органов, в результате передвижение углеводов из листьев в другие органы растений тормозится. Это положение, высказанное еще А. Н. Мак-

симовым (1952), тем более очевидно, если учесть, что при недостаточном водоснабжении фотосинтез у хлопчатника снижается (Насыров, 1953). Из табл. 19 видно, что наибольшее количество сахаридов, начиная с начальных фаз развития, отмечается в растениях, выращенных в условиях ограниченного водоснабжения, по сравнению с контрольными растениями. Такое явление наблюдается в течение всех фаз вегетации. Увеличение содержания сахарозы особенно четко проявляется у образца Чимбай-6.

Содержание растворимых углеводов больше, как это наблюдается и в вегетационных опытах, у образца Чимбай-6.

В табл. 19 показано также изменение содержания крахмала по фазам развития хлопчатника. Количество крахмала снижается по мере старения растения в листьях контрольных растений как

Таблица 21

Содержание углеводов в листьях хлопчатника (% на сухую массу).
Полевые опыты 1970 г.

Вариант	Фаза развития	С-4727					Образец Чимбай-6				
		сахароза	глюкоза	фруктоза	крахмал	сумма углеводов	сахароза	глюкоза	фруктоза	крахмал	сумма углеводов
Контроль	I	2,57	0,60	—	2,64	5,81	2,00	0,94	—	2,71	5,65
Засуха 1		2,53	0,56	Сл.	2,44	5,93	2,31	0,88	Сл.	2,34	5,53
Контроль	II	2,49	0,74	—	2,46	5,69	2,04	0,60	.	2,53	5,17
Засуха 2		2,56	0,61	Сл.	2,37	5,97	2,64	1,39	.	2,27	6,40
Контроль	III	2,50	0,54	.	1,87	5,31	2,34	0,76	.	1,97	5,07
Засуха 3		2,82	1,09	.	2,14	6,05	2,90	0,90	.	2,00	5,80
Контроль	IV	1,05	1,05	.	2,19	4,29	1,02	0,40	.	2,24	3,66
Засуха 4		2,66	1,17	.	2,25	6,08	2,71	1,22	.	2,71	6,64

у сорта С-4727, так и у образца Чимбай-6. У растений, выращенных при недостатке воды в почве, наоборот, содержание крахмала у обоих сортов хлопчатника повышается. Накопление крахмала интенсивнее идет в опытных растениях сорта С-4727, чем у образца Чимбай-6. Это, возможно, связано с расщеплением крахмала и образованием растворимых форм, главным образом сахарозы, у образца Чимбай-6.

В табл. 20 приведены данные, полученные в вегетационных опытах по углеводному обмену в 1970 г.

Содержание растворимых углеводов и крахмала в листьях опытных растений у обоих сортов хлопчатника выше, чем в контроле. В листьях обоих сортов, независимо от фазы развития, в процессе адаптации к почвенной засухе наблюдалось возрастание общего содержания растворимых углеводов и крахмала, причем более резко увеличивалось количество растворимых углеводов, главным образом сахарозы.

В табл. 21 приводятся данные, полученные в полевых опытах 1970 г. Здесь наблюдаются в основном те же закономерности, что

в вегетационных опытах. Однако имеются некоторые различия: более высокое содержание общей суммы углеводов и его растворимых форм получены в вегетационных опытах всех вариантов.

В вегетационных и полевых опытах содержание растворимых углеводов в большинстве случаев выше у образца Чимбай-6 по сравнению с сортом С-4727. Чимбай-6 в условиях ограниченного водоснабжения содержит в листьях больше растворимых сахаров.

При сопоставлении данных по динамике накопления растворимых углеводов и крахмала в вегетационных и полевых опытах 1969 и 1970 гг. можно заметить, что более высокое содержание растворимых углеводов наблюдалось в 1970 г. Это, возможно, связано с разной температурой и другими метеорологическими условиями в годы наших исследований.

Таким образом, на основании полученного экспериментального материала по углеводному обмену хлопчатника показана связь между недостаточным водоснабжением и накоплением углеводов в растениях по фазам развития. Сумма углеводов выше в листьях растений, выращенных при недостатке воды в почве, по сравнению с контролем. Накопление углеводов происходит в основном за счет растворимых форм, как у сорта С-4727, так и у образца Чимбай-6. Крахмал как запасное вещество у растений выращенных при оптимальной влажности почвы, постепенно снижается в онтогенезе у обоих сортов. Это, видимо, связано с передвижением углеводов для построения плодовых органов хлопчатника. Содержание крахмала у растений, подвергшихся засухе, наоборот, увеличивается от начала к концу развития. Сорт С-4727 содержит обычно больше крахмала, чем образец Чимбай-6, в опытных вариантах. Это, может быть, связано с более интенсивным расщеплением крахмала и образованием сахаров у образца Чимбай-6. В процессе адаптации растений к засухе защитно-приспособительная реакция у образца Чимбай-6 выражена сильнее, чем у сорта С-4727.

РОСТ, РАЗВИТИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ ХЛОПЧАТНИКА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ ПОЛИВА

РОСТ ХЛОПЧАТНИКА

В регулировании процессов роста наряду с другими агротехническими мероприятиями важная роль принадлежит условиям водоснабжения. Оптимальное водоснабжение усиливает мезофильные свойства, способствующие повышению синтетической деятельности, более продуктивному использованию поливной воды, а также лучшему питанию и росту растений (Максимов, 1952; Генкель, 1954; Петин, Прускова, 1955).

Н. А. Максимов (1926, 1936, 1944) показал, что в условиях засухи снижение урожая связано главным образом с подавлением ростовых процессов растений, даже кратковременное завядание задерживает рост. Часто эта задержка является длительной и не сразу восстанавливается после возобновления полива и нормального водоснабжения. Такой же точки зрения придерживаются и многие другие авторы (Литвинов, 1951; Алексеев, 1954; Сказкин, 1957; и др.).

В последние годы появились исследования, в которых утверждается, что подавление ростовых процессов не является первопричиной снижения урожая в «критический» период (Алексеев, 1963, 1968). Автор показал, что под влиянием засухи возникают аномалии в развитии репродуктивных органов, главным образом пыльники, и связанные с этим нарушения нормального оплодотворения. Это приводит к снижению урожая.

Мы изучали изменение динамики роста хлопчатника в условиях высокой температуры и при различной влажности почвы. Исследования проводились в разные периоды развития трех сортов хлопчатника — С-4727, Ч-3010, Ч-160. (рис. 3, 4).

В табл. 22 представлены данные роста растений при различных схемах полива в опытах 1974—1977 гг. Наиболее интенсивный рост у всех сортов наблюдается в контроле. Растения, испытывавшие недостаток воды в почве в фазе двух пар настоящих листьев до бутонизации, незначительно отстали в росте по сравнению с контрольными. Растения, подвергавшиеся засухе от бутонизации

до цветения и, особенно, от цветения до плодоношения, во все годы изучения были значительно ниже, чем контрольные. Аналогичные данные получены И. П. Сахаровым (1941).



Рис. 3. Растения хлопчатника сорта Ч-160.

Слева — контроль, справа — засуха.

Из табл. 22 видно, что наибольшее подавление роста наблюдается у растений, выращенных без полива (опыты 1977 г.) у всех сортов: растения сорта С-4727 на 20,8 см ниже, чем в контроле, Ч-3010 — на 17,7, Ч-160 — на 14,9. Растения, подвергавшиеся действию засухи, намного отстают в росте по сравнению с контрольными и в дальнейшем, после возобновления полива.

По нашим данным, совпадение действия засухи с периодом образования плодовых элементов вызывает у хлопчатника боль-

шее отставание в росте и развитии по сравнению с контрольными растениями и действием засухи в другие фазы развития (опыты 1976 г.). Действие засухи в фазе плодообразования проявляется односторонне как у контрольных, так и у опытных растений. В этот период она подавляет не ростовые процессы, а главным образом рост плодовых элементов и ускорение развития хлопчатника. Рост хлопчатника замедляется, вегетационный период приближается к концу. В опытах 1976 и 1977 гг. мы не обнаружили такой закономерности, наоборот, самые низкие показатели в росте оказались в последних фазах развития при недостаточном водоснабжении.



Рис. 4. Растения хлопчатника сорта Ч-3010.

Слева направо: 1 — контроль, 2 — 1-е поколение, 3 — 2-е поколение, 4 — 3-е поколение, 5 — 4-е поколение.

Это, вероятно, является следствием подавляющего действия засухи в первоначальные периоды развития, в результате чего рост не восстанавливается после возобновления полива. Хлопчатник в этот период все ресурсы использует на формирование репродуктивных органов.

В табл. 23 приведены данные опытов 1978—1981 гг. с двумя сортами хлопчатника, закаленными в нескольких поколениях. На более интенсивный рост наблюдается у контрольных растений. У растений всех сортов хлопчатника незакаленного варианта во все годы исследования показатели роста ниже. Закаленные растения всех сортов отличались более интенсивным ростом по срав-

нению с незакаленными. Так, у сорта Ч-3010 в среднем за четыре года рост был выше по сравнению с незакаленными вариантами на 6,3 см, у сорта Ч-160 — на 7,3.

Таблица 22
Рост хлопчатника (см) при различных схемах полива

Сорт, вариант	Схема полива	1974 г.	1975 г.	1976 г.	1977 г.
С-4727 Контроль Опыт	1-2-2	76,1±1,1	78,1±1,8	75,4±2,0	77,1±1,6
	1-1-0	74,2±1,2	—	—	—
	0-1-1	—	76,1±1,6	—	—
	0-0-1	—	—	65,1±1,2	—
	0-0-0	—	—	—	56,3±1,4
Ч-3010 Контроль Опыт	1-2-2	84,3±1,7	86,1±2,1	84,0±1,7	82,0±1,7
	1-1-0	81,2±1,4	—	—	—
	0-1-1	—	84,1±1,3	—	—
	0-0-1	—	—	75,0±1,2	—
	0-0-0	—	—	—	64,3±1,4
Ч-160 Контроль Опыт	1-2-2	83,4±1,4	88,2±1,6	85,0±1,2	81,0±1,5
	1-1-0	82,6±1,6	—	—	—
	0-1-1	—	85,5±1,4	—	—
	0-0-1	—	—	77,0±1,4	—
	0-0-0	—	—	—	66,1±1,6

Таблица 23
Влияние закалывания на рост хлопчатника (см) при различных схемах полива

Сорт, вариант	Схема полива	1978 г.	1979 г.	1980 г.	1981 г.
Ч-3010 Контроль Незакаленные Закаленные	1-1-1	93,1±1,4	96,7±1,9	102,1±2,0	96,1±1,4
	0-0-0	52,1±1,7	55,5±1,7	54,6±1,8	51,4±1,6
	0-0-0	56,1±1,3	60,1±1,8	61,4±1,7	63,4±1,3
Ч-160 Контроль Незакаленные Закаленные	1-1-1	94,7±2,0	98,1±1,7	103,4±2,1	99,1±1,8
	0-0-0	51,4±1,8	56,3±1,6	57,1±1,4	56,8±1,4
	0-0-0	59,1±1,5	62,4±1,4	67,1±1,3	66,1±1,3

Таким образом, в наших опытах наблюдается более интенсивный рост растений закаленного варианта сорта Ч-160 по сравнению с сортом Ч-3010.

УРОЖАЙНОСТЬ ХЛОПЧАТНИКА

Урожайность — лучший показатель при сопоставлении сортов на засухоустойчивость и определении признаков закаленности. В разные периоды развития засуха по-разному влияет на урожайность растений.

В течение вегетационного периода хлопчатник сбрасывает около 70—80% плодовых элементов. Это явление исследователи объясняют по-разному: по мнению одних авторов, это вызвано понижением влажности почвы в сочетании с высокой температурой и сухостью воздуха, по мнению других — недостаточным освещением и большой густотой стояния растений, третьих — ухудшением аэрации при подъеме грунтовых вод, неполным оплодотворением и недостаточным питанием.

Большинство исследователей опадение плодовых элементов связывают с недостатком воды в почве. Продуктивность растений зависит в основном от обеспеченности растений водой. Один из главных факторов, ограничивающих рост и формирование плодовых органов, вызывающих опадение бутонов и завязей у хлопчатника, — недостаток воды в почве (Нешина, Тодоров, 1955). Недостаток воды в почве в любой период развития неблагоприятно влияет на формирование тех органов, которые в данный момент образуются (Максимов, 1926, 1952).

В работе В. А. Новикова (1931) показано, что причиной сбрасывания завязей хлопчатника является разная сосущая сила органов. По его мнению, коробочки при нормальных условиях имеют большую сосущую силу, чем лист, а в условиях ограниченного водоснабжения, наоборот, лист обладает большей сосущей силой по сравнению с коробочкой. В результате нарушается нормальный ток из листьев к коробочке и возникает обратный ток из коробочки в лист. Таким образом, главной причиной сбрасывания завязей автор считает увеличение сосущей силы листьев.

Исследования Г. С. Зайцева (1974), Н. А. Бородулиной, Н. А. Соколовой (1957) показали, что при недостаточном водоснабжении в разгаре цветения и плодообразования происходит наиболее сильное опадение плодовых элементов.

Е. Л. Попов (1955) установил, что в клетках листьев у увядающих растений, наряду с падением тургорного давления, увеличиваются сосущая сила, осмотическое давление и степень проницаемости клеток для электролитов. При возобновлении полива опытные растения по отмеченным показателям приближаются к контрольным, но не достигают их уровня. Эти нарушения автор связывает с глубокими изменениями коллоидно-химических и осмотических свойств протоплазмы клеток вследствие обезвоживания листьев, которое приводит к опадению плодовых элементов растений. По данным А. А. Бородулиной, Н. А. Соколовой (1954), при недостатке воды в почве опадение плодовых элементов происходит из-за снижения интенсивности поступления фосфора в листья, в результате чего усиливается распад фосфоросодержащих органических соединений.

Е. Дж. Маскел и Г. Г. Мэсон (1937) причину опадения завязей хлопчатника видят в изменении углеводного обмена. Г. С. Зайцев (1929) предполагает, что главной причиной опадения завязей является неравномерное их питание. По данным В. А. Новикова

(1941), завязи опадают из-за недостатка передвижения в них ассимилятов из листьев. Л. Х. Набер (1953) считает, что в нормально развивающихся завязях содержание сахарозы, крахмала и гемицеллюлозы более высокое по сравнению с опадающими. Н. А. Тодорова, А. Н. Нешина (1957а) приводят данные о влиянии освещенности. Исключение света на два дня в фазе массового цветения и плодоношения хлопчатника привело в их опытах к значительному опадению бутонов и завязей. По мнению этих авторов, хлопчатник не обладает большим резервом сахаров и при кратковременном прекращении фотосинтеза испытывает углеводное голодание. А. А. Тодорова, А. Н. Нешина (1957б) отмечают важную роль сахаров в сохранении плодовых элементов хлопчатника. При неблагоприятных температурных условиях хлопчатник теряет много плодовых органов, главным образом бутонов. В. А. Новиков (1941а) считает, что снижение влажности почвы и высокие температуры воздуха нарушают фотосинтез, в результате чего происходит опадение плодовых элементов. Исследования, проведенные С. А. Абасовой (1940), также показывают, что опадение бутонов и коробочек происходит при повышении температуры до 40°C и более (все опыты проведены в закрытых камерах).

Еще Г. С. Зайцев (1963) показал тесную корреляционную связь температуры с ростом и развитием хлопчатника. Высокие положительные температуры ускоряют прохождение фаз развития, падение температуры ниже 20°C, наоборот, вызывает тепловое голодание хлопчатника.

М. В. Мухамеджанов, А. З. Закиров (1968) на большом экспериментальном материале установили температурные градиенты для наступления всех основных фаз развития хлопчатника. По их данным, для нормального роста и развития от всходов до образования первого настоящего листа среднесуточные температуры воздуха должны быть около 16°, в фазе бутонизации — 18°, в фазе цветения — 19° и от цветения до созревания 20° и выше.

Температура влияет также на массу одной коробочки. По данным В. А. Платонова (1982), если сумма эффективных температур за вегетационный период превышает 2000°C, средняя масса коробочки составляет 5,4—6,5 г, при уменьшении суммы температур масса коробочки снижается.

Избыточное увлажнение почвы также отрицательно влияет на закладку репродуктивных органов хлопчатника. Н. А. Максимов (1952) утверждает, что избыток воды в почве может быть для растений почти так же вреден, как и ее недостаток.

По данным И. П. Сахарова (1941), урожайность хлопчатника зависит также от сортовых особенностей. Так, М. Абуталыбов (1936), сравнивая некоторые сорта хлопчатника (Навроцкий, Гуза, Фуади), установил, что более засухоустойчив сорт Гуза, который при засухе имел большее число коробочек, чем сорта Навроцкий и Фуази.

На урожай хлопка влияют также условия поливного режима.

Мы проводили вегетационные опыты до фазы образования коробочек в условиях Ленинградской области в оранжереях.

Наиболее урожайными оказались контрольные растения, выращенные при 70% влажности почвы, наименьший урожай получен у растений, испытывавших недостаток воды в почве в фазе цветения.

Приводим данные вегетационных опытов по влиянию влажности почвы на образование плодозащитных элементов (в среднем из 10 растений).

Сорт, показатель	Контроль	Засуха 1	Засуха 2	Засуха 3
С-4727				
Кол-во закладываемых бутонов	42,5	40,8	35,0	31,1
из них опавших	6,0	15,0	17,0	11,0
Кол-во опавших цветков	13,5	12,8	6,0	10,1
Кол-во опавших коробочек	21,0	11,0	12,0	10,0
Всего опавших плод. элементов	19,5	27,8	21,0	21,1
Сортаобразец Чимбай-6				
Кол-во закладываемых бутонов	61,0	44,1	40,3	35,8
из них опавших	13,0	14,0	22,0	15,0
Кол-во опавших цветков	26,0	17,0	1,3	9,8
Кол-во опавших коробочек	22,0	13,0	17,0	11,0
Всего опавших плод. элементов	39,0	31,0	21,3	24,8

Засуха в период образования бутонов приводит к быстрому их увяданию, а впоследствии к снижению количества коробочек. Отсутствие достаточного водоснабжения во время цветения уменьшает количество закладываемых бутонов, увеличивает число опадающих. Засуха в период плодоношения отрицательно влияет на образование коробочек. О повышенной чувствительности хлопчатника к недостатку воды в период цветения и плодоношения пишет Г. К. Ключев (1959).

Растения особенно сильно страдают при недостаточном водоснабжении во время цветения. Так, у сорта С-4727 при действии засухи в период от появления второго листа до бутонизации опало 15 бутонов, от бутонизации до цветения — 17, от цветения до плодоношения — 11.

Таким образом, у обоих сортов наибольшее опадение бутонов наблюдается при действии засухи во время цветения. Результаты наших опытов близки к данным А. А. Бородулиной, Н. А. Соколовой (1957), которые также обнаружили, что при влажности почвы 80% в период цветения увеличение урожая происходит за счет образования большего числа бутонов и цветков, при влажности 65% — за счет снижения опадения завязей. Снижение влажности почвы до 40% во время цветения приводит к увеличению опадения завязей. Необходим бесперебойный полив хлопчатника, особенно во время цветения (Бородулина, Соколова, 1957).

В течение вегетации больше опадает завязей, расположенных дальше от главного стебля. Опадают в основном молодые и верхние завязи. Из литературных данных известно, что молодые завязи хлопчатника хуже переносят водный дефицит, чем старые. При

засухе, даже сильной, завязи старше 14 дней остаются на кусте. Г. С. Зайцев (1916) отмечает, что чем дальше плодозащитные элементы расположены к периферии, тем больше они опадают; что касается листьев, то молодые листья удерживаются лучше, чем старые.

В табл. 24 представлены данные опытов, проведенных в Ботаническом саду КК ФАН УзССР в 1969—1971 гг. Наиболее высокий урожай получен у контрольных растений. При недостатке воды в начальный период развития (две пары листьев) растения страдают меньше, чем в остальные периоды, и следовательно, при действии засухи в этот период урожай несколько выше, чем в другие фазы развития. Особенно губительно действие засухи в раз-

Таблица 24

Влияние условий водоснабжения на урожайность (г) хлопчатника (в среднем из 10 растений; опыты 1969—1971 гг.)

Вариант	Сорт С-4727			Сортаобразец Чимбай-6		
	масса 1 коробочки	масса 1000 семян	урожай с 10 растений	масса 1 коробочки	масса 1000 семян	урожай с 10 растений
Вегетационные опыты						
Контроль	6,4	110,6	206,0	6,2	105,6	191,0
Засуха 1	5,5	110,6	176,0	5,9	122,0	174,0
Засуха 2	5,2	106,0	136,0	5,0	105,0	137,0
Засуха 3	4,5	15,0	47,0	4,7	90,4	53,0
Засуха 4	3,3	73,2	110,0	3,7	74,8	129,0
Полевые опыты						
Контроль (поливной участок)	7,8	125,5	906,0	7,0	124,0	961,0
Опытный (без полива)	5,7	112,5	320,2	5,5	114,0	336,0

гар цветения: наблюдалось массовое сбрасывание бутонов, в результате чего резко снизился урожай у обоих сортов.

Недостаточное водоснабжение во время плодобразования и начала раскрытия коробочек также приводит к снижению урожая, главным образом за счет снижения массы и увеличения щуплости коробочек. Как видно из табл. 24, более высокий урожай получен на контрольных растениях, особенно сорта С-4727. В условиях засухи более высокий урожай в «критический» период дает сортаобразец Чимбай-6.

Данные полевых опытов (табл. 24) также показали, что у обоих сортов хлопчатника, выращенного при оптимальной влажности почвы (по схеме 2—4—2), симподиальных ветвей и закладываемых бутонов больше, а сбрасывание бутонов меньше, чем у растений, выращенных при ограниченном водоснабжении (по схеме 2—0—0).

Таким образом, количество и характер сбрасывания бутонов

и коробочек у хлопчатника зависит от возраста растений и расположения плодовых элементов. Е. А. Попова (1955) считает, что при пониженной влажности почвы (40% от полной влагоемкости) в период от первой фазы до начала цветения хлопчатник лучше переносит временное обезвоживание, чем выращенный при влажности 65%. Сорт С-4727 в контроле дал урожай 996 г, образец Чимбай-6 — 961 г; в условиях ограниченного полива урожай составил соответственно 320,2 и 336,0 г. Из табл. 25 видно, что более высокий урожай отмечен у контрольных растений сорта С-4727 как в вегетационных, так и в полевых опытах, в опытных же вариантах наиболее урожайным оказался образец Чимбай-6.

В опытах 1970 г. также наблюдались изменения урожая в зависимости от условий водного режима хлопчатника (табл. 25).

Таблица 25

Влияние условий водоснабжения на урожайность (г) хлопчатника (в среднем 10 растений; опыты 1970 г.)

Вариант	С-4727			Чимбай-6		
	масса 1 коробочки, г	масса 1000 семян, г	урожай с 1 м ² растений, г	масса 1 коробочки, г	масса 1000 семян, г	урожай с 1 м ² растений, г
Вегетационные опыты						
Контроль	6,5	107,5	176,9	6,4	106,1	171,6
Засуха 1	5,6	105,2	155,7	5,8	104,2	157,8
Засуха 2	6,4	101,7	133,3	5,2	102,1	139,0
Засуха 3	4,7	61,0	43,5	4,8	61,0	44,6
Засуха 4	3,9	59,3	121,0	3,9	55,7	124,0
Полевые опыты						
Контроль (полной участок)	7,26	123,0	717,0	7,0	114,43	715,0
Опытный (без полива)	5,50	99,0	274,0	5,3	93,6	278,0

В вегетационных опытах хлопчатник обоих сортов дал более высокий урожай в условиях оптимальной влажности почвы, чем растения, выращенные при 40% влажности. Недостаточное водоснабжение резко подавляло образование симподиальных ветвей, которые являются основными плодоносящими ветвями у хлопчатника. Наши данные совпадают с данными А. И. Имамалиева и М. А. Омара (1972), которые отмечают, что подсушка хлопчатника до 40% ПВ в фазу цветения привела к уменьшению количества симподиальных ветвей и резкому снижению урожая. У растений, выращенных при влажности 40%, резко снизилось как общее количество сохранившихся плодовых элементов, так и количество сформировавшихся коробочек. Как отмечалось выше, влияние недостатка воды в почве по фазам развития неодинаково, особенно губительно действие засухи в фазе цветения (табл. 25). В период

развития плодовых элементов хлопчатник особенно нуждается в бесперебойном снабжении водой. Еще Г. С. Зайцев (1924) отмечал, что хлопчатник наиболее чувствителен к почвенной влаге в фазе цветения и плодообразования. Он считал, что в этот период развития нельзя ограничивать растения в воде и питании.

Полевые опыты показали, что растения обоих сортов, выращенные при поливе по схеме 2—4—2, дают более высокий урожай, чем растения без полива. В контроле у сорта С-4727 урожай составил 717,0 г, в опыте — 274,0, у образца Чимбай-6 — соответственно 715,0 и 278,0 г.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что засуха в любой фазе развития растений отрицательно действует на закладку репродуктивных органов, в результате чего снижается урожай. Недостаток воды в почве в течение вегетации по-разному действует на формирование репродуктивных органов. Особенно губительна засуха в фазе полного цветения и начала плодообразования. Это, возможно, связано с «критическим» периодом у хлопчатника. Имеются и сортовые различия в урожайности. Образец Чимбай-6 в условиях засухи дает более высокий урожай, чем сорт С-4727. Сорт С-4727 оказался более урожайным в условиях оптимальной влажности почвы.

Из данных наших экспериментов видно, что ограниченное водоснабжение отрицательно влияет на рост и развитие хлопчатника. Недостаток влаги в почве, высокая температура и низкая относительная влажность воздуха снижают рост побегов и листьев, ослабляют интенсивность цветения, приводят к опадению бутонов и завязей, ускоряют созревание коробочек.

Для разработки эффективных методов получения высокого урожая необходимо детально изучить требования растений к условиям окружающей среды, взаимосвязи между средой и растениями. Это позволит управлять ростом и развитием растений и в зависимости от меняющихся условий среды правильно выбрать пути повышения их урожайности.

Несмотря на крайне неблагоприятные почвенно-климатические условия в Каракалпакии — одном из самых северных районов мирового хлопководства, выращивание хлопчатника, как показали многолетние исследования Каракалпакского научно-исследовательского института земледелия, вполне возможно при применении специальной для данных условий агротехники, направленной на экономное расходование воды, повышение плодородия почвы, а также при подборе стойких к засухе и болезням сортов хлопчатника.

Мы проводили деляночные и полевые опыты: деляночные — на опытно-хозяйственном участке Нукусского государственного университета, полевые — на больших площадях на экспериментальной базе Каракалпакского научно-исследовательского института земледелия. На опытных участках (в полевых опытах), где выращивались различные новые сорта хлопчатника, определяли со-

держание питательных элементов в почве, а также изменения глубины залегания грунтовых вод. Пробы брали перед посевом и в конце вегетации. В табл. 26 приведены агрохимические анализы почвы опытных участков.

Перед закладкой опыта и после вегетационного периода брали почвенные образцы на глубине 0—30 и 30—50 см для установления содержания питательных элементов и легкорастворимых соединений (мг на 100 г почвы) при различных схемах полива.

Из данных табл. 26 видно, что верхний пахотный горизонт (0—30 см) наиболее богат элементами и легкорастворимыми солями по сравнению с почвенным горизонтом (30—50 см). Это, возможно, связано с тем, что при увеличении температуры в весенний период повышается испаряемость почвы. Увеличение содержания легкорастворимых солей в верхнем пахотном слое почвы в

Таблица 26

Агрохимическая характеристика почвы опытных участков

Вариант	Горизонт, см	Гумус, %	Валовые формы, %			Содержание подвижных форм, мг/кг				Плотный остаток
			N	P	K	N	P	K	навоз	
Перед посевом	0—30	0,84	0,083	1,12	12,2	19,2	0,0276	0,0420	0,1440	0,528
	30—50	0,76	0,063	0,096	9,7	13,6	0,0300	0,0240	0,1008	
В конце вегетации	0—30	0,4662	0,079	1,58	3,38	16,1	0,0204	0,2064	0,4992	0,35
	30—50	0,3905	0,062	1,42	1,92	13,2	0,0204	0,0990	0,2976	
Контроль	0—30	0,5418	0,091	1,33	0,23	15,2	0,0240	0,0680	0,2688	0,37
	30—50	0,3528	0,082	1,66	0,28	9,1	0,0240	0,0792	0,2304	
Незакаленные растения	0—30	0,4032	0,072	1,5	0,56	14,5	0,0228	0,1188	0,3456	0,64
	30—50	0,488	0,061	2,0	0,81	8,4	0,0264	0,1151	0,2880	
Закаленные растения	0—30	0,4032	0,072	1,5	0,56	14,5	0,0228	0,1188	0,3456	0,64
	30—50	0,488	0,061	2,0	0,81	8,4	0,0264	0,1151	0,2880	

свою очередь приводит к ее засолению. В Каракалпакии без проведения промывных поливов невозможно получить полноценные всходы хлопчатника. Из табл. 26 видно, что в конце вегетации содержание питательных элементов в почве снижается, особенно при выращивании растений в условиях оптимальной влажности почвы, что объясняется снижением микробиологической деятельности почвы и общим усвоением нитратов растениями.

Уровень грунтовых вод мы определяли перед посевом в разгаре цветения, плодообразования и в конце вегетации. Данные показывают, что уровень грунтовых вод в течение вегетационного периода меняется. За все годы исследования самый высокий уровень грунтовых вод отмечался в весенний период (с начала посева до бутонизации), а более низкие показатели залегания грунтовых

вод отмечены в середине и в конце вегетации. Это, видимо, связано с повышением температуры воздуха, возрастанием испарения с поверхности почвы, а также с усилением транспирации растениями при высокой температуре и низкой относительной влажности воздуха. По показателям залегания грунтовых вод контрольные и опытные варианты резко не различаются.

Дата	Контроль	Опыт
1977 г.		
12.05	1,60	1,60
5.08	2,00	2,10
25.10	2,5	2,6
1978 г.		
12.05	1,42	1,42
13.08	1,55	1,65
14.09	1,70	1,75
1979 г.		
02.06	1,51	1,50
01.08	1,90	2,2
05.09	2,30	2,5
1980 г.		
15.05	1,40	1,40
10.08	1,6	1,65
20.10	2,1	2,2
1981 г.		
15.05	1,37	1,37
30.07	1,50	1,50
15.09	1,73	1,70

Мы определяли также энергию прорастания семян (табл. 27). Как уже было отмечено, в республике посев начинается с наступ-

Таблица 27

Динамика прорастания семян хлопчатника (число растений на 1 пог. м)

Сорт, вариант	1974 г.			1975 г.			1976 г.			1977 г.		
	10.05	18.05	25.05	28.05	06.06	15.06	12.05	19.05	28.05	12.06	17.06	23.06
C-4727												
Контроль	4,1	7,4	31,2	3,1	7,3	2,61	4,1	13,2	33,5	7,1	17,2	21,0
Опыт	3,9	8,2	29,1	4,2	9,1	31,0	4,0	14,5	35,4	6,3	18,2	20,1
Ч-3010												
Контроль	5,0	8,1	27,1	4,7	9,3	29,2	6,1	14,2	34,6	4,0	14,2	27,1
Опыт	4,2	7,5	33,4	5,1	8,2	31,7	5,9	17,2	32,6	5,2	16,1	25,0
Ч-160												
Контроль	7,0	15,1	34,5	5,6	11,2	30,5	7,2	16,8	34,5	12,0	17,1	32,1
Опыт	6,2	17,2	30,0	6,1	12,0	28,6	7,0	15,6	33,5	11,2	19,0	30,2

Сорт, вариант	1978 г.		1979 г.				1980 г.			1981 г.		
	18.05	27.05	07.06	09.06	16.06	27.06	26.03	03.06	13.06	29.05	12.06	18.06
С-4727												
Контроль	9,1	16,2	37,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Опыт	8,7	17,5	36,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ч-3010												
Контроль	8,1	36,2	11,2	21,2	39,6	3,1	9,1	23,1	3,1	11,6	24,2	
Опыт	7,4	18,0	35,2	12,1	20,3	37,4	3,4	11,2	4,2	13,5	23,5	
Ч-160												
Контроль	7,2	19,1	37,5	10,1	23,4	40,1	4,2	11,2	23,2	5,4	13,1	27,0
Опыт	5,7	17,3	36,5	11,0	20,2	33,2	6,5	13,4	32,0	6,2	14,2	29,1

лением устойчивых температур почвы. Согласно многолетним данным, устойчивые температуры в южных районах наступают не ранее 15. 04, в северных — не ранее 20. 04. Оптимальным периодом для посева хлопчатника в южной зоне является период с 10 по 30. 04, в северной — с 20. 04 по 10. 05.

С появлением первых всходов через каждые 8—11 дней определяли энергию прорастания семян. Динамика прорастания семян в основном зависела от температуры воздуха: чем выше температура, тем больше энергия прорастания. Во все годы постановки опытов мы основывались на соответствующей агротехнике для данной территории. На опытных участках определяли густоту стояния после прореживания и в конце вегетации. Для получения высоких и надежных урожаев хлопка-сырца важное значение имеет обеспечение оптимальной густоты стояния хлопчатника. Наши опыты проведены с междурядьями в 60 см, после прореживания оставлено 1—2 растения на каждые 20—23 см, или 8—10 растений на 1 пог. м, а с междурядьями 90 см — 2—3 растения на каждые 15—18 см, или 12—13 растений на 1 пог. м. Ниже приведены данные по густоте стояния растений, тыс/га.

Год, срок наблюдения	С-4727	Ч-3010	Ч-160
1974			
После прореживания	74,0	73,2	75,1
Перед сбором урожая	72,9	71,2	73,4
1975			
После прореживания	76,3	75,9	77,1
Перед сбором урожая	74,6	73,9	75,0
1976			
После прореживания	72,0	70,1	71,4
Перед сбором урожая	70,2	71,1	72,4
1977			
После прореживания	72,0	71,1	73,7
Перед сбором урожая	71,8	72,1	72,2

1978

После прореживания	72,2	71,6	70,8
Перед сбором урожая	70,4	71,8	72,2

1979

После прореживания	72,1	74,2	73,4
Перед сбором урожая	71,3	72,4	71,2

1980

После прореживания	73,4	72,9	72,5
Перед сбором урожая	71,2	71,1	71,9

1981

После прореживания	—	73,0	74,2
Перед сбором урожая	—	71,4	73,8

В 1974 г. мы заложили деляночные опыты по изучению влияния различной влажности почвы на урожайность трех сортов хлопчатника в условиях Каракалпакии. Выше уже отмечено, что водообеспеченность растений существенно влияет на образование и опадение плодовых элементов хлопчатника и в конечном счете отражается на общем урожае хлопка-сырца.

Таблица 28

Влияние условий водоснабжения на динамику образования плодовых элементов у хлопчатника (в среднем на 1 растение; опыты 1974 г.)

Сорт, вариант	Схема полива	15.09		15.10		Масса коробочки, г
		число коробочек	масса сырья, г	число коробочек	масса сырья, г	
С-4727						
Контроль	1-2-2	8,3±0,4	59,1±1,1	15,9±2,6	82,3±1,7	5,9±0,9
Опыт	0-1-1	6,7±0,5	46,2±1,2	8,8±1,9	44,3±1,3	4,9±0,7
Ч-3010						
Контроль	1-2 2	9,6±0,4	63,2±1,0	17,8±1,4	88,5±2,1	6,2±0,8
Опыт	0-1-1	7,4±0,6	48,3±1,2	10,2±1,1	47,3±2,9	5,2±0,6
Ч-160						
Контроль	1-2-2	9,1±0,4	62,1±1,1	16,4±1,4	86,5±1,9	6,4±0,5
Опыт	0-1-1	7,8±0,2	49,1±1,3	10,7±1,0	49,6±1,1	5,3±0,3

В опытах с районированным сортом С-4727 и новыми сортами хлопчатника Ч-3010 и Ч-160 были изучены только оставшиеся плодовые элементы на кусте при различных схемах полива (табл. 28).

Как известно, растения, выращенные при недостаточном водоснабжении, отличаются от растений, выращенных в нормальных условиях водоснабжения, низкорослостью, меньшей облиственностью и низкими показателями урожайности. В условиях оптимальной влажности почвы хлопчатник образует намного больше плодовых ветвей, усиливается рост главного стебля, что создает условия для увеличения общей массы надземных органов, в том чис-

ле плодовых элементов. Из табл. 28 видно, что у контрольных растений всех сортов хлопчатника происходит увеличение общего количества коробочек и массы сырья, у растений же, выращенных при схеме полива 0—1—1, т. е. когда растения не получают полива до цветения, следовательно, находятся в относительно жестких условиях, накопление плодовых элементов намного меньше, чем в контроле.

Так, у контрольных растений сорта С-4727 образовалось 15,9 шт. коробочек, масса сырья — 82,3 г, у сорта Ч-160 — 16,5 коробочек, масса сырья 86,5 г. Масса одной коробочки в опытных вариантах также низка у всех сортов хлопчатника по сравнению с контрольными растениями. Это отличие особенно проявляется у сорта С-4727. В условиях ограниченного водоснабжения среди изучаемых сортов Ч-160 оказался более урожайным, чем другие.

Влияние условий водоснабжения на динамику образования плодовых элементов

Вариант	Схема полива	30.07			19.07		
		бутоны	цветки	коробочки	бутоны	цветки	коробочки
С-4727	1-2-2	74	—	—	78	26	—
Контроль	1-1-0	21	—	—	6	2	1
Опыт							
Ч-3010	1-2-2	72	—	—	176	49	—
Контроль	1-1-0	51	—	—	118	6	—
Опыт							
Ч-160	1-2-2	59	—	—	170	47	—
Контроль	1-1-0	2	—	—	109	4	—
Опыт							

Таким образом, результаты опытов показывают, что условия недостаточного водоснабжения вызвали уменьшение количества коробочек, массы сырья и массы одной коробочки.

В 1975 г. опыты были продолжены. Схема опытов была такая же, как и в 1974 г. В 1975 г. мы также поливали растения 2 раза — в фазе цветения и начала плодообразования. В этих опытах особое внимание было обращено на темпы образования плодовых элементов при различных схемах полива. Данные табл. 29 показывают, что ухудшение условий водоснабжения приводит к снижению количества плодовых элементов у всех исследуемых сортов хлопчатника. Так, у сорта С-4727 на фоне оптимальной влажности почвы 30.07 насчитывалось в среднем по 160 шт. бутонов на 10 растений, 30.08. — 169 коробочек и в конце вегетации сохранившихся коробочек было 129,0 шт., на фоне ограниченного водоснабжения — соответственно 123, 87, 63 шт. Аналогичные данные

получены по другим сортам и в предыдущие годы исследований. Темпы опадения плодовых элементов хлопчатника имеют выраженную закономерность, сохраняющуюся при различных схемах полива. В период бутонизации опадение плодовых элементов в условиях нормального водоснабжения бывает незначительным и спавшие бутоны с избытком возмещаются вновь образовавшимися. В разгар цветения отмечается постепенное нарастание опадения бутонов, которое резко усиливается в период плодообразования, а дальше опадение бутонов значительно сокращается, затем начинается опадение молодых завязей и цветков. Эта закономерность резко выражена у растений, выращенных в условиях жесткого фона орошения. Растения, выращенные в условиях ограниченного водоснабжения, в первую очередь сбрасывают молодые бутоны, расположенные на внутренних конусах, далее начинается опадение

Таблица 29

у хлопчатника, шт. (в среднем 10 растений; опыты 1975 г.)

30.07			15.08			30.08			30.09		
бутоны	цветки	кор. б. ч. к.	бутоны	цветки	коробоч. к.	бутоны	цветки	коробочка	бутоны	цветки	коробочек
160	98	49	45	56	92	39	41	169	—	—	129,0±2,1
123	13	58	61	49	39	23	29	87	—	—	63,0±1,7
239	110	59	36	79	161	29	36	181	—	—	151,0±2,7
180	23	55	66	52	139	13	23	88	—	—	67,0±1,7
229	107	55	42	76	158	24	41	173	—	—	148,0±2,7
192	19	53	21	26	144	29	18	86	—	—	70,0±1,6

бутонов в возрасте 1—2 недель и более старших возрастов, затем опадают завязи и цветки. Так, к моменту массового плодообразования на 10 растений сохранилось коробочек у сорта С-4727 в контроле 129, в опыте 63,0, у сорта Ч-160 — соответственно 148 и 70,0 шт. (табл. 29).

Можно предположить, что основной причиной опадения плодовых элементов хлопчатника является недостаток воды в почве, который приводит к резким нарушениям физиологической деятельности растительного организма. В этих опытах в процессе изучения опадения и накопления плодовых элементов удалось обнаружить сортовые различия. При засухе, особенно в «критический» период развития, наибольшим количеством образовавшихся плодовых элементов и меньшим показателем опадения репродуктивных органов характеризовался сорт Ч-160, за ним следует сорт Ч-3010; наиболее низкие показатели сохранения плодовых элементов оказались у сорта С-4727.

В 1976 г. исследования в этом направлении продолжались. Растения опытных вариантов поливали только один раз — в фазу плодобразования. Формирование плодовых элементов хлопчатника, в первую очередь бутонов, в определенные периоды жизни тесно связано с влажностью почвы. По нашим наблюдениям, максимум прироста бутонов на растении отмечается к началу цветения хлопчатника. На длительность периода накопления плодовых элементов и их общее количество очень сильное влияние оказывают условия водоснабжения и агротехнические мероприятия. Из табл. 30 видно, что наибольшее количество плодовых элементов образуется при оптимальной влажности почвы. Значительно ниже эти показатели у растений опытного варианта. Так, к моменту массового образования коробочек (25.08) у сорта С-4727 насчитывалось в контроле 119 коробочек на 10 растений, в опы-

Влияние условий водоснабжения на динамику образования плодовых элементов

Вариант	Схема полива	16.07			06.08		
		бутонов	цветков	коробочек	бутонов	цветков	коробочек
С-4727							
Контроль	1-2-2	86	4	—	85	36	43
Опыт	0-0-1	51	2	—	76	29	46
Ч-3010							
Контроль	1-2-2	104	6	—	95	39	51
Опыт	0-0-1	62	3	—	86	32	48
Ч-160							
Контроль	1-2-2	98	5	—	91	35	49
Опыт	0-0-1	69	3	—	82	37	52

те — 81, у сорта Ч-3010 — соответственно 131 и 94, у сорта Ч-160 — 127 и 92.

Полученные нами данные показывают, что различные схемы полива влияют не только на темпы образования и опадения плодовых элементов, но и на засухоустойчивость. Нами установлено, что в течение вегетационного периода у всех сортов хлопчатника, выращенных в условиях ограниченного орошения, засухоустойчивость постепенно повышается. В опытах, проведенных в 1976 г., растения всех сортов, испытавшие недостаток почвенной влаги, обладали повышенной общей сухой массой, характеризовались меньшим опадением плодовых элементов и увеличением урожайности по сравнению с растениями в опытах 1974 г.

Это, по-видимому, показывает, что постепенное воздействие недостатка воды в почве и высокой температуры воздуха вызывает изменение характера обмена веществ. В результате этого из го-

да в год при постепенном действии почвенной засухи растения приобретают признаки засухоустойчивости, о чем свидетельствует повышение их урожайности при засухе в последние годы исследования. В этих опытах также наблюдаются сортовые различия. Сорт Ч-3010 оказался наиболее урожайным в условиях оптимальной влажности почвы. За ним следуют сорта Ч-160 и С-4727. В условиях же ограниченного водоснабжения засуха причиняла меньший вред сорту Ч-160, чем другим. Этот сорт при засухе дал больший урожай, и у него ростовые процессы меньше подавлены, чем у сортов Ч-3010 и С-4727.

Таким образом, данные, полученные нами на делянках в течение трех лет, показывают, что наибольшее накопление плодовых элементов у всех изучаемых сортов хлопчатника наблюдается у растений, выращенных при оптимальных условиях водного ре-

Таблица 30

у хлопчатника (шт. в среднем на 10 растений; опыты 1976 г.)

15.08			25.08			25.09		
бутонов	цветков	коробочек	бутонов	цветков	коробочек	бутонов	цветков	коробочек
45	38	71	6	14	119	2	1	177,0±2,1
46	3	66	2	—	86	—	—	67,0±1,9
61	39	89	11	16	131	3	2	124,0±2,7
12	5	83	7	—	94	—	—	76,0±1,6
59	41	86	13	15	127	2	2	121,0±2,8
14	17	85	4	3	92	—	—	86,0±1,4

жима почвы. Растения же, выращенные в условиях недостаточного водоснабжения, в ходе почвенной засухи и закаливания в природных условиях приобретают признаки приспособления к засухе. Подтверждением этому может служить повышающаяся из года в год урожайность при ограниченном поливе. Наиболее засухоустойчивым оказался сорт Ч-160. У этого сорта показатели урожайности коррелируют с водным режимом, особенно с содержанием прочносвязанной формы воды при засухе.

Мы продолжили свои исследования в этом направлении на экспериментальной базе Каракалпакского научно-исследовательского института земледелия.

Наиболее чувствительными из плодовых органов растений являются самые молодые бутоны. Действие недостатка воды в почве в разгар цветения сопровождается массовым сбрасыванием са-

мых молодых бутонов, что сказывается на общем накоплении пло- доэлементов на одном кусте. Недостаток воды в почве вызывает опадение репродуктивных органов начиная с фазы массового цве- тения и начала плодообразования, что связано с интенсивным ис- пользованием растением почвенной влаги и повышением темпера- туры воздуха в травостое. Так, в середине августа на контрольных растениях сорта С-4727 было 105 бутонов, 96 цветков, 57 коробо- чек; у сорта Ч-3010 — соответственно 119, 94 и 66; у сорта Ч-160 — 117, 85 и 64. На растениях опытного варианта в эти же периоды у сорта С-4727 было 68 бутонов, 47 цветков, 62 коробочки; у сор- та Ч-3010 — соответственно 71, 36 и 71; у сорта Ч-160 — 84, 51 и 67.

Внезапное действие недостатка воды в почве вызывает резкое сбрасывание тех органов, которые растение в данный момент фор- мирует, но темпы опадения во многом зависят от сортовых особен-

по накоплению и опадению элементов полностью подтверждают закономерности, выявленные в 1977 г. В этих опытах растения, вы- ращенные в условиях ограниченного орошения, отличаются по на- коплению и опадению плодовых элементов от соответствующих растений в опытах 1977 г. У растений опытного варианта в 1978 г. отмечено большее количество коробочек, меньшее число опавших плодовых органов по сравнению с предыдущим годом, за исклю- чением сорта С-4727. У сорта Ч-160 наблюдалось большее увеличе- ние количества плодовых элементов по сравнению с другими сор- тами. Это, в свою очередь, показывает превосходство сорта Ч-160 над другими сортами в условиях засухи (т. е. свидетельствует о засу- хоустойчивости сорта).

В 1979 г. опыты проводились по такой же схеме, как и в пре- дыдущие годы. Контрольные растения в течение вегетационного

Таблица 31

у хлопчатника (шт. в среднем на 10 растений; опыты 1977 г.)

Влияние условий водоснабжения на динамику образования плодовых элементов

Вариант	Схема полива	25.07			12.08		
		бутонов	цветков	коробочек	бутонов	цветков	коробочек
С-4727							
Контроль	1-1-1	88	36	12	105	96	57
Опыт	0-0-0	79	33	7	68	47	62
Ч-3010							
Контроль	1-1-1	102	39	15	119	94	56
Опыт	0-0-0	87	24	8	71	36	71
Ч-160							
Контроль	1-1-1	95	8	15	117	85	64
Опыт	0-0-0	89	35	8	84	51	67

30.08			5.09			10.10		
бутонов	цветков	коробочек	бутонов	цветков	коробочек	бутонов	цветков	коробочек
14	45	89	9	6	121	4	2	113,0±1,9
—	24	79	—	—	97	—	—	71,0±1,1
19	31	102	—	—	123	129	4	127,0±1,8
—	24	91	7	9	91	—	—	76,0±1,1
21	29	98	—	—	124	12	15	121,0±1,7
—	37	94	—	—	89	4	—	78,0±1,0

ностей. По мере роста и развития устойчивость растений к окру- жающей среде повышается, что является следствием развития ор- ганизма в условиях с последовательным увеличением напряжен- ности почвенной засухи.

Из табл. 31 видно, что наибольшей засухоустойчивостью обла- дают сорта Ч-160 и Ч-3010, наименее засухоустойчивым оказался сорт С-4727. Число оставшихся коробочек на одном растении у сор- тов Ч-160 и Ч-3010 было значительно выше и темпы опадения на- много ниже по сравнению с сортом С-4727. Так, у сорта Ч-160 в конце вегетации образовалось всего 89 коробочек (на 10 расте- ний), осталось 78, опало 11; у сорта Ч-3010 — соответственно 91, 76 и 15; у сорта Ч-4727 — 97, 71 и 26.

В 1978 г. в контроле растения, как и в предыдущий год, полив получили 3 раза. Опытные варианты поливали так же, как и в предыдущих опытах. Из табл. 32 видно, что полученные данные

периода поливали 3 раза (в фазы бутонизации, цветения и начала плодообразования). Опытные (закаленные и незакаленные) расте- ния за этот период не получили ни одного полива. Опыты прово- дились с сортами Ч-3010 и Ч-160.

Из табл. 33 видно, что у закаленных и незакаленных растений в вариантах без полива в первые периоды развития по накопле- нию бутонов резких отличий не наблюдается, тогда как в более поздние периоды развития (к 21. 06) засуха начинает сказывать- ся на незакаленных растениях более заметно.

В дальнейшем образование бутонов у закаленных растений в середине вегетации (с 02 по 19. 08) несколько уменьшается, обра- зование же цветков и коробочек, наоборот, увеличивается. Это, возможно, связано с циклом развития у закаленных растений, ко- торый проходит у них быстрее, чем у незакаленных, что способст- вует перенесению губительного действия засухи с периода завер-

шения плодообразования в ответственные периоды развития. Образование плодовых элементов резко снижается у закаленных растений обоих сортов начиная с середины августа вплоть до конца вегетации. Несмотря на это снижение, закаленные растения

Влияние условий водоснабжения на динамику образования плодовых элементов

Вариант	Схема полива	20.07			15.08		
		бутонов	цветков	коробочек	бутонов	цветков	коробочек
Ч-472 ⁺	1-1-1	81	3	—	71	24	64
Контроль	0-0-0	57	1	—	64	14	54
Ч-010	1-1-1	97	4	—	72	28	64
Контроль	0-0-0	73	3	—	69	23	56
Ч-160	1-1-1	88	3	—	96	31	71
Контроль	0-0-0	56	6	—	71	25	59

имеют в конце вегетации больше полноценных коробочек и более низкие темпы опадения плодоземелентов у обоих сортов по сравнению с растениями первого года закалывания. Отмеченные выше сортовые различия в количестве сохранившихся коробочек объ-

Влияние условий водоснабжения на динамику образования плодовых элементов

Вариант	Схема полива	13.07			21.07		
		бутонов	цветков	коробочек	бутонов	цветков	коробочек
Ч-3010	1-1-1	34	—	—	123	13	—
Контроль	0-0-0	27	—	—	103	11	—
Незакаленные растения	0-0-0	28	—	—	111	12	—
Закаленные растения	1-1-1	39	—	—	169	18	—
Ч-160	0-0-0	29	—	—	105	14	—
Контроль	0-0-0	31	—	—	114	16	—

ясняются различной степенью засухоустойчивости сортов. Сорт Ч-160 оказался более засухоустойчивым.

Из изложенного видно, что у растений, подвергавшихся в течение нескольких лет искусственно создаваемой почвенной засухе и выросших при высокой температуре воздуха, появились признаки приспособления, направленные в основном на повышение способ-

Таблица 32

у хлопчатника (шт. в среднем на 10 растений; опыты 1978 г.).

30.08			10.09			03.10		
бутонов	цветков	коробочек	бутонов	цветков	коробочек	бутонов	цветков	коробочек
29	37	77	7	12	129	4	2	121,0±1,6
19	24	63	5	7	92	—	—	64,0±1,2
58	39	107	12	13	137	5	4	131,0±1,5
21	26	71	6	11	89	—	—	78,0±1,0
56	41	103	14	12	134	4	3	125,0±1,1
27	23	76	9	8	86	2	1	81,0±0,9

ности переносить вредное действие засухи. Высокая урожайность при засухе у всех закаленных растений по сравнению с незакаленными, по-видимому, показывает, что произошли изменения под влиянием последовательного действия почвенной засухи в сторо-

Таблица 33

у хлопчатника (шт. в среднем на 10 растений; опыты 1979 г.)

02.08			19.08			25.09		
бутонов	цветков	коробочек	бутонов	цветков	коробочек	бутонов	цветков	сохранившихся коробочек
216	71	29	54	36	192	6	2	121,0±1,3
133	29	20	65	30	127	—	—	61,0±0,9
131	33	22	56	27	116	—	—	80,0±1,2
194	83	23	56	54	136	5	3	117,0±1,2
146	26	23	59	37	130	—	—	67,0±0,9
137	31	25	53	33	113	—	—	84,0±0,7

ну наибольшей засухоустойчивости сорта. Эти изменения особенно заметны у сорта Ч-160.

В 1980 г. растения опытного варианта в течение вегетации не получили ни одного полива, а контрольные за этот период получили три полива. В начальные фазы развития как у закаленных, так и у незакаленных растений темпы и характер образования

Влияние условий водоснабжения на динамику образования плодовых элементов

Вариант	Схема полива	01.07			15.07		
		бутонов	цветков	коро- бочек	бутонов	цветков	коро- бочек
Ч-3010							
Контроль	1-1-1	21	—	—	69	42	11
Незакаленные растения	0-0-0	13	—	—	33	26	6
Закаленные растения	0-0-0	12	—	—	34	25	7
Ч-160							
Контроль	1-1-1	24	—	—	71	46	14
Незакаленные растения	0-0-0	14	—	—	37	29	9
Закаленные растения	0-0-0	15	—	—	38	26	8

плодовых органов почти одинаковы. В середине вегетации накопление плодовых элементов у незакаленных растений происходит более интенсивно, чем у закаленных. Вместе с тем, у закаленных растений накопление и опадение плодовых органов происходит более равномерно. В конце августа картина резко меняется. Нан-

Влияние условий водоснабжения на динамику образования плодовых элементов

Вариант	Схема полива	20.06			25.07		
		бутонов	цветков	коро- бочек	бутонов	цветков	коро- бочек
Ч-3010							
Контроль	1-1-1	12	—	—	29	—	—
Незакаленные растения	0-0-0	9	—	—	16	4	—
Закаленные растения	0-0-0	10	—	—	18	5	—
Ч-160							
Контроль	1-1-1	11	—	—	31	—	—
Незакаленные растения	0-0-0	8	—	—	15	6	—
Закаленные растения	0-0-0	11	—	—	16	7	—

большее опадение плодовых элементов наблюдается у незакаленных растений обоих сортов. Из табл. 34 видно, что наибольшее опадение коробочек отмечено у сорта Ч-3010. Так, у незакаленного варианта к 20. 08 количество коробочек было 121 (на 10 растений), в конце вегетации — всего 57, опавших насчитывалось 64. У закаленных растений всего коробочек было 103, из них сохранилось 83, опавших — 20. У сорта Ч-160 незакаленные растения имели соответственно 118, 64 и 54 коробочки, закаленные — 101, 87 и 14.

На рис. 2, 3 представлен общий вид закаленных растений обоих сортов.

Таким образом, растения незакаленного варианта обоих сортов хлопчатника испытывают при засухе большее угнетение генера-

Таблица 34

у хлопчатника (шт. в среднем на 10 растений; опыты 1980 г.)

01.08			20.08			20.09			
бутонов	цветков	коробочек	бутонов	цветков	коро- бочек	бутонов	цветков	сохранившихся коробочек	опавших коробочек
96	77	56	112	73	167	13	7	154±2.1	13
74	59	43	84	56	121	7	3	57,0±1.9	64
71	62	46	81	59	103	8	4	83,0±1.1	20
101	16	61	114	16	164	14	9	149±2.2	15
84	61	48	16	72	118	9	4	64,0±1.1	54
81	84	51	83	70	101	10	5	87,0±1.1	14

тивных и вегетативных органов. У растений, закаленных в нескольких поколениях, прошедших искусственные и естественные засухи, приспособившихся к жестким условиям водоснабжения, особенно у сорта Ч-160, отмечается усиление ростовых процессов, интенсивное накопление плодовых элементов. По этому поводу

Таблица 35

у хлопчатника (шт. в среднем на 10 растений; опыты 1981 г.)

30.08			10.09			10.10		
бутонов	цветков	коробочек	бутонов	цветков	коробочек	бутонов	цветков	коробочек
76	48	44	146	76	126	2	1	120,0±2.7
4	26	37	126	56	13	1	—	79,0±1.1
56	41	25	121	61	91	—	—	79,0±1.0
74	46	51	151	81	124	3	2	125,0±2.1
51	15	41	122	57	84	2	—	79,0±1.1
53	42	39	119	55	89	0	—	11,0±1.0

уместно привести высказывание К. А.Тимирязева о том, что «быть может, воздействие в течение одного поколения не оставляет еще прочного следа, между тем как воздействие в течение нескольких поколений оставило бы по себе прочный наследственный след» (Избр. соч., т. 3, 1949. С. 540).

Опыты были продолжены в 1981 г. Погодные условия этого года были крайне неблагоприятными: весенние ливневые дожди,

нехватка суммы эффективных температур в начальные периоды развития. В результате в республике несколько раз был проведен пересев хлопчатника. Это, в свою очередь, отразилось на росте, развитии и общей урожайности хлопчатника.

В 1981 г. в наших опытах из-за погодных условий посев был произведен в более поздний срок — в середине мая. Пересев мы не производили, так как с улучшением погодных условий добились полноценных всходов. В 1981 г. растения меньше страдали от засухи, чем в 1980 г., но все-таки подвергались ей с середины июля по август.

Из табл. 35 видно, что данные учета образования плодовых элементов подтверждают закономерности прошлого года. В 1981 г. также отмечено, что в первые периоды развития в образовании

Таблица 36

Урожай хлопка-сырца закаленных растений хлопчатника при различных схемах полива, ц/га

Вариант	Схема полива	Год	С-4727		Ч-3010		Ч-160	
			урожай	прибавка от закаливания	урожай	прибавка от закаливания	урожай	прибавка от закаливания
Контроль	1-2-2	1975	29,4		31,6		30,9	
Опыт	1-1-0		21,2		25,2		25,4	
Контроль	1-2-2	1976	30,2		30,6		31,8	
Опыт	0-1-0		15,3	1,1	16,1	0,9	17,2	1,8
Контроль	1-2-2	1977	31,1		32,0		31,1	
Опыт	0-0-0		18,1		19,2		21,3	
Контроль	0-0-0	1978	17,4		18,6		18,1	
Опыт	0-0-0		19,1	2,7	21,2	2,6	22,4	4,3
Контроль	0-0-0	1979	16,8		18,4		17,9	
Опыт	0-0-0		20,4	3,6	22,4	4,2	23,5	5,6
Контроль	0-0-0	1980	19,7		19,8		19,0	
Опыт	0-0-0		20,6	0,9	21,3	3,5	21,6	5,6
Контроль	0-0-0	1981	18,8		18,8		19,5	
Опыт	0-0-0		21,5	2,7	23,0	4,2	24,7	5,2

плодовых элементов как у закаленных, так и у незакаленных растений особых отличий не наблюдается. По мере роста и развития постепенно происходит увеличение плодовых элементов у закаленных растений, особенно в конце вегетации.

Закаливание растений в нескольких поколениях положительно влияет на сохранение плодовых органов. Закаленные растения сохраняют большее число коробочек в конце вегетации, они с меньшим повреждением переносят действие почвенной засухи и высокой температуры воздуха. Во влажном 1981 г. темпы опадения плодовых элементов у растений всех вариантов были несколько ниже, чем в предшествующий год.

Приведенные данные свидетельствуют о положительном дейст-

вии более умеренных температур воздуха, особенно из растения незакаленного варианта. У закаленных растений повышается устойчивость, причем в большей степени это свойство проявляется в годы с высокими температурами воздуха. В этих опытах закаленные растения также оказались более урожайными. У незакаленных растений сорта Ч-3010 образовалось 83 коробочки, оставшихся коробочек было 67, опавших — 16, у закаленных — соответственно 91, 79 и 12; у незакаленных растений сорта Ч-160 — 84, 79 и 5; у закаленных — 89, 81 и 8. Наибольшее количество сохранившихся плодовых органов и более высокий конечный урожай отмечены у сорта Ч-160, что еще раз свидетельствует о его большей засухоустойчивости по сравнению с сортом Ч-3010.

В табл. 36 представлены данные общего урожая хлопка-сырца закаленных растений хлопчатника при различных схемах полива. Видно, что закаливание положительно влияет на урожай хлопка-сырца: прибавка урожая в вариантах опыта с закаленными растениями по сравнению с незакаленными составляет у сорта С-4727 0,9 — 3,6 ц/га; у Ч-3010 и Ч-160 — 0,9 — 4,2 и 1,8 — 5,2.

НАКОПЛЕНИЕ СУХОЙ МАССЫ

При определении сухой массы хлопчатника мы брали пробы с типичных растений каждого варианта опыта. Из каждого варианта брали 10 кустов, расчленили их по органам и взвешивали. Да-

Таблица 37

Влияние условий водоснабжения на накопление сухой массы хлопчатника в фазу плодообразования (г в среднем на 10 растений; опыты 1977 г.)

Вариант	Лист	Стебель	Плодоэлементы	Всего сухой массы
С-4727				
Контроль	152,0±2,6	200,5±2,6	275 ±2,4	627,5±3,0
Опыт	103,2±2,1	92,5±2,4	122,5±1,9	317,2±2,6
Ч-3010				
Контроль	261,3±2,7	294,3±2,2	295,0±2,2	850,6±2,6
Опыт	117,2±2,4	113,4±2,2	152,0±2,4	382,6±2,6
Ч-160				
Контроль	246,6±3,1	287,7±2,9	290,0±2,8	824,3±2,2
Опыт	122,5±1,9	117,0±2,1	161,0±1,9	400,5±2,0

лее эти растения сушили в тени до воздушно-сухой массы и трижды взвешивали, последний показатель массы брали за основу.

Накопление сухой массы хлопчатника зависит в основном от влажности почвы: чем лучше условия водоснабжения, тем больше прирост общей сухой массы. Результаты наших исследований показывают, что наибольший прирост сухой массы по всем органам хлопчатника, как у контрольных, так и у опытных растений, наб-

людается в период цветения и массового плодообразования. Из табл. 37 видно, что прирост сухой массы всех органов растений, выращенных при ограниченном орошении, намного отстает от контрольных растений изучаемых сортов хлопчатника. Это особенно ярко выражено в приросте сухой массы листьев как основного аппарата для накопления органических веществ, а также в приросте массы плодоеlementов. Накопление сухой массы у разных сортов происходит неодинаково. Наибольшее накопление сухой массы листьев, плодоеlementов и стеблей отмечено у закаленных растений сорта Ч-160, за ним следует сорт Ч-3010. Наименьшие показатели накопления сухой массы как вегетативных, так и генеративных органов зафиксированы у сорта С-4727.

Наблюдаются различия в накоплении сухой массы при засухе у разных сортов (табл. 37, 38). Возможно, здесь также имеет место тот факт, что наиболее сильно реагирует на засуху сорт С-4727, меньше — Ч-3010, еще меньше — Ч-160, что свидетельствует о его засухоустойчивости.

Данные по накоплению органического вещества в различные фазы развития хлопчатника (табл. 39) сходны в 1979—1981 гг. Они показывают неодинаковое накопление органического вещества в течение вегетационного периода. Самые низкие показатели сухого вещества отмечены в начальные фазы развития (до бутонизации) во всех вариантах опыта. В этот период резких различий в накоплении сухой массы как по сортам, так и по вариантам опыта не наблюдалось. Однако в последующие фазы начиная с бутонизации во всех вариантах опыта обнаружались значительные различия, которые усиливались к концу вегетации.

У растений, выращенных в условиях оптимальной влажности почвы, в связи с интенсивным потреблением питательных веществ масса значительно увеличивается по сравнению с растениями опытных вариантов. Засуха особенно отрицательно сказалась на образовании органического вещества незакаленными растениями. Эти различия особенно заметны на сухой массе плодоеlementов (табл. 39). Сухая масса надземных органов незакаленных растений сорта Ч-3010 увеличивается с 22,4 до 539,9 г в конце вегетации, у закаленных — с 22,5 до 577,3 г. Однако наибольшую сухую массу накапливают закаленные растения сорта Ч-160; сухая масса у них увеличилась с 23,8 до 593,3 г, у незакаленных растений — с 22,7 до 549,0 г.

Таким образом, на основании изложенных данных можно сделать вывод, что оптимальные условия водоснабжения создают благоприятные условия для накопления сухого вещества в течение вегетационного периода, при этом увеличивается масса как вегетативных, так и генеративных органов. У растений обоих сортов незакаленных вариантов при засухе подавляются ростовые процессы, вследствие этого образуется меньше сухого вещества; в то же время растения, закаленные в нескольких поколениях, приобретают способность противостоять засухе и накапливают больше сухого ве-

Таблица 38
Влияние условий водоснабжения на накопление сухой массы хлопчатника по фазам развития (г в среднем на 10 растений, опыты 1978 г.)

Вариант	Листья	Бутон	Цветки	Коробочка	Стебель	Всего сухой массы
Ч-3010	203,1 ± 1,0	39,5 ± 1,6	18,5 ± 0,8	43,5 ± 0,8	276,8 ± 2,1	581,4 ± 3,1
	12,6 ± 0,9	29,9 ± 1,1	16,9 ± 0,7	34,9 ± 0,6	190,2 ± 1,1	451,4 ± 2,9
	181,2 ± 0,6	31,1 ± 1,0	17,1 ± 0,3	36,4 ± 0,7	197,4 ± 0,9	466,8 ± 2,1
Ч-160	231,4 ± 1,0	37,5 ± 2,1	17,2 ± 1,0	42,4 ± 1,1	274,0 ± 1,3	576,8 ± 3,4
	175,6 ± 1,0	29,1 ± 1,0	15,8 ± 0,6	32,9 ± 0,9	181,3 ± 1,7	442,7 ± 2,3
	193,3 ± 1,1	33,3 ± 0,5	18,2 ± 0,4	38,4 ± 0,7	211,1 ± 1,6	484,2 ± 2,4

Таблица 39
Влияние условий водоснабжения на накопление сухой массы хлопчатника по фазам развития (г в среднем на 10 растений; опыты 1979—1981 гг.)

Вариант	29.07		11.08			14.09		30.09	
	лист	стебель	лист	стебель	плодоеlement	плодоеlement	стебель	стебель	всего сухой массы
Ч-3010	14,7 ± 1,0	8,7 ± 0,6	68,3 ± 1,0	58,7 ± 1,2	34,4 ± 1,4	218,2 ± 2,6	235,0 ± 2,4	297,4 ± 2,9	941,4 ± 3,9
	13,9 ± 0,9	8,5 ± 0,5	62,1 ± 0,8	53,6 ± 0,9	32,9 ± 0,9	117,2 ± 1,8	152,0 ± 2,6	113,4 ± 2,0	539,9 ± 3,7
	14,2 ± 0,7	8,3 ± 0,8	63,4 ± 0,7	42,5 ± 0,6	33,9 ± 0,6	131,2 ± 1,2	163,2 ± 1,7	118,6 ± 2,1	577,3 ± 3,2
Ч-160	15,7 ± 0,8	9 ± 0,7	61,0 ± 0,8	59,2 ± 1,8	43,6 ± 1,6	246,6 ± 2,0	229,0 ± 2,8	287,6 ± 2,6	956,4 ± 3,4
	14,1 ± 0,6	3,6 ± 0,8	59,6 ± 0,7	41,1 ± 1,1	52,6 ± 0,9	122,5 ± 1,9	153,5 ± 2,4	114,0 ± 2,8	549,0 ± 2,9
	14,6 ± 0,7	9,2 ± 0,7	61,5 ± 0,9	44,8 ± 0,6	35,7 ± 0,7	436,7 ± 2,7	169,3 ± 1,9	121,5 ± 2,0	593,0 ± 3,0

щества. Наибольшее накопление сухого вещества отмечено у закаленных растений сорта Ч-160.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КАЧЕСТВА ХЛОПКА-СЫРЦА

Вопросы влияния на технологические качества хлопкового волокна различных режимов водоснабжения, схем полива и закаливания растений в нескольких поколениях в природных условиях Каракалпакии почти не изучены. Имеющиеся работы затрагивают главным образом изменения технологических качеств хлопкового волокна под влиянием разных приемов агротехники.

В 1978—1980 гг. в полевых опытах на участке Каракалпакского научно-исследовательского института земледелия изучались технологические свойства сначала трех, а затем двух среднеспелых сортов хлопчатника и производился анализ в лаборатории технологии хлопкового волокна этого института. Определялись выход волокна, абсолютная масса семян, зрелость, крепость,

Таблица 40

Технологические свойства хлопка-сырца (опыты 1978 г.)

Сорт, вариант	Выход волокна, %	Абсолютная масса семян, г	Зрелость	Прочность	Метрический номер	Разрывная длина	Масса одной коробочки, г
С-4727							
Контроль	36,2	125,1	2,1	4,4	5550	24,1	6,7±0,3
Опыт	34,4	119,1	2,0	4,3	5660	24,3	5,0±0,2
Ч-3010							
Контроль	37,5	127,2	2,1	4,4	5540	24,2	7,6±0,3
Незакаленные растения	34,0	118,6	2,0	4,4	5710	23,1	4,8±0,6
Закаленные растения	35,1	120,8	2,0	4,4	5430	25,1	5,2±0,2
Ч-160							
Контроль	36,8	126,0	2,1	4,4	5510	24,5	7,1±0,7
Незакаленные растения	34,2	119,1	2,1	4,4	5410	24,3	4,9±0,2
Закаленные растения	35,8	121,2	2,1	4,4	5495	25,2	5,4±0,1

метрический номер, разрывная длина и масса одной коробочки.

Получение высоких и устойчивых урожаев хлопка-сырца с хорошими технологическими качествами волокна во многом зависит от водообеспеченности растений и других агротехнических мероприятий. Как показывают данные табл. 40, различные условия водоснабжения сказываются на массе одной коробочки, выходе волокна и абсолютной массе семян. Оптимальная влажность почвы создает благоприятные условия для увеличения этих показателей. Так, у сорта С-4727 масса сырца одной коробочки в контроле 6,7 г, в опыте — 5,0; у сорта Ч-3010 в контроле 7,6 г, в опы-

те у менее закаленных растений — 4,8 г, у закаленных — 5,2; у сорта Ч-160 соответственно 7,1, 4,9 и 5,4 г.

Такое же соотношение характерно и для выхода волокна. У контрольных растений сорта Ч-4727 выход волокна был больше на 1,8 г, чем в опыте; у сорта Ч-3010 в контроле на 3,5 г больше, чем у менее закаленных, и на 2,4 г больше, чем у закаленных растений. У сорта Ч-160 в контроле этот показатель на 2,6 г выше, чем у менее закаленных растений, а у закаленных — на 1,0 г больше, чем у менее закаленных.

У контрольных растений всех изучаемых сортов абсолютная масса семян гораздо больше, чем в опыте. Этот показатель также различается в опытах с закаленными и менее закаленными растениями. Так, у сорта С-4727 абсолютная масса семян в контроле 125,1 г, в опыте — 119,1 и т. д. Аналогичные данные получены Н. С. Петинным, Н. Шерматовым и П. Я. Поповой (1973), которые подчеркивают, что условия водоснабжения по-разному влияют на технологические качества волокна, особенно отрицательно — на длину волокна, абсолютную массу семян и жиронакопление. В это же время у всех изучаемых сортов и вариантов разные условия водоснабжения не оказали существенного влияния на коэффициент зрелости, прочность и разрывную длину.

Из изложенного видно, что оптимальные условия водоснабжения положительно влияют на технологические качества волокон. Интересно обратить внимание на результаты исследований технологических свойств растений закаленных и незакаленных вариантов. Данные табл. 40 показывают, что по некоторым технологическим показателям волокна у обоих вариантов резких отличий не наблюдается, но можно заметить сравнительно высокие отличия по выходу волокна, абсолютной массе семян, разрывной длине и массе одной коробочки. У сорта Ч-3010 выход волокна у закаленных растений был выше на 1,1%, абсолютная масса семян — на 2,2 г, масса одной коробочки — на 0,4 г по сравнению с менее закаленными; у закаленных растений сорта Ч-160 — соответственно на 1,6; 2,1 и 0,6 г.

Таким образом, закаливание растений в нескольких поколениях положительно влияет на технологические показатели хлопка-сырца. Как известно, технологические качества хлопка-сырца определяют качества самого сорта. У сорта Ч-160 закаленные растения обладают более высокими технологическими качествами, чем у других сортов.

Исследования с двумя сортами хлопчатника были продолжены в 1979—1980 гг. Как было отмечено, оптимальные условия водоснабжения благоприятно влияют на технологические качества волокна. При этом у всех изучаемых сортов растения контрольных вариантов отличаются более высоким качеством волокна, чем опытные растения. У растений, выращенных в течение 1—2 лет без полива, показатели технологических качеств хлопка-сырца в значительной степени ухудшаются как у закаленных, так и у ме-

нее закаленных растений. Это свидетельствует о губительном действии засухи на качество хлопкового волокна. Интересно сопоставление данных по закаленным и менее закаленным растениям. Как видно из табл. 41, наименьший выход отмечен у незакаленных растений: у сорта Ч-3010 — 40,4%, у Ч-160 — 30,0. Этот показатель значительно выше у закаленных растений: у сорта Ч-3010 — 31,6%, у Ч-160 — 32,1. Ухудшение условий закалывания повлияло также на абсолютную массу семян у менее закаленных растений. Закалывание растений в нескольких поколениях обуславливает некоторое увеличение абсолютной массы семян. Этот показатель у закаленных растений сорта Ч-3010 был выше на 2,1 г, у сорта Ч-160 — на 2,2 г, чем у менее закаленных растений.

По зрелости хлопка-сырца между контрольными и опытными

Таблица 41

Технологические свойства хлопка-сырца (опыты 1979 г.)

Вариант	Выход волокна, %	Абсолютная масса семян, г	Зрелость	Прочность	Метрический номер	Разрывная длина, км	Масса одной коробочки, г
Ч-3010							
Контроль	35,9	129,3	2,2	4,4	5510	20,6	6,8
Незакаленные растения	30,4	120,0	2,2	4,3	5460	21,0	4,6
Закаленные растения	31,6	122,1	2,2	4,4	5440	24,0	5,1
Ч-160							
Контроль	35,4	123,6	2,2	4,4	5460	26,1	6,7
Незакаленные растения	30,0	121,0	2,2	4,3	5470	23,8	4,5
Закаленные растения	32,1	123,2	2,2	4,4	5450	24,8	5,2

вариантами разных сортов хлопчатника существенной разницы не наблюдалось. Аналогичные результаты получены и по прочности волокна. Некоторое увеличение прочности волокна отмечалось у растений, закаленных в нескольких поколениях.

Данные табл. 41 показывают, что метрический номер волокна имеет обратную корреляцию с прочностью: чем меньше крепость волокна, тем больше метрический номер. У менее закаленных растений обоих сортов отмечены более низкие показатели прочности волокна, тогда как метрический номер здесь несколько увеличивается по сравнению с закаленными растениями. У всех остальных вариантов показатели крепости волокна имеют сходный характер. Разрывная длина волокна у изучаемых сортов и у разных вариантов разная. Наиболее низкие показатели разрывной длины отмечены у растений закаленных и особенно менее закаленных вариантов по сравнению с контролем.

Технологические качества волокна имеют сортовые различия. Некоторым преимуществом в этом отношении обладают растения закаленного варианта сорта Ч-160 по сравнению с сортом Ч-3010.

В табл. 42 приводятся данные, полученные в опытах 1980 г. Они подтверждают результаты опытов 1979 г. Из табл. 42 видно, что в большинстве случаев лучшими технологическими качествами обладают растения контрольного варианта обоих сортов. Как известно, важным показателем качества хлопка-сырца является выход волокна. Сравнительно большой выход волокна получен у контрольных растений сортов Ч-3010 и Ч-160. Этот показатель у закаленных растений сорта Ч-3010 на 3,1% ниже, чем у контрольных растений, у Ч-160 — на 2,6%. Самые низкие показатели выхода волокна получены у менее закаленных растений (выход волокна у сорта Ч-3010 на 4,3%, у сорта Ч-160 — на 5,5% ниже, чем в контроле). Аналогичные данные получены и по абсолютной массе семян как у контрольных, так и у опытных растений обоих сортов.

Таблица 42

Технологические свойства хлопка-сырца (опыты 1980 г.)

Вариант	Выход волокна, %	Абсолютная масса семян, г	Зрелость	Прочность	Метрический номер	Разрывная длина, км	Масса одной коробочки, г
Ч-3010							
Контроль	36,5	131,4	2,0	4,4	5510	27,5	7,4
Незакаленные растения	32,2	121,2	2,0	4,4	5410	24,2	4,7
Закаленные растения	33,4	123,3	2,0	4,4	5460	25,1	5,0
Ч-160							
Контроль	37,4	130,2	2,0	4,4	5460	26,7	7,3
Незакаленные растения	31,9	120,1	2,1	4,4	5420	24,8	4,6
Закаленные растения	34,8	124,7	2,1	4,4	5470	25,7	5,3

По зрелости и прочности волокна у всех сортов и вариантов особых различий не наблюдается. Только у закаленных вариантов обоих сортов крепость меньше, чем у других вариантов. Метрический номер и разрывная длина волокна также больше у контрольных растений, чем у растений других вариантов. Эти показатели различаются у закаленных и менее закаленных растений обоих сортов. Большая разрывная длина отмечена у закаленных растений, тогда как метрический номер, наоборот, несколько повышается у менее закаленных растений обоих сортов. Здесь также наблюдаются некоторые сортовые различия. Из данных табл. 42 можно заметить, что технологические показатели качества волокна у закаленных растений сортов Ч-160 и Ч-3010 в большинстве случаев лучше, чем у менее закаленных. Растения закаленного варианта сорта Ч-160 в некоторых случаях по технологи-

ческим качествам волокна превосходят растения закаленного варианта сорта Ч-3010: по выходу волокна — на 1,4%, по абсолютной массе семян — на 1,4 г, по зрелости — на 0,1 и по массе одной коробочки — на 0,3 г, что свидетельствует о лучшей приспособленности этого сорта к засухе.

Таким образом, можно констатировать, что нормальные условия водоснабжения положительно влияют на рост, урожайность и качество волокна хлопка-сырца. Ухудшение условий водоснабжения отрицательно влияет на технологические качества хлопка-сырца. Растения, закаленные в нескольких поколениях в природных условиях без полива, обладают несколько лучшими свойствами хлопка-сырца по сравнению с растениями менее закаленного варианта, что доказывает приспособляемость растений к жестким условиям среды.

РАЗВИТИЕ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ

Эффективное использование и сохранение почвенной влаги — одна из важнейших задач агротехники.

В отличие от надземных органов, корневая система хлопчатника в процессе онтогенеза в условиях постепенно прогрессирующей почвенной засухи исследована недостаточно. Изучению корневой системы хлопчатника посвящен ряд работ (Мауэр, 1925; Цибинский, 1933; Шленхер, 1952; Ключев, 1953; Белоусов, 1960; Мухамеджигинов, Сулейманов, 1975, 1978; и др.).

Развитие растения в целом и его корневой системы в частности находится в тесной зависимости от физических свойств почвы. Удобрения, густота стояния, междурядные обработки почвы, температура, интенсивность освещения, влажность почвы и многие другие факторы сильно сказываются на формировании корневой системы.

Бесперебойное снабжение надземных органов водой и минеральными элементами обеспечивает хорошее развитие поверхности корневой системы. Внесение в почву органических и минеральных удобрений — одно из важных агротехнических мероприятий, стимулирующих развитие корневой системы.

По мнению Т. А. Банды (1966), суперфосфат способствует проникновению корневой системы в подпахотные слои почвы, особенно в начальные периоды развития. Н. С. Авдонин (1966), В. Г. Миняев (1973) считают, что недостаток фосфора в почве задерживает развитие корневой системы. Действие азотных удобрений, в отличие от фосфорных, оказывает влияние на формирование корневой системы в течение всего вегетационного периода, обеспечивает бурное развитие надземных органов растений. Калийные удобрения способствуют росту корней во второй период вегетации и увеличивают их массу в большей степени, по сравнению с массой надземных органов растений, а также стимулируют рост поглощающей поверхности корневой системы. Все это совершенно

справедливо считают одним из основных показателей, определяющих количество поступающих веществ и воды в растение.

На развитие корневой системы существенно влияют также влажность почвы и разные приемы полива (Красовская, 1935; Ключев, 1953; Носотовский, 1965; Личев, 1966; Дурдыев, 1969; Эззигер, Мамедов, 1969; Назиров, Сатилов, 1980; Мухамеджигинов, Сулейманов, 1978). По мнению этих авторов, ухудшение условий водоснабжения способствует более мощному развитию корневой системы, это в свою очередь приводит к использованию воды из глубоких слоев почвы.

Хорошее развитие корневой системы — главное условие эффективного и полного использования почвенной влаги, что предопределяет интенсивность роста растений, продолжительность вегета-

Таблица 43

Динамика влажности почвы перед поливом и по фазам развития хлопчатника (% от ИПВ)

Вариант	Схема полива	Год и количество поливов	Влажность почвы и слое 0—60 см				
			буткизация	цветение	плодородное развитие	созревание	в конце вегетации
Контроль	1-2-2	1974	72-75	70-72	69-72	70-72	62-65
Опыт	1-1-0		72-75	66-68	55-57	50-55	45-50
Контроль	1-2-2	1975	70-75	72-75	70-71	68-70	60-65
Опыт	0-1-1		68-70	65-68	60-65	55-60	40-45
Контроль	0-1-1	1976	75-77	70-72	70-73	72-73	68-70
Опыт	0-0-1		50-55	48-50	43-52	42-45	60-65
Контроль	1-2-2	1977	69-72	70-75	72-74	70-72	65-67
Опыт	0-0-0		57-58	43-45	40-42	45-47	40-45

ционного периода, степень использования элементов питания, и в конечном итоге обеспечивает высокую урожайность в условиях недостаточного водоснабжения. Развитие корневой системы обеспечивается также глубоким рыхлением почвы (до 50—55 см) с послойным внесением органо-минеральных удобрений. Мы проводили исследования с целью выяснения влияния закаливания растений в нескольких поколениях при различных схемах полива на развитие корневой системы, а также роли корневой системы в засухоустойчивости растений.

Следует отметить несовершенство существующих методов полного извлечения мелких корешков из почвы в полевых условиях. При отмывке значительная часть корней теряется. Однако применение этого метода позволяет судить о характере развития корневой системы и накопления общей массы в течение вегетационного периода.

Объектом наших исследований служили 3 сорта хлопчатника: районированный сорт С-4727 и 2 новых сорта — Ч-3010 и Ч-160.

Ввиду того, что работа с корневыми системами чрезвычайно трудоемка, мы ограничились определением расположения корневой системы в почвенном горизонте и общей сухой массы в конце вегетационного периода.

Во всех вариантах опыта влажность почвы определяли перед поливом и в конце вегетации. В табл. 43 представлена динамика влажности почвы по годам и вариантам опыта в разные периоды развития растений.

В течение вегетационного периода растениям опытных вариантов давали один полив в разные фазы развития. Затем растения хлопчатника в течение трех лет выращивали без единого полива и закачивали при почвенной и атмосферной засухе в природных условиях.

В контроле в течение вегетационного периода осуществляли поливы по схемам 1—2—2 и 1—1—1. При различных схемах полива выявлены резкие различия в размещении корневой системы по почвенному горизонту. У контрольных растений всех сортов развиты в основном боковые корни, причем они расположены на небольшой глубине и почти горизонтально. Наблюдается слабое развитие корневой системы при довольно мощном развитии надземных органов. Такое непропорциональное развитие корневой системы и над-



Рис. 5. Корневая система растений сорта 4-3010.

Слева — контроль, справа — засуха.

земной части растений при высокой температуре воздуха и захватке почвенной влаги приводит к быстрому высыханию верхних слоев почвенных горизонтов. Расположенная близко к поверхности корневая система не в силах обеспечить хлопчатник водой, в результате нарушается водный баланс растений, опадают плодовые элементы и снижается общий урожай.

В опытных вариантах подобных явлений не отмечалось. Растения опытного варианта в течение вегетации получили 2 полива по схеме 1—1—0. В течение всего периода вегетации темпы фор-

мирования корневой системы у опытных растений близки к таковым контрольных растений. Здесь также наблюдается слабое развитие корневой системы, так как у контрольных растений они в основном расположены в верхних слоях почвы.

Во второй год изучения полив производили только в начале цветения. В этих опытах перед поливом влажность почвы падала до 45—48% от ППВ, а в контрольных вариантах она находилась в пределах 67—72%. По нашим наблюдениям, задержка полива в начальные периоды развития положительно повлияла на формирование корневой системы хлопчатника. Засуха в начальные периоды развития у растений, выращенных без полива, способствовала более мощному развитию корневой системы и проникновению корней в глубь почвы для добывания воды и растворенных в ней элементов питания. У опытных растений масса корневой системы была выше, чем у контрольных растений всех изучаемых сортов (рис. 5).

Таблица 44

Накопление сухой массы корней хлопчатника при различных схемах полива в конце вегетации, г

Вариант	Схема полива	Год и условия	С-4727	Ч-3010	Ч-100
Контроль	1-2-2	1974	24,101	25,108	23,466
Опыт	1-1-0		21,741	24,874	21,780
Контроль	1-2-2	1975	24,222	25,604	28,461
Опыт	0-1-1		23,111	28,807	31,403
Контроль	1-2-2	1976	25,113	23,141	30,601
Опыт	0-0-1		31,167	27,416	33,401
Контроль	1-2-2	1977	24,104	30,400	34,302
Опыт	0-0-0		34		

В дальнейших исследованиях производили один полив в фазе начала плодообразования. В этих опытах мы также наблюдали с начальных фаз развития на ограниченном фоне орошения увеличение длины стержневого и боковых корней. У опытных растений по сравнению с контрольными наблюдается большая насыщенность почвы корнями в пахотном слое. У контрольных растений всех сортов к 23. 07 основная масса корневой системы находилась на глубине 0—20, 0—40 см, а высота растений составляла в среднем 86 см, иногда достигала 105 см. Растения же опытного варианта, выращенные при одном поливе в фазе начала плодообразования, имели более развитый стержневой корень и корни 3—4-го порядка. К этому времени при высоте 67 см у растений сорта С-4727 главный корень достигал 72—75 см глубины, у других сортов он проникал глубже.

Таким образом, у растений, выращенных в начальные периоды развития при одном и двух поливах, по сухой массе корневой сис-

темы между сортами не наблюдалось заметных различий. Большая разница в величине этого показателя у разных сортов отмечена при поливе во второй половине вегетации. В этом случае наблюдается более мощное развитие корней зафиксировано у сортов Ч-160 и Ч-3010 по сравнению с сортом С-4727 (табл. 44).

Опыты были продолжены в 1977 г. В отличие от предыдущих лет, хлопчатник в течение вегетационного периода не получил ни одного полива, т. е. растения постепенно и последовательно закаливались. Согласно нашим наблюдениям, высокие темпы роста главного и придаточных корней наблюдались до начала плодообразования. К этому моменту формируется основная масса корней. Затем интенсивность роста постепенно снижалась. В. И. Цивинская (1933), В. Г. Ротмистров (1939) также отмечают бурный рост корневой системы до фазы массового цветения.

У опытных растений всех изучаемых сортов, как и в предыдущие годы, отмечено более мощное развитие корневой системы, чем у контрольных растений. Основная масса корней расположена ниже пахотного слоя почвы, что способствует более интенсивному использованию почвенной влаги. Сорт Ч-160 в этих опытах также отличался по характеру формирования корневой системы: с самого начала вегетации у растений этого сорта корневая система формируется более интенсивно, чем у сортов С-4727 и Ч-3010. Наблюдается особенно мощное развитие стержневого корня, а также корней второго и третьего порядков. В условиях почвенной и атмосферной засухи мощное развитие корневой системы у сорта Ч-160 обеспечивало более высокую обводненность листьев за счет прочносвязанной воды, что свидетельствует о высокой засухоустойчивости этого сорта. Сухая масса корневой системы у этого сорта к концу вегетации значительно превышает таковую у сортов С-4727 и Ч-3010.

У растений, закаленных в ряде поколений, интенсивный рост корневой системы при засухе в начальные фазы развития положительно влияет на общий урожай хлопка-сырца. По утверждению ряда авторов (Туманов, 1926; Вальтер, 1931; Канда, 1931), последовательное закаливание растений приводит к повышению их устойчивости к засухе.

Различные способы полива, несомненно, по-разному влияют на развитие корневой системы у разных сортов хлопчатника. Как показали наблюдения, более интенсивное накопление сухой массы корней и наименьшее развитие основного и боковых корней отмечены у сорта С-4727 (табл. 44). Подобные результаты получили Я. Х. Горнберг, А. Худойкулов (1970), которые пишут, что скороспелый сорт С-4727 при ограниченном орошении обладает менее развитой корневой системой, чем среднеспелые сорта 108-Ф и 153-Ф.

У сорта Ч-160 более развитые корни при различных схемах полива способствуют более мощному развитию надземной части растений, лучшему сохранению плодовых элементов на кустах и

в конечном счете более высокому урожаю хлопка-сырца, особенно в маловодные и засушливые годы. Сорт Ч-160, обладая мощной корневой системой, в условиях почвенной и атмосферной засухи удовлетворяет потребности в почвенной влаге за счет подземных вод. Это позволяет избежать дополнительного полива.

У сорта Ч-3010 также наблюдается хорошее развитие как главного, так и придаточных корней. Этот сорт по накоплению общей массы корней занимает промежуточное положение среди изучаемых сортов (табл. 44).

В табл. 44 представлены данные по сухой массе корневой системы растений хлопчатника, выращенных в течение 3 лет без полива в природных условиях.

Закаливание хлопчатника при различных режимах орошения как агротехнический прием по-разному влияет на развитие корневой системы в течение вегетационного периода. При ограниченном фоне орошения растения развивают большую сеть корней, чтобы обеспечить наиболее полное поглощение влаги почвы, следовательно, недостаток влаги не сказывается на росте надземных органов хлопчатника. Усиление роста корней при ограниченных условиях полива происходит в ущерб надземным частям растений.

Корневая система растений хлопчатника, закаленных в нескольких поколениях, имеет больший радиус распространения корневой системы, чем контрольные и менее закаленные растения. Уже в начальные фазы развития у закаленных растений всех сортов корни проникают на значительную глубину, происходит наиболее энергичное развитие боковых корней, которые располагаются главным образом во влажных горизонтах почвы. Благодаря мощной корневой системе, растения имеют возможность максимально использовать влагу и питательные вещества, имеющиеся в подпахотном горизонте при недостатке оросительной воды. Поэтому при засухе и в маловодные годы все агротехнические приемы должны быть направлены на развитие корневой системы растений.

В условиях почвенной и атмосферной засухи наряду с корневой системой приспосабливаются также надземные органы растений. В первую очередь, уменьшается площадь листовой поверхности, что приводит к более экономному расходованию почвенной влаги, замедляется рост растений, уменьшается количество заложенных плодовых элементов.

Наши данные (табл. 44) показывают, что корневая система закаленных растений при различных схемах полива быстрее приспосабливается к условиям окружающей среды, о чем свидетельствует большая сухая масса корней, чем у менее закаленных растений. По распределению корневой системы по профилю почвы и накоплению сухой массы корней при засухе закаленные растения значительно отличаются от менее закаленных, особенно в первые годы закаливания. У закаленных растений выше показатели сухой массы корней. У закаленных растений при благоприятных поч-

венных условиях (температура, освещение, аэрация) быстро и мощно развивается корневая система, особенно стержневой корень. При этом с наступлением почвенной и атмосферной засухи корни закаленных растений быстро достигают влажного горизонта почвы, что способствует интенсивному использованию подземных вод для поддержания надземных органов растений при засухе.

Наши исследования показали, что на массу корней и их распространение по горизонтам почвы влияют разные способы полива и закалывания. Как в контроле, так и в опыте, основная масса корней расположена в горизонтах 0—20—40 см. Наибольшее накопление сухой массы корней наблюдается у закаленных растений. В условиях опытов 1979 и 1980 г. в конце вегетации их корни извлекались из глубины до 120 см в радиусе 100 см. Наилучший рост и наибольшее накопление сухой массы корней отмечены у растений второго года закалывания.

Закалывание сказывается на росте растений с начальных фаз развития. Более существенные различия в росте корней у закаленных и менее закаленных растений выявляются в фазу бутонизации. Характерно, что хлопчатник, закаленный в течение 3 лет без полива, имеет заметные преимущества по массе корней перед хлопчатником, выращенным в условиях 1—2 поливов в течение вегетационного периода. Следует подчеркнуть, что у хлопчатника, выращенного при одном и двух поливах, корни располагаются, сильно разветвляясь, ближе к пахотным слоям почвы. Это позволяет более полно использовать влагу и питательные вещества, находящиеся в этих слоях почвы.

Обнаружены сортовые различия в росте и накоплении сухой массы корней при различных схемах полива и закалывании. Сорт Ч-160 резко выделяется мощным развитием корневой системы. Характерной особенностью этого сорта является способность образовывать при жестком фоне орошения (полив по схеме 0—0—0) вторичный центр поглощения влаги в более глубоких горизонтах почвы. Расположение корней компактное, конусообразное. Сорт Ч-3010 отличается несколько меньшим развитием корневой сети, имеет боковые ответвления немного короче, чем сорт Ч-160. Сорт Ч-4727 резко отличается разветвлением корней, корешки чрезвычайно тонкие по сравнению с сортами Ч-160 и Ч-3010.

Таким образом, на развитие корневой системы положительное влияние оказали полив в фазе начала цветения и закалывание в течение трех лет без полива. Установлена тесная корреляция между развитием корневой системы, содержанием прочносвязанной воды, показателями водного дефицита и сосущей силы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возделывание хлопчатника исчисляется столетиями. Тем не менее, до настоящего времени мы не обладаем всей полнотой знаний об условиях оптимального развития хлопчатника, эффективных мер по повышению его урожайности. Законы природы действуют по-прежнему, но рост населения, развитие цивилизации, возрастание потребностей, возможностей воздействия на среду изменили их относительное значение и усложнили зависимость от них человека.

Сельскохозяйственное производство уже в силу своей древности очень консервативно, над ним довлеет груз вековых традиций и сложившихся технологий. К увеличению производительности сельского хозяйства на современном уровне следует подходить как к инженерной проблеме.

С точки зрения инженера, сельскохозяйственное производство — это производство определенного продукта, использующее некоторый набор минерального сырья, воду и, с определенным количеством полезного действия, солнечную энергию. Поскольку имеется возможность управлять входными потоками минерального сырья, воды, то можно управлять производством, а оптимизируя управление, добиваться максимума производительности, т. е. максимального урожая в заданных условиях среды. Но для управления таким процессом необходимы полные знания о возделываемом растении, модель управляемого объекта. Поэтому в настоящей работе проведена попытка восполнить недостающие знания о возделывании хлопчатника в экстремальных условиях.

В настоящее время уже пытаются смоделировать с помощью ЭВМ рост и развитие хлопчатника. Так, в Вычислительном центре АН СССР Р. Сайдуллаевым и А. М. Тарко проведен машинный эксперимент по возделыванию хлопчатника. С помощью модельной системы решались такие вопросы, как оптимальные режимы полива, внесения удобрения и т. п. при заданных условиях внешней среды, т. е. тех факторов, которыми мы пока еще не можем управлять (температура, осадки). Из многочисленных машинных

экспериментов можно сделать вывод: из двух режимов полива — постоянного и периодического — оптимальный (по критерию урожайности) второй. Это следует и из наших экспериментальных исследований в полевых условиях.

Такое подтверждение машинного эксперимента полевыми экспериментами внушает надежды на эффективное решение задач по оптимизации роста и развития хлопчатника в ближайшем будущем, доказывает правильность выбранного нами экспериментального направления по повышению урожайности хлопчатника в сложных природных условиях КК АССР.

Важно не только увеличить урожайность, но и свести к минимуму материальные затраты на решение этих задач. При возделывании хлопчатника необходимо снизить количество минеральных удобрений, воды для полива, материально-технических затрат при проведении агротехнических мероприятий.

Если, например, просуммировать затраты энергии и минеральных ресурсов на производство тонны пшеницы и выразить их в единых энергетических единицах, то получим более или менее объективную оценку стоимости продукции. Подсчитано, что за последние 100 лет эта величина возросла в среднем в 50 раз (Ю. М. Свиричев, 1985).

В экологии в качестве одной из мер устойчивости биологического сообщества используется его разнообразие. Чем разнообразнее сообщество, чем больше в нем особей, различающихся по своим характеристикам, тем оно устойчивее к колебаниям внешней среды. Если же мы хотим добиться максимальной производительности сообщества, следует все индивидуальные характеристики составляющих его особей «подтянуть» к некоторому оптимальному уровню. Естественно, это приведет к уменьшению разнообразия. Идеал оптимальности — монокультура, но в идеальной монокультуре разнообразие равно нулю: она абсолютно неустойчива. Устойчивой же ее делает наше управление. С этой точки зрения вся современная агротехника высокоурожайных культур есть не что иное, как стабилизация неустойчивой популяции монокультуры.

В связи с этим выделение засухоустойчивых мутантов определенного сорта хлопчатника требует в дальнейшем определенного высококультурного агротехнического подхода к их возделыванию. Нарушение отработанных мероприятий по возделыванию таких сортов может привести к их гибели или потере признаков, позволяющих им выстоять в экстремальных условиях. Например, вполне естественно, что если мы будем выращивать засухоустойчивые сорта хлопчатника при интенсивном поливе, то все их свойства, полученные в результате длительного закаливания, исчезнут и индивидуальности модифицированного сорта просто не будет. Это следует иметь в виду в период межгодовых погодных перепадов. Следует иметь запасы семян, производить «запасные» посевы

на специально устроенных делянках, чтобы после, например, дождливого года можно было высевать засухоустойчивые растения на последующие засушливые годы.

Необходимо всемерно повышать уровень образования сельскохозяйственных тружеников, занятых хлопководством, развить широкую сеть курсов по повышению их квалификации. Именно повышение уровня возделывания хлопчатника, уровня управления наемного низинт материальные и энергетические затраты на получение высоких урожаев хлопчатника в сложных условиях ККАССР и других регионах УзССР.

На основании проведенных исследований, отраженных в настоящей работе, можно сделать ряд общих оптимистических выводов по получению сравнительно высоких урожаев хлопчатника при недостатке воды и при повышенных температурах.

Одним из основных выводов можно считать то, что закаливание хлопчатника в нескольких поколениях позволяет получать высокие урожаи хлопка-сырца в засушливые годы и при повышенных температурах. Другой важный вывод состоит в том, что потенциально возможно получить эффективную монокультуру хлопка, устойчивую к недостатку влаги в почве и атмосфере и к повышенным температурам, а также к другим экстремальным природным условиям. Третий вывод состоит в том, что используемые методы закаливания, отраженные в настоящей работе, проводимые агротехнические мероприятия, выбранные параметры по оценке степени устойчивости хлопка к засухе т. д. показывают реальный эффективный путь, по которому необходимо идти для повышения урожайности хлопка в экстремальных природных условиях и для сохранения устойчивости модифицированных сортов хлопчатника на протяжении многих лет.

Кроме этих общих выводов, целесообразно указать и ряд частных выводов, которые уже на сегодняшний день могут служить руководством для тружеников сельского хозяйства по возделыванию хлопчатника.

В настоящее время немало сделано по селекции и семеноводству хлопчатника, выведены новые сорта, устойчивые к засухе, высокой температуре и болезням. Благодаря правильному применению достижений науки, техники и передового опыта, в практике земледелия из года в год возрастает производство хлопка-сырца за счет увеличения площади орошаемого земледелия и повышения урожайности хлопчатника. Выведены и внедряются в практику новые сорта, которые по выходу и технологическим свойствам волокна значительно превосходят стандартные сорта. Так, сорта, внедряемые Институтом экспериментальной биологии растений АН УзССР — АН-Экспресс-2, АН-Узбекистан-3, Ташкент-6, АН-505, АН-402, АН-403, АН-405 и др. характеризуются высокой устойчивостью к вилту и к засухе. Новые сорта хлопчатника, выведенные Каракалпакским научно-исследовательским Институтом земледелия, которые широко испытываются на полях республи-

ки — Ч-160, Ч-3010, наиболее приспособлены к местным условиям и дают сравнительно высокие урожаи в условиях засухи и при повышенных температурах. Однако даже новые промышленные сорта хлопчатника не обладают комплексной устойчивостью к неблагоприятным условиям окружающей среды: к засухе, высокой и низкой температуре воздуха и засолению почв.

В условиях Средней Азии главным лимитирующим фактором среды в настоящее время является нехватка оросительной воды, особенно в последние маловодные годы. Засуха, наблюдавшаяся в 1982 и 1989 гг., принесла огромный ущерб сельскохозяйственному производству. Ценой больших усилий и дополнительных капиталовложений удалось сохранить только посевы хлопчатника в ущерб посевам остальных культур. В результате маловодья сельскохозяйственное хозяйство Узбекистана недополучило за 1982 г. большое количество ценной продукции, в том числе 220 тыс. т зерна риса. Общий ущерб от маловодья за этот год достиг 600 млн руб. В ближайшем будущем положение дел может еще более усугубиться в связи с освоением новых земель, прогрессирующей атмосферной засухой и усыханием Аральского моря.

Все это ставит перед учеными и производственниками задачу проведения разносторонних комплексных исследований засухоустойчивости растений, включая изучение вопросов биохимии, генетики, физиологии, селекции и разработки приемов агротехники, направленных на получение устойчивых, сравнительно высоких урожаев хлопчатника при повышенных температурах и недостатке воды. Наряду с повышением вилтоустойчивости и солеустойчивости сортов хлопчатника необходимо обращать особое внимание на их засухоустойчивость. Засухоустойчивость растений можно повысить путем их закалывания и последующим отбором наиболее урожайных разновидностей при недостатке воды. Эти приемы привели к генетически обусловленным модификациям имеющихся сортов хлопчатника в сторону засухоустойчивости.

Один из важнейших искусственных приемов повышения адаптации растений к засухе — закалывание. Теоретическое обоснование его разработано П. А. Генкелем (1946—1982). В процессе приспособления растений происходят коренные изменения основных физиологических показателей жизнедеятельности растений, наблюдается замедление ростовых процессов, изменение водного режима, повышение водоудерживающей силы клеток, осмотического давления клеточного сока и его концентрации, снижение интенсивности транспирации, изменения вязкости цитоплазмы, изменения в соотношении различных фракций воды в сторону повышения доли прочносвязанной воды, происходит мощное развитие корневой системы.

Проведенные нами исследования в этом направлении выявили нарушение основных функций у растений при недостатке воды в почве. В условиях почвенной засухи даже при сравнительно небольшом напряжении водного баланса в период цветения наруша-

ется нормальный ход процессов метаболизма, при этом снижается продуктивность растений. Результаты наших многолетних исследований показали, что сорта хлопчатника различаются по состоянию и содержанию воды. Это обусловлено их разной реакцией на водный дефицит в разные периоды развития. Наибольшие отличия отмечаются в величине соотношения связанной и свободной воды, устойчивости к высокой температуре связанной и свободной воды, силы клеточного сока, развитости корневой системы.

Закалывание хлопчатника при различных схемах полива выявило большую водоудерживающую способность листьев, особенно у растений, закаленных в нескольких поколениях и выращенных без полива. Высокая водоудерживающая способность закаленного хлопчатника при водном дефиците сохраняется в онтогенезе и особенно проявляется в жаркие сухие годы.

Растения хлопчатника, закаленные в течение 2—3 лет в условиях недостатка влаги, характеризовались большей способностью удерживать воду при закалке, чем контрольные и менее закаленные. Эта способность у них сохранялась и при высокой температуре воздуха в особенно жаркие годы. Однако у некоторых сортов хлопчатника положительное действие закалывания при различных схемах полива на водоудерживающую способность листьев проявляется только после их длительного завядания (С-4727). У некоторых же сортов (Ч-160, Ч-3010) положительные признаки начинают проявляться в первые годы закалывания. Таким образом, закалывание хлопчатника при различных схемах полива неодинаково повышает засухоустойчивость, в меньшей степени она оказывает действие на незасухоустойчивые сорта.

Настоящие исследования основывались на работах Генкеля по предпосевному закалыванию растений. О степени закаленности растений судили по размеру клеток листа, большому числу устьиц, большей сети жилок, увеличению зародышевых корней, относительно высокому осмотическому давлению. При наличии этих физиологических особенностей закаленных растений они легче переносят засуху, меньше повреждаются, быстрее оправляются после нее и дают более высокий урожай, чем закаленные растения, не обладающие этими признаками. Генкель считает, что проведение такого рода закалывания при выработке характерных анатомо-физиологических параметров растений позволяет характеризовать этот процесс как длительную модификацию растений.

Изучая водный режим хлопчатника и закалывания растений в нескольких поколениях при различных схемах полива, мы имели возможность получить характеристику жизнедеятельности этих растений в орошаемых условиях в разные периоды развития.

Как известно, недостаток воды в почве создает неблагоприятные условия для произрастания растений. При засухе повышается осмотическое давление почвенного раствора, затрудняется водоснабжение растений, замедляются процессы метаболизма. Длительные засухи приводят к гибели растений. Изучение отношения

растений к засухе представляет теоретический интерес с точки зрения познания механизма действия засухи на растительный организм и его ответной реакции на недостаточное водоснабжение. У растительного организма в условиях засухи имеются защитные приспособительные реакции.

Результаты наших исследований показывают, что при разных показателях влажности почвы происходят изменения общего содержания воды, а также перераспределение отдельных ее фракций в листьях хлопчатника. Уменьшение содержания слабосвязанной воды при засухе сопровождалось резким увеличением количества прочносвязанной воды. Изменения соотношения слабосвязанной и прочносвязанной воды на фоне ограниченного водоснабжения и без полива способствовало повышению устойчивости растений хлопчатника к засухе. Повышенное содержание прочносвязанной воды при недостатке воды в почве у засухоустойчивых растений предохраняет протоплазму от чрезмерного обезвоживания и тем самым является защитной реакцией на атмосферную и почвенную засуху.

Отношение хлопчатника к почвенной влаге в разные периоды развития неодинаковое. В начальные фазы развития потребность хлопчатника в воде ниже, чем в период формирования репродуктивных органов. Во второй половине вегетации у всех сортов хлопчатника наблюдается снижение общей оводненности и ее более подвижной фракции. Обращает на себя внимание тот факт, что наиболее низкие величины оводненности и повышение содержания прочносвязанной воды отмечены в листьях в фазы цветения и начала плодообразования. В это время хлопчатник более всего нуждается в воде. В этот ответственный период онтогенеза растение хлопчатника мобилизует все ресурсы на формирование половых клеток (Енилеев, 1963).

В литературе приводятся разноречивые данные о потребности хлопчатника в почвенной влаге в разные периоды развития. Результаты наших исследований согласуются с данными, полученными Л. А. Бородулиной (1957) и др. Мы установили, что потребность хлопчатника в почвенной влаге увеличивается в фазы цветения и начала плодообразования. В этот период недостаток воды в почве приводит к серьезным нарушениям водного обмена, что отражается на развитии плодовых элементов. Одновременно подавляется рост. При недостатке воды в период цветения желтеют и опадают листья, особенно в нижнем ярусе, быстро увядают и опадают бутоны, в результате снижается количество цветков. Недостаточное водоснабжение растений в начале плодообразования уменьшает количество заложенных коробочек, что также приводит к снижению урожая растений.

Сосущая сила указывает на поступление воды в растения. Величина этого показателя во многом зависит от влажности почвы. Оптимальная влажность почвы увеличивает общую оводненность и снижает сосущую силу. С ухудшением условий водоснабжения

затрудняется поступление воды в растение, что приводит к повышению сосущей силы и снижению активности воды. Величина сосущей силы в течение вегетации меняется. Она повышается с возрастом как у контрольных растений, так и у растений, выращенных при различных схемах полива и закаленных в нескольких поколениях без полива. Сосущая сила во все периоды развития выше у растений, подвергавшихся засухе.

При изучении водного режима в условиях засухи одним из важнейших показателей является водный дефицит, характеризующий устойчивость растений к неблагоприятным условиям водоснабжения и являющийся одним из лучших критериев засухоустойчивости растений.

Водный дефицит изменяется в течение вегетации. Более низкие величины его наблюдаются до фазы бутонизации. В фазе цветения и плодообразования водный дефицит растет. Это связано, очевидно, с формированием репродуктивных органов и повышенной потребностью в воде.

Сорт Ч-160 в условиях недостаточного водоснабжения обладает более высокой пластичностью по сравнению с другими изученными сортами. После возобновления полива сорт Ч-160 быстрее восстанавливает нормальный тургор и оводненность его приближается к контрольным растениям. Это связано с меньшей повреждаемостью протоплазмы при различных схемах полива и закалывания в природных условиях без полива, а следовательно, и с более высокой засухоустойчивостью этого сорта.

Продолжительность воздействия разных схем полива при высокой температуре воздуха играет важную роль в изменении природы растений. Так, закалывания хлопчатника в течение одного года еще недостаточно для приобретения приспособительных признаков. Они появляются не раньше, чем через 2—3 года закалывания. Постепенное закалывание хлопчатника при различных схемах полива привело к повышению засухоустойчивости растений. Последовательное воздействие засухи, видимо, выработало некоторые защитно-приспособительные свойства. Растения, выращенные при различных схемах полива и закаленные в нескольких поколениях без полива и в условиях высокой температуры воздуха, в течение вегетации меньше страдали от засухи, чем незакаленные растения.

Закалывание хлопчатника при различных схемах полива и без полива положительно влияет на повышение жаростойкости растений. Более высокая жаростойкость отмечена до фазы бутонизации. Жаростойкость несколько понижается в фазы бутонизации и цветения. Сорт Ч-160 в течение вегетационного периода характеризовался повышенной способностью противостоять действию высокой температуры. Жаростойкость этого сорта находится в коррелятивной зависимости от общего содержания воды, фракционного состава и водного дефицита.

Закалка растений привела к повышению устойчивости расте-

ний к почвенной и атмосферной засухе. Более устойчивый сорт Ч-160 лучше переносит засуху, чем сорт Ч-3010.

В устойчивости растений важную роль играет углеводный обмен. Содержание углеводов зависит от количества воды, находящейся в растениях. Общее содержание воды в клетках влияет на отношение синтеза/гидролиз. Изменение этого соотношения приводит к изменению целого ряда физиологических процессов.

Содержание углеводов и соотношение их различных форм изменяется в течение вегетации и зависит от продолжительности почвенной засухи и действия высокой температуры. Максимум накопления углеводов отмечен в начале развития у всех сортов контрольных растений. У растений, выращенных в условиях ограниченного водоснабжения, наблюдается повышение суммы углеводов в фазы цветения и плодоношения, в основном за счет его растворимых форм.

Растворимых сахаров было больше в растениях, выращенных в условиях неполивного участка, чем в растениях, получивших достаточное количество воды. При засухе накопление сахарозы происходит интенсивнее, максимум приходится на фазу цветения и начала плодообразования. Это объясняется недостаточным использованием продуктов ассимиляции на формирование репродуктивных органов, в результате чего замедляется передвижение углеводов из листьев в другие органы растений. В то же время у контрольных растений при поливе по схеме 1—2—2, наоборот, в указанные периоды развития количество сахарозы снижается. Это связано с непрерывным оттоком сахаров из листьев в формирующиеся органы хлопчатника. При засухе повышается содержание сахарозы в ответственные периоды развития хлопчатника, что свидетельствует о защитной роли сахарозы при засухе.

Данные наших экспериментов показывают, что в условиях засухи в листьях растений хлопчатника преобладают растворимые формы углеводов, главным образом сахароза. Накопление подвижных фракций углеводов происходит начиная с первых этапов засухи. В условиях засухи увеличивается общая сумма углеводов, в основном за счет сахарозы.

Растения хлопчатника способны формировать большое количество плодовых элементов, но значительная часть их по той или иной причине опадает в стадии бутонизации, цветения и плодообразования. Мы установили, что в условиях засухи увеличивается опадение плодовых элементов по сравнению с условиями оптимальной влажности почвы.

Таким образом, разные схемы полива и закалывания хлопчатника в течение трех лет без полива по-разному действуют на формирование репродуктивных органов. Особенно губительна засуха в фазе цветения и начала плодообразования. Это связано с «кризическим» периодом хлопчатника. Следует отметить, что последовательное и продолжительное воздействие недостатка влаги и высокой температуры воздуха положительно влияет на накопление

плодоэлементов и повышение урожайности хлопчатника. Закаленные растения сохранили больше плодовых элементов по сравнению с незакаленными.

Оптимальная водообеспеченность создает благоприятные условия для накопления сухого вещества в течение вегетационного периода. В результате засухи подавляются ростовые процессы у растений, вследствие чего накапливается меньше сухого вещества. В то же время растения, закаленные в нескольких поколениях, приобретают способность противостоять засухе и накапливают большее количество сухого вещества, чем менее закаленные.

Качество хлопкового волокна в значительной мере определяется его технологическими свойствами. Нормальные условия водоснабжения положительно влияют на качество волокна хлопко-сырца. Ухудшение условий водоснабжения, наоборот, снижает технологические качества хлопко-сырца. Растения, закаленные в нескольких поколениях в природных условиях без полива, обладают более высокими технологическими свойствами хлопко-сырца по сравнению с менее закаленными растениями. Это доказывает приспособленность закаленных растений к жестким условиям среды.

Недостаточное водоснабжение и закалывание хлопчатника в течение трех лет в природных условиях без полива положительно влияет на развитие и накопление сухой массы корней. Растения же, выращенные в оптимальных условиях водоснабжения первого года закалывания, имеют развитую корневую систему. Мощная корневая система позволяет интенсивно использовать подземные воды в маловодные годы и при высыхании поверхности почвы вследствие действия высокой температуры воздуха. Среди изучаемых сортов наиболее развитая корневая система и наибольшее накопление сухой массы отмечены у сорта Ч-160. Этот сорт можно отнести к засухоустойчивым и рекомендовать в производство в маловодные и засушливые годы.

Таким образом, обобщая данные по изучению влияния засухи в разные фазы развития хлопчатника, можно утверждать, что закалывание растений в молодом возрасте в условиях постепенно прогрессирующей почвенной засухи приводит к появлению защитно-приспособительных свойств и способствует модифицированию сортов в сторону засухоустойчивости. К таким свойствам относятся увеличение содержания прочносвязанной воды, повышение показателя сосущей силы, уменьшение водного дефицита, повышение общей продуктивности надземных и подземных органов хлопчатника, а также ускорение наступления отдельных фаз развития.

Растения хлопчатника, закаленные при различных схемах полива и без полива, способны сохранять достаточно высокую урожайность. В настоящее время в селекционной работе наиболее слабым звеном остается недостаточная изученность засухоустойчивости хлопчатника. Поэтому необходимо особое внимание обратить на родительские пары, которые должны отличаться наимень-

шим процентом опавших плодовых органов, устойчивостью к недостатку воды. В настоящее время и в ближайшем будущем оросительная вода остается лимитирующим фактором в развитии хлопководства.

В начале цветения для хлопчатника характерно отставание в скорости накопления генеративных органов при нормальном водоснабжении, у закаленных же растений, наоборот, в это время происходит интенсивное накопление генеративных органов. В результате растение перестраивается на ускоренное прохождение стадий развития, обеспечивающее рост и развитие в первую очередь репродуктивных органов, что свидетельствует о большей адаптации хлопчатника к почвенной и атмосферной засухе.

Закаливание хлопчатника при различных схемах полива и без полива положительно повлияло на рост и развитие растений. У сорта Ч-160 это выражено резче, чем у других сортов. Урожайность сорта Ч-160, особенно закаленных растений, намного превышает урожайность других сортов. Это говорит о приспособленности сорта к водному дефициту, о его более высокой засухоустойчивости. Сказанное согласуется с положением П. А. Генкеля о том, что засухоустойчивыми являются растения, способные в процессе онтогенеза приспосабливаться к действию засухи и осуществлять в этих условиях нормальный рост и воспроизведение. Растения сорта Ч-160 под действием засухи приобрели ряд признаков засухоустойчивости благодаря выработке таких защитно-приспособительных свойств, как повышение содержания прочно-связанной воды, увеличение сосущей силы и снижение показателя водного дефицита.

Изложенные нами результаты исследования могут быть использованы в маловодные и засушливые годы при выращивании хлопчатника путем закаливания в различных условиях водоснабжения для отработки эффективных агротехнических приемов, а также в селекционной работе, направленной на выведение засухоустойчивых сортов, сочетающих урожайность с устойчивостью к засухе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Абаев С. С. Влияние высоких температур на жизнеспособность пыльников хлопчатника (в связи с опадением плодородия)//ДАН СССР, 1941, т. 32, № 6. С. 443—445.
- Абуталибов М. Г. О сравнительной устойчивости некоторых сортов хлопчатника к почвенной засухе//Азерб. ФАН СССР, 1936, т. 15. С. 78—107.
- Абуталибов М. Г. Влияние различной степени влажности почвы на развитие хлопчатника на фоне минерального удобрения//Тр. Бот. ин-та Азерб. ФАН СССР, 1943, т. 13. С. 3—12.
- Авдонин Н. С. и др. Влияние свойств почвы, удобрений и погодных условий на продуктивность растений и качество растительной продукции//Влияние свойств почвы и удобрений на качество растений. 1966. С. 5—32.
- Алексеев А. М. Физиологические основы влияния засухи на растения//Уч. зап. КГУ, 1937, т. 97, кн. 5—6. С. 264.
- Алексеев А. М. К вопросу о показателях, могущих характеризовать состояние воды в растении//Тез. докл. совещ. по физиологии растений. М.: Изд-во АН СССР, 1940. С. 119—120.
- Алексеев А. М. К вопросу о коллоидно-химических изменениях, вызываемых у растений засухой//Уч. зап. КГУ, 1942, т. 102. С. 3—23.
- Алексеев А. М. Водный режим растения и влияние на него засухи. Казань: Татариздат, 1948. С. 334—346.
- Алексеев А. М., Гусев Н. А. К вопросу о влиянии условий минерального питания на водный режим и урожайность твердой пшеницы в травопольном севообороте//Изв. Казанск. ФАН СССР, сер. биол. и с.-х. наук, 1952, вып. 3. С. 3—21.
- Алексеев А. М. Зависимость фотосинтеза от состояния воды в листе//Уч. зап. КГУ, 1954, т. 114, кн. 8. С. 167—178.
- Алексеев А. М., Гусев Н. А. Показатели водного режима листьев пшеницы в связи с урожаем и влажностью почвы//Физиология растений, 1955, т. 2, вып. 3. С. 215—220.
- Алексеев А. М., Гусев Н. А. Влияние минерального питания на водный режим растений. М.: Наука, 1957. С. 219—233.
- Алексеев А. М. О поступлении воды в растительные клетки//Водный режим растений в связи с обменом веществ и продуктивностью. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 146—149.
- Алексеев А. М. Значение структуры цитоплазмы для водного режима растительных клеток//Водный режим растений и их продуктивность. М.: Наука, 1968. С. 5—12.
- Алексеев А. М. Основные представления о водном режиме растений и его показателях//Водный режим сельскохозяйственных растений. М.: Наука, 1969. С. 36.

- Алексеев А. М. Водный режим клеток растения в связи с обменом вещества и структурированностью цитоплазмы. М.: Наука, 1969. С. 36.
- Алексеев А. М. Состояние воды и водный обмен у культурных растений. М.: Наука, 1971.
- Александров В. Я., Язуклиев Л. Тепловая закалка растительных клеток в природных условиях//Цитология, 1961, т. 3, № 6. С. 702—707.
- Александров В. Я. Клетка, макромолекулы и температура. Л.: Наука, 1973. С. 329.
- Алибегов С. А. Физиологическое состояние тканей листа хлопчатника в зависимости от условий увлажнения почвы//Первая науч. конф. молодых ученых биологов. Киев, 1964. С. 3—4.
- Алибегов С. А. Физиолого-биохимическое обоснование оптимальных сроков полива хлопчатника в условиях Каракалпакской АССР. Киев, 1965. 17 с.
- Альтергот В. Ф. О причинах гибели растений при высоких температурах//Изв. АН СССР, сер. биол. наук, 1936, вып. 1. С. 78—80.
- Альтергот В. Ф. Самоотравление растительной клетки при высоких температурах как результат необратимого хода биохимических процессов//Тр. Ин-та физиол. раст. АН СССР, 1937, т. 1, вып. 2. С. 5—79.
- Альтергот В. Ф. Направленность обмена веществ при перегреве растений и вопросы их теплоустойчивости//Физиол. устойчивости раст. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 568—572.
- Альтергот В. Ф. Функциональное заболевание тепличных томатов в весенне-летний период при многодневном перегреве надземных органов//Изв. Сиб. отд. АН СССР, 1961, № 6. С. 84—98.
- Альтергот В. Ф. Биохимические механизмы гибели, приспособления и устойчивости растений при действии высоких температур в природе//Роль клеточных реакций и приспособления многоклеточных организмов к температуре среды. Тез. докл. М.: Л., 1963. С. 8—9.
- Альтергот В. Ф. Действие повышенных температур на растения//Изв. АН СССР, сер. биол., 1963, № 1. С. 57—73.
- Альтергот В. Ф. Биохимические механизмы гибели, устойчивости и приспособления растений при действии высоких температур в природе//Клетка и температура среды. М.: Л., 1964. С. 185—190.
- Альтергот В. Ф. Биохимические механизмы гибели, устойчивости и приспособления растений при воздействии высоких температур в природе//Клетка и температура среды. Л.: Наука, 1968. С. 185.
- Альтергот В. Ф. Приспособление растений к повышенной температуре среды//Физиология приспособления и устойчивости растений при интродукции. Новосибирск, 1969. С. 169—186.
- Альтергот В. Ф. Становление функциональной жароустойчивости растений//Физиология приспособления растений к почвенным условиям. Новосибирск: Наука, 1973. С. 171—187.
- Альтергот В. Ф., Мордохович С. С. Влияние повышенной температуры среды на формирование элементов продуктивности пшеницы//Физиол.-генет. основы повышения продуктивности зерновых культур. М., 1975. С. 85—93.
- Альтергот В. Ф., Мордохович С. С. Воздействие повышенной температуры на растения в природной среде//Проблемы засухоустойчивости растений. М., 1978. С. 59—76.
- Альтергот В. Ф. Действие повышенной температуры на растение в эксперименте и природе. М.: Изд-во АН СССР, 1981. 56 с.
- Анжеев В. В. К биологии критического периода у растений к недостаточному водоснабжению//Уч. зап. Ленингр. Гос. пед. ин-та им. А. И. Герцена, 1963, т. 249. С. 5—207.
- Анжеев В. В. Биологическая природа критического периода хлебных злаков к недостатку воды в почве. Автореф. дис. ...докт. биол. наук. Л., 1964. С. 56.
- Анжеев В. В. Биологическая природа критического периода к недостатку воды в онтогенезе яровых злаков//Водный режим растений и их продуктивность. М.: Наука, 1968.
- Арасимович В. В. Проблема сахара//Биохимия культурных растений. Т. 8. М.: Л.: Сельхозгиз, 1948. С. 193—248.
- Арланд А. Использование физиологических показателей в сельском хозяйстве//Физиол. раст., 1960, т. 7, вып. 2. С. 160—169.
- Арсланова С. Углеводный обмен в хлопчатнике в зависимости от условий азотного питания//ДАН УзССР, 1957, № 8. С. 51—56.
- Бабушкин Л. И. Особенности климата низовьев Амударьи//Матер. по производ. силам Узбекистана, 1959, вып. 10. 353 с.
- Баданова К. А. Влияние почвенной засухи и суховея на обмен веществ закаленных к засухе растений//Водный режим растений в связи с обменом веществ и продуктивностью. М.: Наука, 1963. С. 230—234.
- Байда Т. А. Особенности сортовых различий в развитии корневой системы пшеницы в северном Казахстане//Вестник с.-х. науки. Алма-Ата, 1966, т. 10. С. 28—34.
- Белозерский А. Н., Проскуряков Н. И. Практическое руководство по биохимии растений. М.: Изд-во Сов. Наука, 1951. 338 с.
- Белозерский А. Н. Нуклеиновые кислоты и их связь с эволюцией, филогенезом и систематикой организмов. Ташкент, 1969. 38 с.
- Белоусов М. А. Применение метода пасоки в агротехнических опытах с хлопчатником//Тр. Всесоюз. научн. исслед. ин-та хлопководства, 1960, вып. 1. С. 68—75.
- Белоусов М. А. Физиологические основы корневого питания хлопчатника. Ташкент: Узбекистан, 1964. 204 с.
- Белоусов М. А. Влияние соотношения и концентрации питательных веществ в растворе на обмен веществ и водный режим хлопчатника//Водный режим растений и их продуктивность. М., 1968. С. 174—180.
- Боженико В. П. Действие алюминия и кобальта на содержание нуклеиновых кислот и активность рибонуклеазы в точках роста подсолнечника при водном дефиците//Физиол. раст., 1968, т. 15, вып. 1. С. 116.
- Бородулина А. А. Превращение фосфора в хлопчатнике при различном режиме в период цветения//Вопросы физиологии хлопчатника и трав, 1953, вып. 1. С. 139—151.
- Бородулина А. А., Соколова Н. А. Превращение фосфора в хлопчатнике при различном водном режиме в период цветения//Вопросы физиологии хлопчатника и трав. Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1957, вып. 1. 142 с.
- Брегетова Л. Теплоустойчивость протоплазмы представителей некоторых экологических групп растений Таджикистана//Физиология устойчивости растений. М.: Наука, 1960. С. 601—606.
- Буланкин И. Н. Физическая и коллоидная химия. Курс лекций для биологов. Учебник для биол. спец. ун-тов и пед. ин-тов. Харьков: изд. ун-та, 1959.
- Буткевич В. С. Растительные кислоты как продукт превращения углеводов грибами//Микробиология. М.: Л., 1939, т. 8. С. 286—323.
- Вартапетян Б. Б. Дальнейшее исследование водного обмена растений с помощью тяжелой воды H_2O^{18} //Физиол. раст., 1960, т. 7, вып. 4. С. 395—397.
- Вартапетян Б. Б., Курсанов А. Л. Обмен воды тканей растения с жидкой и паровоздушной водой наружной среды//Физиол. раст., 1961, т. 8, вып. 5. С. 569—575.
- Вартапетян Б. Б. Роль кислорода атмосферы и воды в метаболизме растений. Автореф. дис. ...докт. биол. наук. М., 1966. 54 с.
- Васильев И. М. Значение атмосферных факторов в жизни неприкиспеленных к засушливым условиям растений пшеницы//Тр. Всес. съезда ген. селек., 1930, т. 5. С. 173—180.
- Васильев И. М. Влияние засухи на превращение углеводов в растениях//Тр. по прикл. ботан., генет. и селекции, 1931, т. 27, № 5. С. 47—69.
- Васильев И. М., Васильева Н. Г. Изменения в содержании углеводов в пшеницах при закаливании к засухе//Изв. АН СССР, сер. биол., 1934, № 9. С. 1325—1340.

- Васильев И. М. К физиологической характеристике гидромодуля хлопчатника. Физиологическая оценка схем орошения//Тр. по прикл. ботаник., генет., селекции. Всесоюз. Акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина. 1933. С. 3—64.
- Васильев И. М. Влияние микроэлементов на водный режим растений//Водный режим раст. в связи с обменом веществ и продуктивностью. М., 1963. С. 129—132.
- Васильев И. М., Старцева А. В. Влияние молибдена на водный режим и обмен веществ красного клевера в условиях засухи//Изв. Казан. ФАН СССР, сер. биол., 1959, № 7. С. 39—47.
- Васильева Н. Г. О соотношении свободной и связанной воды в листьях растений в связи с их засухоустойчивостью//Физиол. раст., 1955, т. 2, вып. 3. С. 209—215.
- Васильева Н. Г. Влияние высокой температуры и влажности почвы на изменение физиологических показателей водного режима//Биологические основы орошаемого земледелия. М.: Изд-во АН СССР, 1957. С. 277—290.
- Васильева Н. Г., Буркина З. С. Водный режим органондов клетки//Тез. докл. выездной сессии Отделения биол. наук по вопросам водного режима растений в связи с обменом веществ и продуктивностью. Казань: Изд. Казанск. ун-та, 1960. С. 45.
- Власюк Н. А., Климовицкая Э. М. Влияние форм калийных удобрений на образование углеводов и содержание различных форм фосфора в хлопчатнике в условиях орошения//ДАН СССР, 1952, т. 87, № 1. С. 147—149.
- Волков И. А. Корневая система яровой пшеницы в условиях крайне влажной весны и засушливого лета 1951 г. в Курской области//ДАН СССР, 1952, т. 86, № 4. С. 845—848.
- Гаспарян А. Г. Суточная динамика углеводов в листьях некоторых альпийских растений, произрастающих в различных условиях//ДАН АрмССР, 1966, т. 42, № 1. С. 47—52.
- Генкель П. А. Устойчивость растений к засухе и пути ее повышения//Тр. ин-та физиол. раст., 1946, т. 5, вып. 1. 277 с.
- Генкель П. А., Марголина К. П. О причинах устойчивости суккулентов к высоким температурам//Бот. журн., 1948, т. 33, вып. 1. С. 55—62.
- Генкель П. А. Засухоустойчивость растений, способы ее диагностирования и повышения//Вопр. ботаники. Т. 2. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954. С. 417—453.
- Генкель П. А. Диагностика засухоустойчивости культурных растений и способы ее повышения/Методические указания. М.: Наука, 1956. 70 с.
- Генкель П. А., Цветкова И. В. Влияние солей на вязкость протоплазмы и жаростойкость растительных клеток//ДАН СССР, 1950, т. 74, № 5. С. 1025—1028.
- Генкель П. А., Баданова К. А. Значение вязкости протоплазмы в устойчивости растений к высоким и низким температурам//Физиол. раст., 1956, т. 3, вып. 5. С. 455—462.
- Генкель П. А., Марголина К. П. О вязкости протоплазмы и жароустойчивости вегетативных и генеративных органов у растений//ДАН СССР, 1957, т. 76, № 4. С. 587—591.
- Генкель П. А. Значение принципа стабильности в изучении индивидуального развития и устойчивости растительных организмов//Наследственность и изменчивость растений, животных и микроорганизмов. М.: Изд-во АН СССР, 1959, т. 2, вып. 15—23. С. 71—73.
- Генкель П. А. Современное состояние проблемы засухоустойчивости растений и дальнейшие пути ее изучения//Физиология устойчивости растений. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 385—404.
- Генкель П. А. Физиолого-биохимические основы предпосевного воздействия на семена с целью повышения устойчивости растений к неблагоприятным условиям внешней среды//Биологические основы повышения качества семян сельскохозяйственных растений. М.: Наука, 1964. С. 189—198.

- Генкель П. А. Влияние предпосевного закаливания семян к засухе на репродуктивные процессы у растений//ДАН СССР, 1966, т. 169, № 3. С. 709—712.
- Генкель П. А., Окинна Е. Э. Состояние покоя и морозоустойчивость плодовых растений. М.: Наука, 1964. 243 с.
- Генкель П. А. Развитие учения о засухоустойчивости растений в Советском Союзе//С.-х. биология, 1967, т. 2, № 5. С. 762—773.
- Генкель П. А. Пути развития физиологии засухо- и солеустойчивости растений. М.: Изд-во АН СССР, сер. биол., 1967, № 1. С. 46—54.
- Генкель П. А. К 125-летию со дня рождения К. А. Тимирязева//Физиол. раст., 1968, т. 15, вып. 3. С. 397—401.
- Генкель П. А. Основные пути изучения физиологии засухоустойчивости растений. М.: Наука, 1971. С. 5—27.
- Генкель П. А. Адаптации растений к экстремальным условиям окружающей среды//Физиол. раст., 1978, т. 25, вып. 5. С. 889—902.
- Генкель П. А. Физиология жаро- и засухоустойчивости растений. М.: Наука, 1982. 277 с.
- Гизе А. Физиология клетки. М.: ИЛ, 1959. 445 с.
- Гладышева О. М. Особенности водного режима и засухоустойчивость яровых пшениц в условиях пустыни Джезказгана//Тр. Ин-та ботаники АН КазССР, 1957. С. 221—242.
- Гладышева О. М., Позимбетова Ф. А. Повышение засухоустойчивости и продуктивности яровых пшениц в условиях освоения новых земель Акмолинской области//Физиология устойчивости растений. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 478—481.
- Горбань И. С. Репарация теплового повреждения у растительных клеток разного возраста//Роль клеточных реакций в приспособлении организмов к температуре среды. Тез. докл. М.; Л., 1963. С. 22—24.
- Горенберг Я. Х., Худайкулов Л. Режим орошения и развитие корневой системы хлопчатника//Хлопководство, 1970, № 12. С. 42.
- Гребинский С. О. Биохимические особенности высокогорных растений//Уч. зап. Казанск. Гос. ун-та, 1939, т. 1. 15 с.
- Гребинский С. О. Углеводный обмен у высокогорных злаков в связи с проблемой адаптации//ДАН СССР, 1941, т. 31, № 3. С. 279—282.
- Гребинский С. О. Физиолого-биохимические особенности горных растений//Успехи современной биологии, 1944, т. 18, вып. 2. С. 165—193.
- Гриненко В. В. Состояние воды в тканях как показатель устойчивости растений//Физиол. устойчивости раст. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 431—435.
- Гриненко В. В. Физиологические реакции хлопчатника на изменение условий увлажнения//Бюл. научно-техн. информации Таджикского НИИ с.-х. Душанбе: Сельхозиздат, 1961, № 1. С. 28—39.
- Гриненко В. В. О способах регулирования водного режима растений в связи с их устойчивостью к засухе//Водный режим растений в связи с обменом веществ и продуктивностью. М., 1963. С. 251—256.
- Гриненко В. В. Регуляция водного режима среды//Водный режим растений в связи с различными экологическими условиями. Казань, 1978. С. 108—127.
- Гумарова Х. Ф. Изменение величины сосущей силы листьев хлопчатника и урожайности его в зависимости от засоления и водного режима почвы//Вопр. физиол. хлопчатника. Ташкент, 1957, вып. 1. С. 47—73.
- Гумарова Х. Ф. Сосущая сила листьев — показатель влагообеспеченности и оценка поливного режима хлопчатника на засоленных почвах//Узб. биол. журн., 1959, № 5. С. 41—49.
- Гумарова Х. Ф. Изменение физиологических показателей водообеспеченности клеток листьев хлопчатника в зависимости от засоления и водного режима почвы//Вопросы ботаники, вып. 3. Л., 1960. С. 21—22.
- Гунар И. И., Силеева М. Н. Изменение состава сахаров у озимых пшениц в процессе закаливания//Физиол. раст., 1954, т. 1, вып. 2. С. 141—145.
- Гусев Н. А. Влияние суходея на водный режим яровой пшеницы//Физиол. раст., 1957, т. 4, вып. 4. С. 300—311.

- Гусев Н. А. Влияние повышенной температуры на водный режим растений// Изв. АН СССР, сер. биол., 1959, № 1, С. 79—80.
- Гусев Н. А. К вопросу о состоянии воды в растениях// Физиол. раст., 1966, т. 13, вып. 4, С. 677—681.
- Гусев Н. А. Некоторые итоги и перспективы развития учения о водообмене растений// С.-х. биол., 1968, т. 3, № 2, С. 210—217.
- Гусев Н. А. О некоторых параметрах и методах исследования водного режима растений// Водный режим растений и их продуктивность. М.: Наука, 1968, С. 22—37.
- Гусев Н. А. Современные представления о структуре воды и белковых веществ и об их связи с изучением водного режима растений// Водный режим сельскохозяйственных растений. М.: Наука, 1969, С. 72—93.
- Гусев Н. А. Физиология водообмена и устойчивости растений. Казань, 1971, вып. 2, 234 с.
- Гусев Н. А. Некоторые итоги и перспективы изучения водообмена и состояния воды растений// Водообмен и состояние воды растений. Научн. докл. высш. школы биол. наук, 1978, № 2, С. 7—18.
- Дурдыев Н. Н. Водный режим и связи с обменом веществ и продуктивностью тонковолокнистого хлопчатника. Автореф. дис. ...канд. биол. наук, 1969, С. 21.
- Дурдыев Н. Н. Влияние условий водоснабжения на деятельность корневой системы тонковолокнистого хлопчатника. М.: Изд-во АН СССР, сер. биол., 1969, № 4, С. 61—63.
- Дурдыев Н. Н. Влияние условий водоснабжения на некоторые физиологические процессы и продуктивность тонковолокнистого хлопчатника. Ашхабад: Изд-во АН Туркменской ССР, серия биол. наук, 1970, № 5, С. 15—21.
- Дюсе Г., Вендеваль Г. Поглощение воды отрезанными корнями// Физиол. раст., 1960, т. 7, вып. 4, С. 407—413.
- Евтушенко Г. А. Влияние полива на сахаристость сахарной свеклы// Тез. докл. Первого Всесоюз. биохим. съезда, М.: Л., 1963, вып. 1, С. 267—268.
- Енилеев Х. Х. Холодостойкость хлопчатника и пути ее повышения. Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1955.
- Енилеев Х. Х., Рахимов А. Р. Особенности водообмена в ранний период развития хлопчатника// Водный режим растений в связи с обменом веществ и продуктивностью. М., 1963, С. 182—186.
- Енилеев Х. Х., Эль-Санди М. Толат. Физиология хлопчатника при избыточном увлажнении// Хлопководство, 1965, № 6, С. 40—43.
- Енилеев Х. Х., Эль-Санди М. Толат. Сравнительное изучение влияния недостаточного и избыточного увлажнения почвы на некоторые физиологические процессы хлопчатника// Тр. Ташкентского сельхоз. ин-та, 1968, вып. 20, С. 121—134.
- Еремеев Г. Н. О водном режиме и засухоустойчивости плодовых растений в Крыму// Биологические основы орошаемого земледелия, 1966, С. 22—225.
- Еремеев Г. Н., Кошелев И. К. Водный режим и жаростойкость листьев сливы и алычи на Кубани// Физиология засухоустойчивости растений. М.: Наука, 1971, С. 132—150.
- Еременко В. Е. Водный режим и динамика развития хлопчатников. Севообороты, удобрения и поливы хлопчатника. Ташкент: Госиздат УзССР, 1949, С. 145—180.
- Еременко В. Е. Принципы дифференциации режима орошения и техника полива хлопчатника// Биологические основы орошаемого земледелия. М.: Изд-во АН СССР, 1957, С. 117—131.
- Ефименко О. М. Проблема крахмала в растениеводстве// Биохимия культурных растений. М.: Л.: Сельхозгиз, 1948, т. 8, С. 249—282.
- Жолкевич В. Н. Особенности обмена веществ при различных условиях водоснабжения растений// Физиология засухоустойчивости растений. М.: Наука, 1957, С. 519—536.
- Заблуда Г. В. Действие почвенной засухи на формирование генеративных органов у яровых пшениц// ДАН СССР, 1938, т. 18, № 8, С. 593—596.
- Заблуда Г. В. Засухоустойчивость хлебных злаков в разные фазы их развития. Свердловск: Госиздат, 1948, 132 с.
- Завадская И. Г. Изменение в содержании углеводов при тепловых закаливаниях растений// Роль клеточных реакций в приспособлении многоклеточных организмов к температуре среды. М.: Л., 1964, С. 124—125.
- Завадская И. Г., Горвачева Г. И., Мамушкина Н. С. Количественное определение углеводов резорциновым и аналитическим методом с помощью бумажной хроматографии; методика количественной бумажной хроматографии сахаров, органических кислот и аминокислот у растений. М.: Л.: Изд-во АН СССР, 1962, С. 17—26.
- Зайцев Г. С. Об опадении завязей у хлопчатника// Туркестанское сельское хозяйство, 1916, С. 44—69.
- Зайцев Г. С. Цветение, плодообразование и раскрытие коробочек у хлопчатника// Труды Туркест. селекц. станции, 1924, вып. 1, С. 391—460.
- Зайцев Т. Н., Афанасьев Г. П. Количественное определение углеводов методом исходящей хроматографии// Биохимия, 1957, т. 22, вып. 6.
- Заленский В. Р. Материалы к количественной анатомии различных листьев одних и тех же растений. Киев: Изд. Киев. политех. ин-та, 1904, кн. 1, С. 3—214.
- Знаменский И. Е. Физиологическая и биохимическая характеристика ксерофитов// Тр. Бот. ин-та АН СССР, сер. 4, вып. 6, М.: Л., 1949, С. 93—146.
- Иванов Л. А. Современное состояние вопросов о засухоустойчивости растений// Тр. по прикл. ботанике и селекции, 1923, т. 13, С. 3—32.
- Иванов Л. А. О влиянии ветра на рост деревьев// Бот. журн. СССР, 1934, т. 19, № 3, С. 214—219.
- Иванов П. К. Яровая пшеница. М.: Колос, 1971, 328 с.
- Имамалев А. И., Омар М. А. К вопросу об эндогенных ауксинах ингибиторах в опадающих завязях хлопчатника// Докл. Всес. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина, 1972, № 6, С. 7—9.
- Имамалев А. И., Пак В. М. Плодоношение хлопчатника. М.: Колос, 1977, 128 с.
- Имамалев А. И., Беспалов Н. Ф. Пути получения высокого урожая хлопка в Каракалпакии// Хлопководство, 1980, № 2, С. 16—19.
- Кабулов С. Особенности роста, развития и водного режима видов клена, интродуцированных в ботаническом саду Каракалпакского филиала АН УзССР// Физиология приспособления и устойчивости растений при интродукции. Новосибирск: Наука, Сибирское отд., 1969, С. 215—217.
- Кабулов С. Особенности водообмена древесных растений в связи с атмосферной засухой// Бюл. Гл. бот. сада АН СССР, 1971, вып. 79, С. 74—79.
- Казарян В. О., Анууджян Э. С., Карапетян К. А. Об изменении углеводного состава в различных органах растений по фазам развития// ДАН АрмССР, 1960, т. 30, № 2, С. 125—128.
- Казарян В. О., Матенян И. Г. О влиянии водного режима почвы на содержание сахаров в пасоке растений// ДАН АрмССР, 1970, т. 51, № 4, С. 250—254.
- Качинский Н. А. Изучение физиологических свойств почвы и корневых систем растений при территориальных почвенных исследованиях (Программа и методика работ). М.: Л.: Сельхозгиз, 1931, 110 с.
- Кембель М. Э. Влияние различной водообеспеченности на рост, развитие и физиологические процессы, происходящие в хлопчатнике// Тр. Азерб. научн.-исслед. ин-та хлопководства, 1967, вып. 63, С. 203—214.
- Кирпичников В. С. Роль наследственной изменчивости в процессе естественного отбора// Биол. журн., 1935, № 4, С. 775—801.
- Клешина А. Ф. К вопросу о жаростойкости листьев хлопчатника при засолении// ДАН СССР, 1945, т. 47, № 8, С. 610—612.
- Колосов И. И. Плотительная деятельность корневых систем растений. М.: Изд-во АН СССР, 1962, 388 с.
- Клюев Г. А. Некоторые данные по засухоустойчивости в роде хлопчатника. Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1947, № 1, С. 62—67.

- Клюев Г. А. Материалы по изучению засухоустойчивости хлопчатника // Тр. ин-та ботаники АН УзССР, 1953, вып. 2. С. 100—113.
- Клюев Г. А. Хлопчатник в условиях органического водоснабжения. Ташкент. Изд-во АН УзССР, 1959. 148 с.
- Козловский Т. Водный обмен растений. М.: Колос, 1969. 227 с.
- Кокина А. Я., Кокина С. И. Сахаристость различных сортов сахарного сорго в условиях Туркмени // Тр. по приклад. бот., ген. и селекции. Л., 1937, сер. 5, № 21. С. 77—78.
- Колкунов В. К вопросу о выработке выносливых к засухам рас культурных растений. Анатомо-физиол. и биометрич. исслед. Киев, 1905—1907. 82 с.
- Колкунов В. В. К вопросу о транспирации и засухоустойчивости культурных растений // Журн. научно-агрономич. М., 1926, № 9. С. 531—551.
- Константинов П. И. К вопросу о транспирации и засухоустойчивости растений // Научн. агроном. журн., 1925, № 7—8. С. 405—414.
- Кранивина А. Т. Поливы хлопчатника по сосущей силе листьев // Физиол. раст., 1963, т. 10, вып. 1. С. 111—116.
- Красносельская-Максимова Т. А. Суточные колебания содержания воды в листьях // Тр. Тифл. бот. сада, 1917, т. 13, вып. 2. 22 с.
- Красовская И. В. Корневые системы арахиса, кунжута, хлопчатника на разных схемах орошения // Физиологическая оценка схем орошения. Труды по прикладной ботанике, институт селекции. М.: Изд-во Всесоюз. сельхоз. Академии, 1935, серия IV, № 14. С. 227—238.
- Крашенинников Ф. Н. Лекции по анатомии растений. М.; Л.: Биомедгиз, 1937. С. 430—435.
- Крафтс А., Карриер Х., Стокинг К. Вода и ее значение в жизни растений (пер. с англ.). Л., 1951. 338 с.
- Крейнке Н. П. Изменчивость коробочки хлопчатника. Изменчивость расщепленности листовой пластинки хлопчатника // Фенотипическая изменчивость, т. 1. М., 1933—1935. С. 417—595.
- Крейнке Н. П. Основные положения теории циклического старения и омоложения растений в онтогенезе // Сб. работ по физиологии растений. М.; Л., 1941. С. 253—281.
- Кружидан А. С. Корневая система яровой пшеницы при орошении в Заповолье. М.: Изд. ВАСХНИЛ, 1936. 68 с.
- Кружидан А. С. Биологические особенности орошаемых культур. М.: Сельхозгиз, 1954. 383 с.
- Крюкова Е. В. Особенности водного режима различных по скороспелости сортов озимой пшеницы // Сб. работ молодых ученых АНБ СССР. Кишинев, 1956. С. 86—94.
- Крюкова Е. В. Водный режим и засухоустойчивость озимой пшеницы в условиях Молдавии. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Кишинев, 1968. С. 3—23.
- Курашвили Н. Г. Биохимия и физиология формирования урожая кукурузы. Уфа, 1960.
- Курсанов А. Л. Обратимое действие ферментов в живой растительной клетке. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940. С. 183—188.
- Курсанов А. Л. Биологический синтез дисахаридов // Успехи биологической химии. М., 1954, т. 2. С. 220—255.
- Курсанов А. Л. Биохимические аспекты транспорта и накопления сахаров у сахарной свеклы // Сельскохозяйств. биол., 1967, т. 2, № 5. С. 739—749.
- Курсанов А. Л., Вискребенцева Э. И. Поступление продуктов фотосинтеза у хлопчатника из листьев и стенок коробочки в развивающиеся волокна // Физиол. раст., 1954, т. 1, № 2. С. 156—163.
- Курсанов А. Л., Павлова О. А. Биосинтез сахарозы и сахаронакопления у сахарной свеклы // Тез. докл. Первого Всесоюзного биохим. съезда. М.; Л., 1963, вып. 1. С. 266.
- Кутюрин В. М. О скорости проникновения дейтерия в растительную ткань // Биохимия, 1956, т. 21, вып. 1. С. 50—52.
- Куширенко М. Д. Водный режим и засухоустойчивость плодовых растений // Физиология с.-х. растений. М., 1968, т. 10. С. 100—128.

- Куширенко М. Д. Влияние завядания на физиологические процессы плодовых растений различной устойчивости к засухе // Изв. АН МССР, сер. биол. и хим. наук, 1970, № 3. С. 15—18.
- Куширенко М. Д. Физиология водообмена и засухоустойчивости плодовых растений. Кишинев, 1975. С. 20—22.
- Куширенко М. Д., Багир Р. А., Печерская С. М. Влияние завядания на водный режим и содержание углеводов, азот- и фосфорсодержащих веществ у плодовых растений различной устойчивости к засухе // Водный режим плодовых культур. Кишинев, 1970. С. 3—34.
- Ланге О. Л. Исследование изменений теплоустойчивости высших растений // Роль клеточных реакций в приспособлении многоклеточных организмов к температуре среды. М.; Л., 1963. С. 44.
- Лебедев Г. В. Импульсное дождевание и водный обмен растений. М.: Наука, 1969. 279 с.
- Лебедилцева Е. В. Опыт изучения водоудерживающей способности у растений в связи с их засухоустойчивостью и морозоустойчивостью // Тр. по бот., генет. и селекции, 1929—1930, т. 23, вып. 2. С. 1—30.
- Лемаева А. М. Динамика углеводов и азотистых веществ в онтогенезе хлопчатника // Изд. АН ТуркмССР, 1958, № 5. С. 39—45.
- Лемаева А. М. Углеводно-белковый обмен в листьях хлопчатника различных по скороспелости сортов // Изв. АН ТуркмССР, сер. биол., 1966, № 4. С. 20—23.
- Лемешев Н. К. Жаро- и засухоустойчивость старосветских сортов хлопчатника Азии // Бюл. Всесоюз. ин-та растениеводства им. Н. И. Вавилова, 1971, вып. 19. С. 48—52.
- Лерман Р. И., Скачкин Ф. Д. К вопросу о влиянии недостатка воды в почве на некоторые сорта овса в различные периоды развития // Уч. зап. Ленингр. Гос. пед. ин-та, 1955, т. 109. С. 95—109.
- Лерман Р. И. Изменение углеводного обмена у чинары в связи с высокой влажностью почвы // ДАН СССР, 1956, т. 108, № 6. С. 1191—1193.
- Литвинов Л. С. К вопросу об объективных признаках засухоустойчивости сельскохозяйственных злаков // Бот. журн. СССР, 1932, т. 17, № 2. С. 131—153.
- Литвинов Л. С. О почвенной засухе и устойчивости к ней растений, Львов: Изд. Львовского Гос. ун-та, 1951. С. 133—140.
- Личев С. Влияние почвенных и метеорологических условий на развитие корневой системы // Хлопководство, 1966, № 12. С. 32—35.
- Лобов М. Ф. К вопросу о способах определения потребности растений в воде при поливах // ДАН СССР, 1949, т. 2. С. 277—280.
- Лобов М. Ф. Диагностирование сроков поливов овощных культур по концентрации клеточного сока // Биологические основы орошаемого земледелия. М.: Изд-во АН СССР, 1957. С. 147—156.
- Львов С. Д. К вопросу о динамике углеводов и водного баланса в листьях табака в зависимости от яруса и производимых ломов // Тр. Бот. ин-та АН СССР, сер. 4, 1934, вып. 1. С. 135—170.
- Львов С. Д., Фихтенгольц С. С. К вопросу о биохимических основах засухоустойчивости // Тр. Ботан. ин-та АН СССР, экзп. ботан., 1936. С. 149—223.
- Львов С. Д. Памяти акад. В. И. Полладина. 1937. С. 155—164.
- Львов С. Д. Основные направления в историческом развитии учения о дыхании растений. М.: Наука, 1950. 57 с.
- Максимова Н. А. Опыт сравнительного изучения испарения у ксерофитов и мезофитов // Журн. русск. бот. об-ва, 1916, т. 1, № 1—2. С. 56—75.
- Максимова Н. А. К вопросу о суточном ходе и регулировке транспирации у растений // Тр. Тифл. бот. сада, 1917, № 19. С. 23—107.
- Максимова Н. А. Засухоустойчивость растений с физиологической точки зрения // Журн. опы. агр., 1924, т. 22. С. 174—186.
- Максимова Н. А., Красносельская-Максимова Т. А. Исследования над завяданием растений в связи с их засухоустойчивостью // Тр. Петр. об-ва ест., 1924, т. 47—53, вып. 3. С. 81—107.

- Максимов Н. А. Физиологические основы засухоустойчивости растений//Тр. по прикл. бот. и селекции. Л., 1925. 435 с.
- Максимов Н. А. Внутренние факторы устойчивости растений к морозу и засухе//Тр. по прикл. бот., генет. и селекции. 1929, т. 22, вып. 1. С. 3—41.
- Максимов Н. А. О применении физиологических показателей для установления оптимальных поливных схем//Соц. зерн. хоз-во. Саратов, 1936. № 5. С. 81—83.
- Максимов Н. А. Подавление ростовых процессов как основная причина снижения урожая при засухе//Успехи совр. биол., 1939, т. 11, вып. 1. С. 124—136.
- Максимов Н. А. Влияние засухи на физиологические процессы в растениях//Сб. работ по физиологии растений, посвященный памяти К. А. Тимирязева, 1941. С. 299—309.
- Максимов Н. А. Развитие учения о водном режиме незасухоустойчивости растений от Тимирязева до наших дней. Тимирязевские чтения. IV. М.: Изд-во АН СССР, 1944. 46 с.
- Максимов Н. А. Избранные работы по засухоустойчивости и зимостойкости растений. М.: Изд-во АН СССР, 1952, т. 1. 575 с.
- Мальцев Н. А., Мифтахутдинов Ф. Г., Федотов В. Д. Характеристика состояния воды в живых растительных тканях с помощью импульсного метода ядерного магнитного резонанса//Вопросы водообмена культурных растений. Уч. зап. Казанского Гос. ун-та, 1965, т. 124, кн. 7. С. 20—28.
- Мансурова А. Ф. Углеводный обмен в семенах хлопчатника в процессе их дозревания//Вопросы биологии и краевой медицины. Ташкент, 1963, вып. 4. С. 5—10.
- Маричик А. Ф. Особенности физиологических процессов в связи с состоянием воды в листьях и продуктивностью сортов сахарной свеклы//Биологические основы орошаемого земледелия. М.: Изд-во АН СССР, 1957. С. 584—595.
- Маричик А. Ф., Якубовский К. Б. Влияние натрия на состояние воды в листьях сахарной свеклы//Физиолого-биохимические основы питания растений. Вып. 2. Киев: Наукова думка, 1967. С. 175—182.
- Макарова Н. А., Школьник М. Я. Влияние бора на жаростойкость и на водоудерживающую способность листьев//Сб. Памяти акад. Н. А. Максимова. М.: Изд-во АН СССР, 1957. С. 81—87.
- Максель Е. Дж., Мэсон Т. Г. Физиология хлопчатника. Вып. 1. Ташкент, 1937.
- Маркович Л. Л., Киссель А. Л. О содержании углеводов многолетних луговых злаков Свердловской области//Тр. Свердлова, с.-х. ин-та, 1958, т. 3. С. 175—183.
- Мауэр Ф. М. К изучению корневой системы хлопчатника//Хлопковое дело, 1925, № 5—6. С. 1—22.
- Мацков Ф. Ф. К вопросу о физиологической характеристике сортов яровой пшеницы//Сов. ботаника. М.: Л., 1936, № 1. С. 98—105.
- Медине М. П. Поливы хлопчатника в зависимости от скороспелости сорта и высоты урожая. Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1953. С. 104.
- Медине М. П. Накопление сухой массы и урожай хлопка-сырца при различной густоте стояния хлопчатника//Физиол. раст., 1955, т. 2, № 1. С. 52—61.
- Мина И. Д., Бутовский А. И. Водный баланс в листьях некоторых с.-х. растений//Бюл. сортоводоосемян. упр. Сахаротреста, 6. Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1923.
- Минаев В. Г. Удобрение озимой пшеницы. М.: Колос, 1973. 208 с.
- Мирзаметов К. Влияние засухи на водный режим хлопчатника в разные периоды его развития//Экология, 1972. С. 103—105.
- Мирзаметов К. Влияние влажности почвы на содержание воды в репродуктивных органах хлопчатника//Тр. КНИИЗ Каракалп. НИИ земледелия, вып. 2, 1978. С. 72—74.
- Мирзаметов К. Влияние засухи на урожайность хлопчатника//Сб. науч. трудов Каракалп. НИИ земледелия, вып. 1, 1978. С. 59—61.
- Мирзаметов К. Рост хлопчатника в условиях различной влажности почвы//Вести. КК ФАН УзССР, 1979, № 4. С. 38—40.
- Мирзаметов К. Степень жароустойчивости разных сортов хлопчатника//Вести. КК ФАН УзССР, 1980, № 4. С. 36—39.
- Мирошниченко К. Г. Об углеводном обмене у пшениц при недостатке влаги в почве//ДАН СССР, 1941, т. 32, № 1.
- Мирошниченко К. Г. Обмен углеводов у яровых пшениц в фазе колошения в условиях почвенной засухи//ДАН СССР, 1948, т. 59, № 9. С. 1653—1656.
- Мирошниченко К. Г. Углеводный обмен у пшениц в разные фазы их развития при недостатке влаги в почве. М.: Изд. Акад. мед. наук РСФСР, 1950, вып. 29. С. 109—135.
- Мичурин И. В. К вопросу о наследовании приобретенных признаков. М., 1948, т. 1. С. 194—196.
- Мордочков С. С., Альтергот В. Ф. Ростковая реакция пшеницы на повреждение повышенной температурой и обезвоживанием//Физиология устойчивости растений в континентальном климате. Новосибирск, 1976. С. 123—134.
- Мухамеджанов М. В., Закиров А. З. Температура и развитие хлопчатника. М.: Колос, 1968. 120 с.
- Мухамеджанов М. В., Сулиманов С. М. Динамика питательных веществ в завязях и листьях хлопчатника//Вест. с.-х. науки, 1975, № 8. С. 40—44.
- Мухамеджанов М. В., Сулиманов С. М. Корневая система и урожайность хлопчатника. Ташкент: Узбекистан, 1978. С. 2.
- Назирова Н. Н. Наука и хлопок. Ташкент: Узбекистан, 1977. С. 275.
- Назирова Н. Н., Ташматов А. Т. Устойчивость радиационных сортов и исходных форм хлопчатника к водному дефициту//Докл. Всес. акад. с.-х. наук, 1972, № 12. С. 15—17.
- Назирова Н. Н., Ташматов А. Т. Фосфорный обмен у радиационных мутантов и исходных форм хлопчатника при временном водном дефиците//Физиол. и биохим. культурных растений, 1975, т. 7, вып. 2. С. 203—210.
- Назирова Н. Н., Сатиева Г. С. Корневая система и урожайность сортов АН-402 и Ташкент-1//Докл. ВАСХНИЛ, 1980, № 11. С. 5—7.
- Несчетная Л. Н. Влияние засухи на водный режим и азотный обмен некоторых видов пшеницы. Автореф. дис. ...канд. биол. наук. Л., 1969. С. 26.
- Нешина А. Н. Определение сроков полива хлопчатника по величине сосущей силы листьев//Вопросы плодородия почв, агротехники и водного режима хлопчатника (Сб. статей). Ташкент, 1955. С. 111—134.
- Нешина А. Н., Тодоров Н. А. О водном режиме и плодоношении хлопчатника//Вопросы плодородия почв, агротехники и водного режима хлопчатника. Ташкент, 1955. С. 150—164.
- Нестерова Т. А., Шарлаков В. С. Метод определения удельного веса и объема растительных тканей и органов//ДАН УССР, 1952, вып. 5. С. 32—35.
- Новиков В. А. Исследования над засухоустойчивостью растений//Журн. опыты, агроп. Юго-Вост. Саратов, 1931, т. 13, вып. 2. С. 73—82.
- Новикова В. А. К физиологии хлопчатника. О сбрасывании//Журн. ОПТ. агр. Юго-Вост., 1935, т. IX, вып. 2. С. 81—112.
- Новиков В. А. Причины сбрасывания бутонов и коробочек у хлопчатника и возможные меры борьбы//ДАН СССР, 1941, т. 32, № 2. С. 158—161.
- Новицкая Ю. Я. Влияние предпосевного намачивания семян в растворах микроэлементов на урожай и внутренние процессы у растений//Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. Рига, 1956. С. 47—254.
- Новицкая Ю. Я. Значение предпосевного закаливания растений к засухе в растворах некоторых микроэлементов//Тр. Ботан. ин-та им. Комарова АН СССР, 1958, сер. 4, вып. 12. С. 74—94.

- Новоселова А. Н. Действие почвенной засухи на гладюлусы//Физиологические основы приема повышения устойчивости и продуктивности растений в Сибири. Новосибирск, 1963. С. 67—77.
- Носатовский А. И. Пшеница и биология. М.: Колос, 1965. 568 с.
- Оголюпец И. В. Влияние отрицательных температур на соотношение сахаров у плодовых деревьев в связи этих изменений с морозостойкостью растений//Физиол. раст., 1966, т. 13, вып. 3. С. 501—508.
- Ойвин И. А. Патологическая физиология и экспериментальная терапия, 1960, т. 4, вып. 71.
- Окаенко А. С. Накопление и передвижение сахаров у свеклы. Основные выводы и-и. работ ВНИС. М.: Л., 1940. С. 249—253.
- Окунов М. М., Тарасова Е. Н. О состоянии воды в растениях//ДАН СССР, 1952, т. 83, № 2. С. 315—319.
- Олейникова Т. В. Влияние высоких температур и света на теплоустойчивость протоплазмы клеток растений разных сортов. Роль клеточных реакций в приспособлении многоклеточных организмов к температуре среды. М.: Л., 1963. С. 51—52.
- Олейникова Т. В. Влияние высокой температуры и света на проницаемость протоплазмы клеток листьев яровых злаков//Цитологические основы приспособления растений к факторам среды. М.: Л., 1964. С. 70—81.
- Олейникова Т. В. Физиологические методы оценки пшеницы на засухоустойчивость. М.: Колос, 1969. С. 25—30.
- Омельченко М. В. Влияние режима освещения на развитие хлопчатника//Узб. биол. журн., 1958, № 2. С. 33—40.
- Павлинова О. А., Туркина М. В. Биосинтез и физиологическая роль сахарозы в растениях//Физиол. раст., 1978, т. 25, вып. 5. С. 1025—1041.
- Пасмынский А. Г. Коллоидная химия. Уч. пособие для ун-тов. М.: Высшая школа, 1959. 265 с.
- Пасмынский А. Г., Черняк Р. С. Гидратация и сольватация белков//Тр. Всес. конф. по молекуляр. хим. Киев, 1952. С. 85—114.
- Петников Н. С. Влияние различного орошения и удобрения на качество и урожай зерна пшеницы в условиях Заволжья//Тр. Комиссии по ирригации. М.: Л., 1936, вып. 8. С. 3—94.
- Петников Н. С. Вопросы повышения продуктивности растений в орошаемом земледелии//Изв. АН СССР, сер. биол., 1954, № 5. С. 3—24.
- Петников Н. С. О значении физиологических показателей в поливном растениеводстве//Физиол. раст., 1954, т. 1, № 1. С. 81—90.
- Петников Н. С. Совершенствование по водному режиму растений и биологическому обоснованию орошаемого земледелия//Физиол. раст., 1955, т. 2, вып. 2. С. 191—192.
- Петников Н. С., Прусакова Л. Д. Анатомо-физиологические изменения сахарной свеклы в связи с повышением ее продуктивности//Физиол. раст., 1955, т. 2, вып. 5. С. 405—414.
- Петников Н. С. Опыт диагностики потребности растений в поливе по физиологическим показателям//Орошение с.х. культур в Центр. чернозем. полосе РСФСР, 1956, вып. 2. М.: Изд-во АН СССР, С. 217—235.
- Петников Н. С., Молотковский Ю. Г. К вопросу о физиологической сущности жаростойкости некоторых культурных растений//Физиол. раст., 1956, т. 3, вып. 5. С. 516—526.
- Петников Н. С. Современное состояние и пути дальнейшего развития работ по орошению и теории водного режима с.х. растений//Биол. основы орош. землед. М.: Изд-во АН СССР, 1957. С. 63—72.
- Петников Н. С. Водный режим и орошение сельскохозяйственных растений. М.: Знание, 1958. 40 с.
- Петников Н. С., Самиев Х. Влияние азотных и фосфорных удобрений на некоторые физиологические процессы и продуктивность хлопчатника//Физиол. раст., 1958, т. 5, вып. 6. С. 530—540.
- Петников Н. С. Физиология орошаемой пшеницы. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 554 с.
- Петников Н. С., Размаев И. И. Влияние высоких температур на водный режим и азотистый обмен растений//Физиол. раст., 1961, т. 8, вып. 2. С. 188—195.
- Петников Н. С., Размаев И. И. Влияние высоких температур на интенсивность дыхания и углеводный обмен в растениях//Физиол. раст., 1961, т. 8, вып. 4. С. 417—424.
- Петников Н. С. Физиология орошаемых сельскохозяйственных растений. 14-е Тимирязевское чтение. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 160 с.
- Петников Н. С., Молотковский Ю. Г. Жароустойчивость растений и пути ее повышения//Вестн. АН СССР, 1962, № 8. С. 62—64.
- Петников Н. С. Взаимосвязь водного режима и некоторых физиологических процессов растений с их продуктивностью в условиях различного водоснабжения//Водный режим растений в связи с обменом вещества и продуктивностью. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 3—22.
- Петников Н. С. Современное состояние научно-исследовательских работ по теоретическим основам орошаемого земледелия и главные перспективы направления дальнейших исследований//Биологические основы орошаемого земледелия. М.: Наука, 1966.
- Петников Н. С. Состояние и перспективы развития исследований по водному режиму растений. М.: Изд-во АН СССР, сер. биол., 1967, № 2. С. 227—239.
- Петников Н. С., Рахимов А. Р. Влияние водообеспеченности на показатели водного режима некоторых сортов хлопчатника//Водный режим растений и их продуктивность. М.: Наука, 1968. С. 189—193.
- Петников Н. С. Состояние и перспективы изучения водного режима растений в СССР//Водный режим сельскохозяйственных растений. М.: Наука, 1969. С. 7—71.
- Петников Н. С. Состояние воды и водный обмен у культурных растений. Сборник статей. М.: Наука, 1971. С. 291.
- Петников Н. С., Рахимов А. Р. Водный обмен и продуктивность хлопчатника при различной влажности почвы//Состояние воды и водный обмен у культурных растений. М.: Наука, 1971. С. 213—220.
- Петников Н. С., Шермантов Н., Попова П. Я. Влияние влажности почвы на технологические свойства волокна и содержание жира в семенах различных по спелости сортов хлопчатника//ДАН СССР, 1973, т. 211, № 8. С. 1000—1002.
- Петников Н. С., Самиев Х. С. Водоудерживающая способность, фосфорный обмен листьев и продуктивность хлопчатника при различной водообеспеченности//Дальнейшее развитие хлопководства в СССР. М., 1979. С. 253—263.
- Петников Н. С. Физиологические основы повышения продуктивности растений в условиях орошения//Изв. АН СССР, сер. биол., 1980, № 2. С. 197—213.
- Петров Е. Г. Опыт по испытанию схем, сроков и норм поливов хлопчатника//Тр. Среднеаз. НИИ по хлопководству и хлопковой промышленности. М.: Ташкент, 1928.
- Петров Е. Г. К вопросу об основах физиологии растений при искусственном дождевании//Дождевание, т. 2, 1936. С. 10—29.
- Платонов В. А. Оптимизация условий влагообеспеченности с.х. культур. Л.: Гидрометеонадат, 1982. 115 с.
- Полимбетова Ф. А., Гладышева О. М. Засухоустойчивость яровой пшеницы в условиях Целинного края//Тр. Ин-та ботаники АН КазССР, 1962, т. 12. С. 3—23.
- Полимбетова Ф. А. Засухоустойчивость яровой пшеницы в условиях Центрального Казахстана//Тр. конф. физиол. и биохим. растений, 1963. С. 98—103.
- Полимбетова Ф. А. Физиологические свойства и продуктивность яровой пшеницы в условиях севера и юга Казахстана. Автореф. дис. ...докт. биол. наук. Алма-Ата, 1969. 56 с.
- Полова Е. А. Влияние водообеспеченности хлопчатника на физиолого-био-

- химические превращения в его листьях//Изд. АН УзССР, 1955, № 7. С. 3—8.
- Попова Е. А. Осмотические показатели водообеспеченности хлопчатника и направленность физиолого-биохимических процессов в листьях//Вопросы ботаники, вып. 3. М.: Л., 1960. С. 27—28.
- Попова Е. А. Изменение показателей водообеспеченности хлопчатника при различном азотно-фосфорном питании//Водный режим растений в связи с обменом веществ и продуктивностью. М.: Изд-во АН СССР, 1963, С. 290—293.
- Попова Е. А. Активное поглощение воды и проницаемость клеток корней хлопчатника для воды при различной водообеспеченности питательного раствора//Состояние воды и водный обмен у культурных растений. М.: Изд-во АН СССР, 1971.
- Портяко В. Ф. Распределение воды в вегетативных и репродуктивных органах хлопчатника//ДАН СССР, 1952, т. 84, № 4. С. 829—832.
- Привалов П. Л. К вопросу о состоянии и роли воды в биологических системах//Биофизика, 1958, т. 3, вып. 6. С. 738—743.
- Проценко Д. Ф., Шматько И. Г., Рубанюк Е. А. Устойчивость озимых пшениц к засухе в связи с их аминокислотным составом//Физиология растений, 1968, т. 15, вып. 4. С. 686—687.
- Прикшиников Д. Н. О влиянии влажности почвы на развитие растений//Журн. опыты. агрономии, 1900, № 1.
- Размаев И. И. К вопросу о действии и последствиях высоких температур на растения. Автореф. дис. ...канд. биол. наук. М., 1961. 19 с.
- Раковский В. Д., Василько П. П. Водный дефицит растений в связи с продуктивностью и устойчивостью к засухе//Физиол.-биохим. основы повышения продуктивности растений. Минск: Наука и техника, 1980. С. 93—99.
- Рахимов А. Р. Сосущая сила листьев разных сортов хлопчатника в ранний период вегетации//Узб. биол. журн., 1962, № 6. С. 73—74.
- Рахимов А. Р. Интенсивность транспирации в зависимости от фракционного состава воды и ранний период вегетации хлопчатника. Ташкент: ТашСХИ, 1963, вып. 15. С. 61—73.
- Рахимов А. Р. Водобмен хлопчатника в ранний период вегетации. Автореф. дис. ...канд. биол. наук. Ташкент, 1963. 17 с.
- Рахимов А. Р. Некоторые регуляторные механизмы адаптации хлопчатника к засухе и избыточному подоснабжению//Докл. Всесоюз. акад. с.-х. наук, 1973, № 4. С. 12—14.
- Рахимов А. Р. Водный режим хлопчатника в зависимости от экологических условий//Водный режим растений в связи с разными экологическими условиями. Казань, 1978. С. 86—91.
- Рейнус Р. М. Углеводный и азотный обмен растений лугов Памира//Тр. Ин-та ботаники АН ТаджССР, 1962, т. 18. С. 202—233.
- Рейнус Р. М. Углеводный обмен растений в условиях высокогорий Памира. Автореф. дис. ...канд. биол. наук. Л., 1966. С. 18.
- Рихтер А. А. Исследования над холодостойкостью растений. 1. Динамика растворимых углеводов у пшеницы и ржи в течение зимнего периода//Журн. опытной агрономии. Юго-Востока. Саратов, 1927, т. 4, вып. 2. С. 326—345.
- Рождественский М. Н. Испытание схем, сроков и норм орошения хлопчатника на староорошаемых землях//Тр. Среднеаз. НИИ по хлопководству и хлопковой промышленности. М.: Ташкент, 1926—1928.
- Ротмистров В. Г. Корневая система сельскохозяйственных растений и урожай//Сов. агрономия, 1939, № 8. С. 61—74.
- Рубин Б. А., Рациховская Е. В. О роли сахарозы в углеводном обмене веществ//ДАН СССР, 1948, т. 60, № 5. С. 841—844.
- Рубин Б. А. Плач растений и гуттация//Физиология растений, 1954, т. 1. С. 96—100.
- Рубин Б. А. Водобмен растительного организма//Курс физиологии растений. М., 1961. С. 261—312.
- Рыжов С. Н. Орошение хлопчатника в Ферганской долине. Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1948. 247 с.
- Рыжов С. Н., Агапова М. И. Водный режим и развитие хлопчатника при различной концентрации питательного раствора//Водный режим растений в связи с обменом веществ и продуктивностью. М., 1963. С. 294—300.
- Рыжов С. Н. Подвижность почвенной влаги и расход воды хлопчатника на засоленных почвах//Почвоведение, 1974, № 12. С. 97—104.
- Сабитов Д. А. Физиологические основы питания растений. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 512 с.
- Самиев Х. С. Состояние воды в листьях хлопчатника в зависимости от условий минерального питания//Водный режим растений в связи с обменом веществ и продуктивностью. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 269—274.
- Самиев Х. С., Марфина К. Г. Влияние водного дефицита на направленность фосфорного и нуклеинового обмена у двух водоустойчивых сортов хлопчатника//Физиол. раст., 1975, т. 22, вып. 6. С. 1259—1264.
- Самиев Х. С. Водный режим и продуктивность хлопчатника. М.: Изд-во АН УзССР, 1979. 189 с.
- Самойлов О. Я. Координационное число в структуре некоторых жидкостей//Журн. физ. химии, 1946, № 20, вып. 12.
- Самойлов О. Я. Структура водных растворов электролитов и гидратация ионов. М.: Изд-во АН СССР, 1957.
- Самойлов О. Я. Общие вопросы теории гидратации ионов в водных растворах. Состояние и роль воды в биологических объектах. М.: Наука, 1957.
- Самуилов Ф. Д., Ефремов Ю. Я. Изучение водообмена и состояния воды в растениях с помощью тяжелой воды (D₂O)//Тр. Казан. фил. АН СССР, сер. биол. наук, 1963, вып. 8. С. 98—115.
- Сариев Г. Влияние временного подвоя на урожай тонковолокнистого хлопчатника. Ашхабад: Изд-во АН ТуркмССР, сер. биол. наук, вып. 3. С. 14—19.
- Сахаров И. П. Водный режим хлопчатника//Тр. Крымского с.-х. ин-та им. М. И. Калинина. Гос. Изд-во Крымской АССР, 1941. Т. 1. С. 191—234.
- Светашев А. Т. Старые и новые промышленные селекционные сорта хлопчатника//Справочник по хлопководству. Ташкент, 1937. С. 105—138.
- Семущкина Л. Н. Ускоренный метод математической обработки результатов опытов (с пшеницей)//Сб. трудов аспирантов и молодых научных сотрудников ВНИР, 1969, т. 10. С. 119—125.
- Сергеева К. А. Особенности годичного цикла и зимостойкость деревьев и кустарников//Физиология устойчивости растений. М.: Изд-во АН СССР, 1960.
- Сергеева К. А. Физиологические и биохимические основы зимостойкости древесных растений. М.: Наука, 1971. 174 с.
- Сисакян Н. М. Последствие различных температур на адсорбцию инвертазы тканями высших растений//ДАН СССР, 1948, т. 59, № 1. С. 107—109.
- Сисакян Н. М. Биохимия обмена веществ. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 276 с.
- Сказкин Ф. Д. Изучение засухоустойчивости культурных злаков в различные периоды их жизни//Сов. бот., 1940, № 5—6. С. 144—155.
- Сказкин Ф. Д. Недостаток воды в почве и устойчивость к нему хлебных злаков в различные периоды их развития (к физиологии яровых хлебных злаков в связи с их засухоустойчивостью). М.: Л. Естественнаучный ин-т им. Лесгафта, 1955, т. 27. С. 124—134.
- Сказкин Ф. Д. Влияние недостаточной и избыточной влажности почвы на некоторые физиологические процессы и урожай яровых хлебных злаков//Биологические основы орошаемого земледелия. М.: Изд-во АН СССР, 1957. С. 205—220.

- Сказкин Ф. Д. Влияние элементов минерального питания на устойчивость хлебных злаков к недостатку воды в почве в различные периоды их развития // Физиология устойчивости растений. М., 1960. С. 402—408.
- Сказкин Ф. Д. Критический период у растений к недостаточному водоснабжению // Тимирязевские чтения, 21-е. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 51.
- Сказкин Ф. Д. Некоторые вопросы физиологии критического периода у яровых хлебных злаков в связи с минеральным питанием // Водный режим растений в связи с обменом веществ и продуктивностью. М., 1963. С. 50—61.
- Скрипчинский В. В., Косыхова П. Г. Засухоустойчивость и некоторые особенности водного режима многолетних ржи и других злаков в связи с возрастом растений // Биологические основы орошаемого земледелия. М.: Изд-во АН СССР, 1957. С. 300—312.
- Соколенко Н. Ф. Зависимость засухоустойчивости пшеницы от стадии развития и внешних условий // Сов. бот., 1938, № 6. С. 10—23.
- Стефановский И. А. Засухоустойчивость пшениц различного географического происхождения. Л.: Изд. ВАСХНИЛ, 1937. 80 с.
- Стефановский И. А. Засухоустойчивость яровых пшениц. М.: Сельхозгиз, 1960. 224 с.
- Субботина Н. В. Влияние завядания листьев с.-х. растений на превращение углеводов // Физиол. раст., 1961, т. 3, вып. 3. С. 279—283.
- Сулакадзе Т. С. Определение количества льда в озимых растениях и защитная роль сахаров // Тез. докл. совещ. по физиол. раст. М.; Л., 1940. С. 156—157.
- Сулейманов И. Г. Некоторые биохимические изменения, влияющие на водообмен и морозоустойчивость клевера красного // Физиология устойчивости растений. М., 1960. С. 140—143.
- Сулейманов И. Г. О связи водного режима с окислительно-восстановительными условиями в клетках // Водный режим растений в связи с обменом веществ и продуктивностью. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 200—206.
- Сулейманов И. Г. Структурно-физические свойства протоплазмы и ее компонентов в связи с проблемой морозоустойчивости культурных растений. Казань: Изд. КГУ, 1964. 201 с.
- Сулейманов И. Г. Вопросы водообмена культурных растений. Казань: Изд. КГУ, 1965. С. 226.
- Суркова Л. И. О водном режиме цитрусовых в связи с устойчивостью их к морозу // Сб. трудов аспирантов и молодых научных сотрудников (Всес. ин-т растениеводства ВАСХНИЛ). Л., 1960. С. 192—197.
- Сутулов А. Н. Изменения углеводного обмена у растений как показатель водоснабжения // Докл. Всес. Акад. с.-х. наук им. Ленина, 1946, вып. 11—12. С. 32—34.
- Татеева С. В. Динамика фотосинтеза у озимой пшеницы при различном водоснабжении // Уч. зап. Саратов. ун-та, 1941, т. 15, вып. 6. С. 41—131.
- Таги-Заде А. X. Влияние бора, марганца на интенсивность фотосинтеза в условиях различного водного режима // Уч. зап. Азерб. гос. ун-та им. С. М. Кирова. Сер. биол., 1959, № 3. С. 43—47.
- Тер-Аванесян Д. В. Хлопчатник. Л.: Колос, 1973. 484 с.
- Терентьева И. Н. Динамика содержания воды в листьях горчицы сарептской при изменении влажности почвы как показатель засухоустойчивости // Сб. работ. по масличным культурам. Краснодар, 1967, вып. 11. С. 40—44.
- Тиллаев М. Т. Об изменении содержания воды и температуры листьев хлопчатника при суховеях // Вопросы физиологии и биохимии хлопчатника. Ташкент: Фан, 1969.
- Тимирязев К. А. Исторический метод в биологии // Избр. соч. Т. 3. 1949. 540 с.
- Титев Г. М. Водный режим и продуктивность кукурузы в условиях орошаемого земледелия Алма-Атинской области. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Алма-Ата, 1960. 23 с.

- Тихонов П. М. Значение сортов в борьбе с засухой. Казань: Изд. Казанск. с.-х. ин-та, 1933, вып. 1. С. 92—100.
- Тодоров Н. А., Нешина А. Н. Действие кратковременного перерыва в освещении при разной температуре на опадение плодовых органов у хлопчатника // Тр. СГУ, 1957, кн. 26. С. 23—46.
- Тошевкова А. Г. Особенности обмена веществ у скороспелых сортов хлопчатника // Тр. САГУ, Ташкент, 1950, вып. 18, кн. 7. С. 71—88.
- Тринчер К. С. Биология и информация. Элементы биологической термодинамики. М.: Наука, 1964. 100 с.
- Тринчер К. С. Структурно-связанная вода и биологические молекулы // Успехи соврем. биологии, 1966, т. 61, вып. 3. С. 338—353.
- Туманов И. И. Зимне-весенняя гибель озимых посевов в условиях нечерноземной полосы // Сов. растениеводство. Л., 1934, № 9. С. 151—155.
- Туманов И. И. Физиологические основы зимостойкости культурных растений. М.; Л.: Сельхозгиз, 1940. 366 с.
- Туманов И. И. Новые методы лабораторного изучения морозостойкости озимых культур // Зимостойкость сельскохозяйственных культур. М., 1960. С. 12—15.
- Турсунходжаев З. Борьба с опадением плодовых элементов хлопчатника // Колхозно-совхозное производство Узбекистана, 1964, № 7. 20 с.
- Удовенко Г. В., Семушина Л. А. Графики для ускорения математической обработки результатов опытов // Вестн. с.-х. науки, 1959, № 7. С. 106—108.
- Филиппов Л. А. Концентрация клеточного сока листьев хлопчатника в зависимости от их возраста и водообеспеченности // Физиол. раст., 1956, т. 3, вып. 5. С. 393—399.
- Филиппов Л. А. К вопросу о концентрации клеточного сока листьев как физиологического показателя водообеспеченности // Бюл. по физиологии растений. Киев: Изд-во АН УССР, 1958, № 3. С. 60—66.
- Филиппов Л. А. Концентрация клеточного сока листьев как физиологический показатель состояния водного режима хлопчатника // Физиол. раст., 1959, т. 6, вып. 1. С. 83—88.
- Филиппов Л. А. Рефрактометрический метод оценки оводненности листьев яблони // Физиол. раст., 1961, т. 8, вып. 1. С. 138—140.
- Фортунатова О. К. Зависимость высоты растений от географических факторов произрастания // Тр. по прикл. бот., генет. и селекции, 1928, т. 19, № 1. С. 385—466.
- Харанян Н. Н. Водоудерживающая способность листьев различных по засухоустойчивости растений при завядании // Физиол. раст., 1963, т. 12, вып. 1. С. 170—172.
- Хлебникова Н. А. Основы жаростойкости культурных растений в условиях орошения нижнего Поволжья // Проблемы Волго-Каспия. Т. 1. Л.: Изд-во АН СССР, 1934. С. 418—423.
- Хоринко Н. А. Значение борьбы за влагу для повышения урожая пшеницы и ячменя в условиях Молотовской области // Тр. Пермск. с.-х. ин-та, 1948, т. 12. С. 127—145.
- Цветкова И. В., Воронина И. Н. Влияние суховея на синтетическую деятельность корневой системы // Физиология устойчивости растений. М.: Изд-во АН СССР, 1959. С. 593—596.
- Цивинский В. И. О критическом периоде у хлопчатника // ДАН СССР, 1935, т. 1, № 9. С. 668—673.
- Цивинский В. И. К изучению морфологии и физиологии корневой системы хлопчатника. НИИХИ. М.; Ташкент: САОГИЗ, 1953. 45 с.
- Шардаков В. С. Новый полевой метод определения сосущей силы растений // ДАН СССР, 1948, № 1. С. 169—179.
- Шардаков В. С. Водный режим хлопчатников и определение оптимальных сроков полива. Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1953. 96 с.
- Шардаков В. С. Физиологические основы поливного режима хлопчатника // Объед. научная сессия АН УзССР, СоюзНИИХИ по вопросам развития хлопководства. Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1956. С. 697—701.

- Шардаков В. С. Водный режим и диагностирование сроков полива хлопчатника//Биологические основы орошаемого земледелия. М.: Изд-во АН СССР, 1957. С. 141—147.
- Шардаков В. С., Кургульцева Л. И. Скорость поступления воды в корневую систему хлопчатника//Вопросы ботаники. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1957, вып. 3. С. 38—39.
- Шардаков В. С. Метод определения удельного веса и объема растительных тканей//Методы исследования по физиологии и биохимии хлопчатника. Ташкент, 1959. С. 67—69.
- Шардаков В. С. Водный режим хлопчатника. Серия хлопчатник//Физиология и биохимия хлопчатника. Ташкент, 1960, т. 4.
- Шахов А. А. Зависимость транспирации растений от засоления почвы//Солеустойчивость растений. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 552 с.
- Шредер Р. Вегетативные и плодовые ветви хлопка//Туркестанское сельское хозяйство. Ташкент, 1913, № 8. 112 с.
- Школьник М. Я., Макарова Н. А. Влияние микроэлементов на физиологические процессы, определяющие засухоустойчивость растений//Биологические основы орошаемого земледелия. М.: Изд-во АН СССР, 1957. С. 565—583.
- Школьник М. Я., Боженко В. Г., Маевская Л. Н. Влияние алюминия, кобальта, молибдена на физиоло-биохимические процессы, определяющие засухоустойчивость растений//Физиология устойчивости растений. М.: Изд-во АН СССР, 1960, № 1. С. 522—527.
- Шлепхер А. Зависимость плодоношения хлопчатника от характера развития корневой системы//Хлопководство, 1953, № 8. С. 34—41.
- Шмальгаузен И. И. Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии. М.; Л., 1938. 144 с.
- Шмальгаузен И. И. Факторы эволюции. Теория стабилизирующего отбора. М., 1968. 451 с.
- Штоккер О. Физиологические и морфологические изменения в растениях, обусловленные недостатком воды//Растения и вода. Л.: Гидрометиздат, 1948.
- Эльзенгер Т. А., Мамедов Ю. М. Развитие корневой системы хлопчатника при различных режимах орошения//Хлопководство, 1969, № 10. С. 43—45.
- Эльсанди М. Талат. Физиологические особенности хлопчатника в различных условиях водоснабжения в онтогенезе. Автореф. дис. ...канд. биол. наук. Ташкент, 1964. 19 с.
- Язкулов А. Теплоустойчивость клеток некоторых злаков Туркмении//Цитологические основы приспособления растений к факторам среды. М.; Л., 1964. С. 88—94.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Природно-климатические условия Каракалпакской ССР	6
Водный обмен в растениях при экстремальных условиях (дефицит воды и повышенные температуры)	10
Водный и углеводный обмен хлопчатника	22
Засухоустойчивость хлопчатника при различных схемах полива	62
Рост, развитие и урожайность хлопчатника при различных схемах полива	84
Заключение	123
Список использованной литературы	133

Калбай Мирзамбетович Мирзамбетов

АДАПТАЦИЯ ХЛОПЧАТНИКА К ЗАСУХЕ
(В УСЛОВИЯХ КАРАКАЛПАКИИ)

Утверждено к печати Ученым советом Комплексного института естественных наук, Президиумом КК ФАН УзССР

Редактор Т. А. Шур
Художественный редактор А. Н. Сазонов
Технический редактор Н. А. Абдурахмонова
Корректор А. А. Ковалева

ИБ №4623

Сдано в набор 12.07.90. Подписано к печати 25.09.90. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага типографская № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая, Усл. печ. л. 9,5, Уч.-изд. л. 9,5. Тираж 1100. Заказ 195. Цена 1 р. 90 к.

Издательство «Фан» УзССР: 700017, Ташкент, ул. Гоголя, 70.
Типография Издательства «Фан» УзССР: 700170, Ташкент, проспект Горького, 79.