

5157
АКАДЕМИЯ НАУК УЗБЕКСКОЙ ССР

Объединенный Ученый Совет по ботаническому профилю
отделения химико-технологических и биологических наук

А. Н. УСМАНОВ

9-3670
РОСТ, РАЗВИТИЕ И КОРНЕВОЕ ПИТАНИЕ
ХЛОПЧАТНИКА В УСЛОВИЯХ ГИДРОПОНИКИ

(101 физиология растений)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Ташкент—1969

АКАДЕМИЯ НАУК УЗБЕКСКОЙ ССР

Объединенный Ученый Совет по ботаническому профилю
отделения химико-технологических и биологических наук

А. Н. УСМАНОВ

РОСТ, РАЗВИТИЕ И КОРНЕВОЕ ПИТАНИЕ
ХЛОПЧАТНИКА В УСЛОВИЯХ ГИДРОПОНИКИ

(101 физиология растений)

4-3670

БИБЛИОТЕКА

СХИ

гор. Самарканд

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

ТАШКЕНТ—1969

Работа выполнена в лаборатории физиологии растений Всесоюзного ордена Ленина научно-исследовательского института хлопководства (СоюзНИХИ). Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов и списка литературы (154 названий).

Объем работы — 157 страниц машинописного текста, в том числе 52 таблиц. Она иллюстрирована 6 фотографиями.

Научный руководитель — заслуженный деятель науки УзССР, кандидат сельскохозяйственных наук **М. А. Белоусов**.

Официальные оппоненты:

Член-корреспондент Академии наук УзССР, доктор биологических наук, профессор — **С.Х. Юлдашев**;

Кандидат сельскохозяйственных наук — **Т. П. Пирахунов**.

Ведущее предприятие — Ташкентский сельскохозяйственный институт, кафедра физиологии растений.

Автореферат разослан: 3 апреля 1969 г.

Защита диссертации состоится: 6 ноября 1969 г.
на заседании Объединенного Ученого Совета по ботаническому профилю отделения химико-технологических и биологических наук АН УзССР.

Ваши отзывы (в двух экземплярах) просим направлять по адресу: г. Ташкент, ул. Гоголя, 70.

Ученый секретарь Совета: —

А. Абдуллаев.

В настоящее время после постановлений Пленумов ЦК КПСС (1963, 1964) значительно расширены исследования по выявлению научно-обоснованных и эффективных приемов применения минеральных удобрений под все сельскохозяйственные культуры.

Большие успехи физики, химии, математики и других наук создали условия для успешного развития биологической науки. В биологическую науку, и, в частности, физиологию питания растений вошли новые совершенные методы исследования. Из этих новых методов заслуживает большое внимание метод выращивания растений без почвы — гидропоника.

Как и другие методы исследования питания растений методом выращивания их без почвы на искусственных средах был разработан в результате тщательного изучения закономерностей в питании растений.

Одним из первых исследователей, освоивших этот новый метод выращивания растений, были немецкий ботаник Сакс (1882) и агроном Киоп. Более 100 лет тому назад Ф. Киоп предложил состав питательной смеси для выращивания растений. Великий русский ученый К. А. Тимирязев в 1896 году в целях пропаганды проводил на Нижегородской ярмарке широкий показ опытов по выращиванию растений на физиологических растворах.

Академик Д. Н. Прянишников и его ученики широко использовали беспочвенную культуру для углубленного изучения проблем минерального питания растений.

Долгое время способ выращивания растений на питательных растворах использовался в основном только в научных экспериментах. В настоящее время этот метод получил распространение в больших производственных масштабах в Америке, Европе, Африке, Азии, Индии и Японии.

В Советском Союзе имеются крупные производственные площади по выращиванию овощей на питательных растворах в Киеве, Москве, Ленинграде, Ереване, Риге, Норильске, Харькове, Ялте, Севастополе, Ташкенте.

В настоящее время и в Советском Союзе и в других странах мира в имеющихся гидропонных установках в основном выращиваются овощные культуры, цветы и зеленые корма для животноводства.

На основании проведенных исследований с овощными и другими культурами (Г. С. Давтян, 1964; Б. С. Мошков, 1964; З. И. Журбинский, 1964; А. Н. Спиридонова, 1959; В. А. Чесноков, Е. П. Базирина, 1957; Ю. А. Дюкарев, 1965; Г. В. Артемьев, Г. З. Берсон, А. Г. Кленач, 1965; В. А. Корбут, 1959; С. Ф. Ващенко, Д. И. Латышев, А. И. Смирнова, 1959; Е. Смирнов, 1964; Н. П. Родников, 1965; Х. Даскалов, 1965; Т. Пудельски, 1965; Н. Савинов и др., 1965) доказали, что при выращивании растений в гидропонике ускоряется рост и развитие, повышается урожайность растений, улучшается качество продукции и развиваются полноценные семена.

Выращивание растений в искусственных условиях позволяет регулировать корневое питание и другие факторы роста в соответствии с потребностями изучаемых растений.

Несмотря на значительные успехи в физиологических исследованиях хлопчатника, однако нельзя сказать, что, например, условия питания хлопчатника, особенно при получении высоких урожаев, достаточно изучены и на основе этих знаний можно своевременно и правильно удовлетворять потребность растений в питательных элементах.

Как показали наши работы, что в условиях гидропонки, в отличие от опытов в сосудах, возможно более приближенно к полевым условиям изучать способы регулирования как отдельных факторов роста, так и сложных сочетаний нескольких факторов. Возможно вскрывать закономерности, определяющие пути получения высоких урожаев хлопка при ускоренном прохождении фаз развития растений, определять потенциальную возможность плодоношения и темпы созревания урожая при разных условиях минерального питания и светового режима.

Начиная с 1964 г. в лаборатории физиологии растений Всесоюзного научно-исследовательского института хлопководства (СоюзНИХИ) нами проводятся опыты по выращиванию хлопчатника без почвы на питательных растворах в целях изучения корневого питания данной культуры.

В задачу настоящего исследования входило:

1. Разработать применительно к хлопчатнику метод выращивания его в гидропонных условиях.
2. Изучить в условиях гидропонки влияние сроков посева и светового режима (густоты стояния) растений нахождение фаз развития и плодоношение хлопчатника.
3. Изучить потребность хлопчатника в элементах питания при высоких темпах роста и развитии растений;
4. Изучить последствие недостатка азота, фосфора и калия в разные фазы развития на плодоношение и урожай хлопчатника.

Методика и условия проведения опытов

Исследования проводились с 1964 по 1966 г.г.

Изучалось применение гидропонного метода на делянках (поддонах) с искусственной средой и в специальных сосудах с частой сменой растворов по методу гидропоники.

Для проведения опыта по выращиванию хлопчатника на делянках (поддонах) были построены железобетонные водонепроницаемые поддоны длиной 2,5—4 м, шириной 90 см и глубиной 45 см, заполненные гравием от 5 до 15 мм (более крупным по сравнению с рекомендуемым для овощных культур). Для повышения водоудерживающей способности среды к гравию добавляли в виде прослойки 10% крупного речного промытого песка. На перфорированную трубу, расположенную на дне поддона, был уложен слой крупного гравия размером 2—3 см высотой 12 см. Следующий слой заполняли гравием размером 5—15 мм. В верхней части в слое 15 см вносили гравийно-песчаную смесь и самый верх поддона слоем 5 см покрыт чистым мелким гравием для устранения испарения раствора. Гравийно-песчаная масса в поддонах была промыта двухпроцентной соляной кислотой для очистки поверхности гравия и песка от налета карбонатов. Затем гравий был многократно промыт артезианской водой.*

Для исследования питательного, водного и других факторов роста хлопчатника в 1965 году нами был применен метод выращивания хлопчатника в специальных сосудах с подачей растворов по методу гидропоники.

Устройство такой микрогидропонки состоит в следующем: группа сосудов из 4-х, составляющих вариант, соединены между собой гибкими резиновыми трубками. Затем они присоединены общим шлангом к металлическому баку с питательным раствором. Сосуды заполнялись мелким гравием с небольшой прослойкой в середине крупным кварцевым песком. Вес инертной массы в каждом сосуде отдельно составлял 35 кг. Бак объемом 50 литров заполнялся питательным раствором. Каждые 4 сосуда с одним питательным баком составляли один вариант 4-х кратной повторяемости.

Объектом изучения был хлопчатник сорта 108-ф, в каждом сосуде оставалось по 2 растения. Растения в поддонах размещались в рядках через 50 см по 2 растения в лунке.

Питательные смеси для выращивания хлопчатника гидропонным способом

Питательным раствором для гидропонки в поддонах была использована смесь (для хлопчатника), ранее разработанная

* Гравий состоит из обломков (галечников) гранита, порфира, туфов, конгломератов, известняков др.

М. А. Белоусовым. Состав питательного раствора в течение вегетации меняли в соответствии с потребностями хлопчатника по фазам развития. Этот раствор по составу солей отличается от питательных растворов, рекомендуемых для овощных и других культур, более высокой концентрацией азота и фосфора и относительно меньшим содержанием калия.

Состав питательных растворов и изменение их по фазам развития хлопчатника приведены в таблице 1.

Таблица 1
Дозы основных элементов питания в мг/л и их соотношение в питательных растворах
(сумма N, P₂O₅, K₂O = 100)

Фазы развития	Доза, мг/л					Соотношение, %		
	N-NH ₄	N-NO ₃	всего азота	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Всходы—2—3 настоящих листочка	33	30	63	01	52	29,2	46,7	24,1
2—3 листочка—начало бутонизации	19	65	134	150	141	31,5	35,3	33,2
Бутонизация	101	90	191	200	200	32,0	33,5	34,5
Цветение	122	100	222	200	245	33,3	30,0	35,7
Массовое плодообразование	116	72	178	200	265	27,7	31,1	41,2
Созревание	106	72	178	200	300	26,3	29,5	41,2

Питательный раствор составлен из разных минеральных солей.

Из азотных применяли аммиачную селитру, калийную селитру и сульфат аммония. Необходимая концентрация фосфорной кислоты создавалась сложным удобрением—калий-аммоний-фосфат (КАФ), содержащим P₂O₅—50, K₂O—19,6 и N—6%. В отличие от суперфосфата высокопроцентная фосфорная соль КАФ не содержит кальция и недостаток его в растворе восполнялся внесением в поддон сернокислого кальция в дозе 5 м экв на 1 л раствора.

Калий и магний в раствор вносили в виде сернокислых солей и железа в хлористой соли. Борной кислоты и марганца сернокислого вносили в раствор 2 мг/л, меди сернокислой—0,3 мг, цинка сернокислого—0,5 мг, молибденовокислого аммония—0,3 мг, кобальта азотнокислого—0,1 мг и йодистого калия—0,1 мг/л.

Для выращивания хлопчатника в микрогидропонике использовалась разработанная М. А. Белоусовым питательная смесь для песчаных культур хлопчатника. (аммиачная селитра—18, монофосфат калий—6, сернокислый и хлористый калий—5 м экв. на 1 л.)

В начале вегетации раствор подавался в поддоны 2—3 раза, а в период мощного развития хлопчатника увлажнение доходило до 5—6 раз в сутки.

Через каждые три дня проверялось содержание в растворе азота, фосфора и калия. Если поплодевшая часть питательных элементов превышала 30% от исходной концентрации, соответствующие соли в растворе доводились до нормы. Через каждые 8—10 дней в начале, а позднее через 12—15 дней проводилась смена раствора. Реакция питательного раствора поддерживалась в пределах от рН 6,4 до рН 6,8.

Растительные образцы для химических анализов отбирали в фазу проростков, в фазу начала и массовой бутонизации, в фазу цветения, плодообразования и в конце вегетации. Растения фиксировали горячим паром в аппарате Коха. В конце вегетации в отдельных вариантах отмывали корневую систему хлопчатника для определения сухой массы и содержание питательных элементов.

В растительных образцах определялось: общий азот по Гинзбург, Щегловой и Вульфнус (1963); нитратный азот—по Гранвальд-Ляжу; аммиачный азот—реактивом Несслера. Калий—на пламенном фотометре. Аммиачный азот—по Бояркину, белковый азот—по Барништейну.

Фомы соединенный фосфора—по Соколову, состав аминокислот—методом бумажной хроматографии. рН раствора определялась на приборе Алямовского.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Рост и развитие хлопчатника в условиях гидропоники

Рост и развитие хлопчатника, выращенного в гидропонике, сравнивался с хлопчатником, выращенным на полевой делянке. При наиболее благоприятном сочетании воздушного и теплового режимов ростовые процессы хлопчатника в гидропонике проходят значительно быстрее, чем на полевой делянке.

У растений, выращенных на делянках с искусственной средой, бутонов, завязей и коробочек образовалось в несколько раз больше, чем на растениях, росших на полевой делянке. Кусты были крепкими с устойчивым стеблем, с хорошо развитыми плодовыми ветвями и крупными листьями.

В таблице 2 приводятся данные сравнительного учета роста и развития хлопчатника в гидропонике и на полевой делянке.

Как видно из данных таблицы, что несмотря на поздний

посев, к 1-му августа высота хлопчатника на гидропонике достигла 103 см, а на полевом участке всего лишь 79 см, количество коробочек у хлопчатника на гидропонике было 16,6, а на полевой делянке—только 2,4. К 13 августа у хлопчатника в гидропонике число коробочек увеличилось до 27, а у хлопчатника на полевой делянке—всего 6 коробочек.

Обращает особое внимание прохождения фаз развития у хлопчатника на гидропонике по сравнению с хлопчатником полевого участка (табл. 2).

Хлопчатник контрольного варианта закончил свою вегетацию за 106 дней, а хлопчатнику на полевой делянке (посев 30. IV) потребовалось 128 дней. Замедление развития хлопчатника на полевом участке особенно ярко проявилось в периоды от цветения до раскрытия первой коробочки.

Начальные фазы развития хлопчатника позднего посева (24 мая - 24 июня) протекали значительно быстрее, а конечные намного затягивались. Здесь ярко проявилось влияние температуры воздуха. Начальные фазы у растений позднего посева проходили при повышенных температурах, а в период формирования коробочек температура воздуха значительно снизилась.

Сравнительное измерение листовой поверхности хлопчатника, выращенного в гидропонике и на полевом участке показало, что размер листовой поверхности у первых в 2-2,5 раза больше, чем у растений полевого опыта.

Было определено образование сухой массы органического вещества отдельными органами хлопчатника по основным фазам его развития. К периоду массового раскрытия коробочек при густоте стояния 8 растений на 1 м² гидропонике (или 80 тыс. растений на га) хлопчатник образует, в пересчете на 1 га, растительную массу равную 37,6 тонн сухого вещества, из которого хлопок - сырец составляет 15,1 тонны.

В таблице 3 представлен урожай хлопка-сырца в зависимости от сроков посева и густоты стояния хлопчатника.

Как видно из данных таблицы 3, наилучшие условия создавались для образования коробочек при раннем посеве (контрольный вариант) хлопчатника. Урожай хлопка-сырца в этом варианте получен 221 г на 1 растение. Урожай на 1 кв. м поддона собран от 1,7 до 1,8 кг, при пересчете на гектар урожай хлопка-сырца равен в среднем 170-180 ц/га, если учесть площадь, занимаемую дорожками между делянками с хлопчатником, то урожай на общую площадь гидропонки равен 80-90 ц/га.

Из таблицы также видно, что чем позднее срок посева, тем ниже получается урожай хлопка-сырца (вар. 4 и 5). Это объ-

Таблица 2

Учет роста и развития хлопчатника в условиях гидропоники

Опыт 1964 г.

Вариант	Учет роста и развития до 1 VIII				Учет на 13 VIII				Прохождение фаз развития, дней				
	высота в см	смподнев	м и поднев	количество коробочек	кавалер	булонтя	Учет на 13 VIII	количество коробочек с 1 коробочкой	от посева до 80% цветения	до 80% цветения	до 80% цветения	до 80% цветения	до 80% цветения
1 Посев 4 мая—контроль.	103,0	16,9	2,6	16,6	10,0	6,5	27,0	10,4	38*	24	41	104	104
2 " 24 мая	109,0	15,5	1,9	2,5	8,5	—	22,7	20,2	27	24	58	101	101
3 " 24 июня	—	—	—	2,4	—	—	начало цвет.	6,0	36	25	68	117	117
4 " 30 апреля, полевой участок	79,8	—	—	—	—	—	—	—	—	30	62	118	118

* Предварительно выращенные и полистирольных стаканов задержало прохождения начальных фаз развития.

Таблица 3.

Урожай хлопка-сырца в зависимости от сроков посева и густоты стояния хлопчатника, г на 1 растение. Опыт 1965 г.

№№ п/п	Варианты	Количество коробочек		Средний вес коробочек, г	Урожай хлопка-сырца, г		Урожай с 1 кв.м. поддона, кг
		всего	из них включенных		общий	в том числе (недо развитый)	
1	Посев 23—IV, густота стояния 8 растений на 1 м ² , контроль	34,5	2	6,4	221,0	5,0	1,768
2	Посев 23—IV, густота стояния, 12 растений на 1 м ²	25,6	5	6,5	145,6	11,7	1,750
3	Посев 23—IV, густота стояния 4 растений на 1 м ²	48,6	8	6,3	282,2	21,7	1,128
4	Посев 15 мая, густота стояния 8 растений на 1 м ²	29,5	4	6,7	179,6	19,0	1,435
5	Посев 25 мая густота стояния 8 растений на 1 м ²	24,9	3	6,7	158,2	10,1	1,265
6	Посев 20 апреля, густота стояния 9,5 раст. на 1 м ² , полевая делянка	8,0	—	6,0	46,7	0,4	0,446

$m \pm 0,28 \text{ г}$ $md \pm 0,39 \text{ г}$

ясняется тем, что у хлопчатника позднего посева образование завязей и формирование коробочек наружных конусов плодоношения проходит поздно в период пониженной температуры воздуха и с ослабленной синтетической деятельностью листьев и коробочки не успевают дозревать.

При пересчете на единицу площади поддона получен самый высокий урожай при густоте стояния 8 растений на 1 м² (1,77 кг) наименьший — при 4 растениях на 1 м² (1,13 кг).

Определение технологического качества волокна как в 1964, так и 1965 г. показало, что при выращивании хлопчатника гидропонным способом не ухудшаются показатели технологии волокна.

В таблице 4 приведены результаты анализа хлопчатника в конце вегетации на вынос питательных элементов отдельными органами и в целом всем растением. Определен вынос растениями хлопчатника, выращенного в разные сроки посева и при разной густоте стояния. При высоких урожаях в гидропонике, вынос подземными органами 1-го растения составил на контрольном варианте азота 8,9 г, фосфора 4,5 г и калия 10,11 г.

На основании данных анализа растений определялось соотношение поглощенных хлопчатником питательных элементов,

Таблица 4

Вынос питательных элементов хлопчатником в зависимости от сроков посева и густоты стояния растений, г на 1 растение

Варианты	Азота				Фосфора				Калия						
	опавшие рас- тения без хлопков-сир- ном	целик расте- нием	хлопок-сире- н % от всего растения	опавшие рас- тения без хлопка-сирца	хлопок-сир- ном	целик расте- нием	хлопок-сире- н % от всего растения	опавшие рас- тения без хлопка-сирца	хлопок-сир- ном	целик расте- нием	хлопок-сире- н % от всего растения	опавшие рас- тения без хлопка-сирца	хлопок-сир- ном	целик расте- нием	хлопок-сире- н % от всего растения
1 Посев 23.VI, густота сто- яния 8 растений на 1 м ² , контроль	3,727	5,17	8,901	58,0	2,204	2,287	4,491	50,9	7,897	2,210	0,497	21,8			
2 Посев 23.IV, густота сто- яния 12 растений на 1 м ² .	2,016	2,869	4,885	58,7	1,105	1,369	2,474	55,3	3,016	1,275	5,191	24,5			
3 Посев 23.IV, густота сто- яния 4 растения на 1 м ² .	4,614	5,826	10,440	55,7	2,387	2,681	5,068	52,9	9,732	2,892	2,621	22,9			
4 Посев 15.V, густота сто- яния 8 растений на 1 м ²	2,740	3,695	6,406	57,2	1,552	1,661	3,213	51,7	6,085	1,751	7,836	22,3			
5 Посев 25.V, густота сто- яния 8 растений на 1 м ² .	2,267	3,387	5,654	59,0	1,234	1,487	2,721	54,6	6,167	1,561	7,728	20,2			

оно составило 1:0,5:1,3. Соотношение элементов в растениях, взятых из полевого опыта составило 1:0,3:0,8—1,0. Из сопоставления соотношений поглощенных питательных веществ хлопчатника, выращенного в полевых условиях и в гидропонике видно, что при высокой энергии роста в искусственной среде у растений возрастает потребность в фосфорном и калийном питании.

Представляет интерес проведенные нами пересчеты потребления питательных элементов хлопчатника с делянок гидропоники на гектарную площадь с густотой стояния в 60 тыс. растений (контроль). Вынос азота при этом составил 534 кг, фосфора 270 кг и калия 607 кг. В пересчете на одну тонну урожая хлопчатника потребление составило азота 40,2 кг, фосфора—20,3 кг и калия—45,8 кг. Из этих данных видно, что при высоких урожаях и применении повышенных концентраций питательных элементов с начальных фаз развития до конца вегетации не приводит к вегетативному израстанию растений, вырастают кусты хлопчатника с хорошо развитым плодоношением. Вынос азота нормально развитых растений при высоком урожае не превышает такого выноса хлопчатника на полевых опытах.

Как и следовало ожидать при поздних посевах с укороченным вегетационным периодом, потребление хлопчатником питательных элементов значительно сокращается (вар. 4 и 5).

Поглощение питательных элементов растениями хлопчатника с одного квадратного метра составило при 4-х растениях азота 41,76 г, фосфора—20,27 г и калия—50,49 г. При 8 растениях на 1 м² поглощено азота 71,21 г, фосфора—35,93 г и калия—80,87 г. При 12 растениях на 1 м² поглощено азота 58,62 г, фосфора—29,69 г и калия—62,29 г.

Как видно из результатов анализа при хорошо развитых растениях хлопчатника наиболее эффективно питательный раствор используется при густоте 8 растений на 1 м² и недостаточно полно—при 4-х растениях.

Развитие и плодоношение хлопчатника при резком снижении азота, фосфора и калия в отдельные фазы развития от прорастания семян до начала цветения

Необходимо подчеркнуть, что биологические потребности растений в элементах питания, как и в других факторах внешней среды, в течение периода вегетации не остаются постоянными. Выяснение этих закономерностей позволяет, с одной стороны, глубже понять физиологическую роль каждого элемента, а с другой—показать, когда растение наиболее требовательно к

определенным элементам минерального питания и в какое время резкое снижение питательных веществ оказывает наибольший вред.

Вопросам критических периодов в питании хлопчатника посвящены исследования Л. Л. Голодковского, 1937; О. Ф. Туевой, 1937; В. П. Цивинского, 1939; С. А. Кудрина и Н. М. Мальцевой, 1939; М. А. Белоусова, 1960; Х. Х. Епплсева, Н. Г. Туйчиева, 1964 и др.

В задачу нашего исследования входило изучить при изменяющейся концентрации в составе азотно-фосфорного и калийного питания хлопчатника в начальные периоды роста, поступление питательных элементов и вступление их в метаболизм растений.

Как показывают данные таблицы 5, снижение в питательном растворе до 0,1 нормы азота и фосфора от всходов до начала бутонизации отрицательно влияло на рост и развитие хлопчатника (вар. 2 и 3). Растения этих вариантов были сильно угнетены, отставали в росте и в образовании репродуктивных органов. Особенно сильно угнетались растения с низким фосфором.

Снижение концентрации азота и фосфора в растворе в фазу бутонизации также резко влияло на рост и развитие растений. Особенно сильно угнетались и отставали по росту и развитию растения с низким азотом (вар. 5). К концу вегетации на растениях этого варианта было получено на 12 коробочек меньше, по сравнению с контрольным вариантом.

Как видно из данных таблиц 5 хлопчатник, выращенный при низких концентрациях калия до бутонизации (вар. 4), мало отличался от контрольных растений, даже имел некоторое преимущество по образованию коробочек. Ограниченное калийное питание с бутонизации заметно снижало количество коробочек и урожайность хлопчатника (вар. 7).

В фазу начала бутонизации вес растений по фосфору составил 0,75 г, по азоту—1,10 г, при весе растений в контрольном варианте равном 2,45 г. Особый интерес представляет вес растений в 4-м варианте при снижении концентрации калия в растворе, в отличие от азота и фосфора, они имели вес даже больший, чем растения контрольного варианта.

При недостатке азота и фосфора содержание их в растениях упало в начале бутонизации—азота до 2,67% фосфора до 0,36% при содержании в контроле соответственно 4,17% и 0,91%. При недостатке калия содержание его в сухом веществе снизилось до 1,20%; вместо 2,55% в контроле, но это, как было показано выше, не отразилось на ростовых процессах молодых растений хлопчатника.

Нарушение нормального режима азотного и фосфорного

Таблица 5
Влияние снижений питательных элементов в начальные фазы развития на урожай и поглощение питательных элементов хлопчатником

№ п/п	30/VI, массовая бутонизация				30/VII, массовое плодолоб-разование					Общий урожай хлопка-сырца с растения				Поглощено хлопчатником, г		
	Высота, см	Статолония	Оутоноп	Высота, см	коэффициент					Коробочек	вес	1 и 2 ст-ры в % от общ. ур-ка	азота	фосфора	калия	
					листв	коробочек	чск	завязи	бутонов							
1	29,0	6,6	10,7	105,1	17,0	13,1	4,5	47,5	29,4	185,6	94,5	7,985	3,516	5,901		
2	28,2	4,3	5,8	102,6	15,0	6,8	2,9	44,5	26,2	65,8	74,4	6,424	3,319	4,741		
3	12,6	4,3	4,7	82,5	15,0	6,5	2,0	40,8	25,6	172,2	63,9	6,159	3,299	5,180		
4	32,3	7,0	8,3	105,0	14,8	11,6	3,6	41,6	30,6	174,8	86,2	7,334	3,535	6,127		
5	24,7	6,3	10,1	78,0	14,4	13,2	3,0	19,2	18,6	104,3	100,0	4,350	2,302	4,589		
6	29,1	6,3	7,1	103,5	17,0	13,0	3,8	38,6	29,4	186,0	97,0	6,729	3,271	5,255		
7	30,7	6,7	11,7	105,8	17,0	11,7	3,8	38,0	24,0	159,3	95,2	6,683	3,416	5,385		

*) Во всех вариантах посев 20 мая

$m = \pm 0,49$ г/госуд

$m = \pm 0,69$ г/госуд

питания до бутонизации резко отразилось на накоплении органического вещества. Особенно отстали по сухому весу растения с низким фосфором.

Снижение концентрации азота до 50 мг на литр в растворе питательной среды наиболее резко проявилось в фазу от бутонизации до начала цветения (вар. 5). Урожай хлопка-сырца уменьшился на 1 растение на 81,3 г при контроле 185,6 г. Резкое снижение проявилось не только на урожае хлопка-сырца, но в равной степени уменьшился вес листьев и стебля хлопчатника.

Резкое снижение концентрации калия в питательном растворе от всходов до бутонизации не сказывается на образовании общей массы растения, но, по сравнению с контролем, происходит уменьшение веса хлопка-сырца. То же самое наблюдается при снижении концентрации калия в растворе от бутонизации до начала цветения.

Наилучшее технологическое качество волокна хлопчатника получено на контрольном варианте. Временное нарушение условий азотно-фосфорного и калийного питания хлопчатника в начальные периоды роста отрицательно сказалось на качестве волокна. Особый интерес представляет вар. 4. Как известно, эти растения, несмотря на ограниченное калийное питание до бутонизации, росли и развивались нормально, даже несколько лучше, чем растения на контроле. Однако, при ограничении в питании хлопчатника калием от всходов до бутонизации происходит нарушение физиологических процессов, отрицательно влияющих на формирование коробочек и урожайность хлопчатника. В результате получен хлопок-сырец с худшим качеством волокна.

Вегетативные и репродуктивные части хлопчатника по всем вариантам опыта в конце вегетации анализировались на содержание в них общего азота, фосфора и калия. Было отмечено, что временное снижение азота в питательной смеси в начальные сроки вегетации заметно сказалось на уменьшении его в стеблях, створках и не проявилось на процентном содержании азота в листьях, за исключением 2-го варианта.

Интересно отметить, что временное снижение азота, фосфора и калия в питательной среде в начальные периоды развития, способствовало повышению содержания калия в створках хлопчатника.

Нарушение калийного питания в начальные фазы развития хлопчатника не проявилось на химизме растений.

Нарушение азотного, фосфорного и калийного питания в начальные периоды развития хлопчатника отрицательно влияло на вынос питательных элементов, за исключением 4-го варианта (табл. 5).

Потребность хлопчатника в питательных веществах в периоды цветения, плодообразования и созревания.

Хлопчатник, растение с очень растянутым периодом цветения и созревания и изучение особенности питания его в эти периоды особенно важно.

В своих исследованиях многие авторы (С. А. Кудрин, 1948, О. Ф. Туева, 1946; П. В. Протасов, 1961; Н. А. Тодоров и А. Н. Нешина, 1954; М. А. Белоусов, 1964; М. Х. Чайлахян, 1944, 1945; Н. М. Эйдельмант, 1954, У. Ерматов, 1964 и др.) уделяли большое внимание на изучение особенно азотного питания в период цветения и плодообразования и пришли к выводу, что исключение азота в фазу цветения сокращает продолжительность цветения и плодообразования хлопчатника, снижает общее число коробочек и увеличивает процент опавших плодоземелетов, вследствие чего снижается и общий урожай хлопчатника.

На основании многих исследований известно, что в период формирования коробочек процессы распада органических соединений в вегетативных тканях растения преобладают над процессами синтеза и продукты распада используются хлопчатником на образование коробочек. Размер реутилизации питательных веществ меняется в зависимости от предшествующих условий питания, возраста растения, обеспеченности другими питательными элементами и т. п. В связи с этим при выращивании хлопчатника важно знать, на какой стадии формирования коробочек можно прекратить подачу основных питательных элементов из почвы и дальнейшее наращивание коробочек будет проходить за счет процесса вторичного использования нужных элементов. Не ясны эти возможности при получении высоких урожаев, когда вырастает у хлопчатника мощная вегетативная масса, с мощной листовой поверхностью.

В задачу наших исследований в микрогидропонике входило изучить потребность хлопчатника в питательных веществах на разных этапах формирования урожая, начиная с периода цветения и кончая созреванием урожая. (табл. 6).

Учетом роста и развития хлопчатника с начала цветения и до периода массового открытия коробочек было выявлено, что наряду с усиленным плодообразованием, проходил активный рост вегетативных частей растения. Высота стебля за этот период увеличивалась по вариантам от 25 до 45 см., плодовых ветвей дополнительно образовалось на растении 3--4. Подкадные учеты плодообразования показали на необычные для полевых условий темпы формирования коробочек. В период наиболее быстрого

4-3670

Таблица 6

Связи опыта, влияние снижения концентрации питательных элементов в растворе в период цветения-плодообразования на рост, развитие и урожайность хлопчатника

№ № вариантов	Изменение состава питательной смеси от начала цветения до конца вегетации				Урожай хлопка-сырца по конусам цветения					Общая урожайность 1-го растения		16 IX к-во коробочек		опадение завязей и бутон, %
	от начала до 30 дней цветения	от 30 до 50 дней цветения	от 50 дней цветения до конца вегетации	веташни	1 2 конус		3 4 конус		5 и остальн.		всего	из них раскрытых		
					количество коробочек	вес, г.	количество коробочек	вес, г.	количество коробочек	вес, г.				
1	1,0	1,0	1,0	1,0	7,7	55,6	15,4	112,6	18,2	107,6	41,3	18,0	49,3	
2	1,5	1,5	1,5	1,5	8,3	54,9	16,2	115,7	23,8	137,4	43,1	15,1	31,0	
3	1,0	1,0	0,25	0,25	7,3	46,2	12,5	91,5	18,2	98,1	38,1	12,1	42,0	
4	1,0	1,0	0,25	0,25	6,6	45,8	13,7	104,8	19,2	120,2	39,5	14,0	44,0	
5	0,25	0,25	1,5	1,5	8,1	57,7	11,1	80,0	8,6	43,8	27,8	13,8	60,0	
6	1,0	1,0	N	N	8,8	63,8	15,2	109,2	4,3	30,1	28,3	18,4	61,6	
7	1,0	1,0	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅	8,7	57,8	14,3	107,8	10,3	62,0	33,3	14,5	47,9	
8	1,0	1,0	K ₂ O	K ₂ O	7,3	47,2	11,3	82,7	12,0	48,2	30,6	12,4	55,0	
9	1,0	1,0	N	N	8,3	63,1	15,8	124,9	11,1	71,7	35,2	15,7	40,0	
10	1,0	1,0	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅	9,0	64,1	13,9	102,6	15,1	88,1	38,2	18,8	49,4	
11	1,0	1,0	K ₂ O	K ₂ O	8,3	53,8	15,6	115,7	14,6	89,4	38,5	16,0	44,2	

m ± 0,35 г/конус ml ± 059 г/конус

формирования коробочек с 24 июля по 5 августа за 11 дней на кустах хлопчатника образовалось, по вариантам опыта, от 15 до 20 коробочек.

При учете накопления коробочек на 15.IX было установлено (табл. 6) наибольшее количество их в варианте с полуторной нормой питательных элементов, поддерживаемой в растворе от начала цветения и до массового раскрытия коробочек (вар 2).

Растения выращиваемые на низкой концентрации питательной смеси в течение 30 дней от начала цветения (вар. 5) отстали на 13,5 коробочек по сравнению с контрольным вариантом. Сильное отрицательное действие на образование коробочек и накопление растительной массы сказалось у растений, не получивших азота после 30 дней от начала цветения, они отстали на 13,0 коробочек.

Растения, не получившие фосфора и калия в период плодообразования (вар. 7,8), по образованию растительной массы, по росту и по накоплению коробочек отстали от контроля, но меньше по сравнению с растениями, не получившими азота.

При учете опадения плодоземелентов было установлено, что наибольшее опадение завязей наблюдалось в тех вариантах, где исключались из питательной смеси в отдельности азот, фосфор или калий от начала цветения на 30-й или 50-й день.

При резком снижении концентрации питательного раствора с начала цветения в течение 39 дней снизился урожай хлопчатника одноплодного растения на 94,3 г, исключение азота, фосфора и калия с 30-го дня после цветения снизило урожай соответственно на 72,7, 47,8 и 77,7 г. Заметное снижение урожая получено также от исключения из питательной среды азота, фосфора и калия с 50 дня цветения (табл. 6).

Особый интерес представляет вариант 2, где растения получали с начала цветения до конца вегетации полуторную норму питательных веществ, при наличии 48,3 коробочек в среднем на одно растение урожай хлопчатника-сырца повысился до 308 граммов.

При анализе сырца на технологические качества волокна было отмечено, что снижение концентрации питательных веществ с 30-го дня цветения заметно ухудшило качество волокна. Исключение из питательной смеси азота фосфора и калия, начиная с 50-го дня от начала цветения, оказало отрицательное действие на технологические показатели волокна коробочек 5-го конуса цветения.

Для определения общего потребления азота, фосфора и калия хлопчатником проведен полный анализ растений по всем вариантам опыта. Был отмечен наибольший вынос азота, фосфора

и калия при 1,5 норме питательных веществ от начала цветения до конца вегетации.

Исключение из питательного раствора азота, фосфора и калия с 30-го и 50-го дней цветения отрицательно сказалось на выносе хлопчатником этих элементов.

Рост и поглощение питательных элементов в начальные фазы развития хлопчатника в зависимости от форм азота в питательной смеси

Большое теоретическое и практическое значение имеет изучение влияния разных форм азотных удобрений на рост и развитие хлопчатника.

В работах Д. А. Сабвинна (1931); В. М. Иванова (1939); М. А. Белоусова (1964) и Г. И. Яровенко (1956) показано, что действие на растения разных форм азотного питания, в зависимости от условий внешней среды, проявляется по-разному.

В задачу нашего исследования входило изучить в условиях гидропоники отношение хлопчатника в начальные фазы раз-

Таблица 7

Содержание АРК в хлопчатнике в начале его роста в зависимости от внесения в питательную смесь различных форм азотных удобрений Микрогидропоника

№	Варианты	сухой вес 1 раст. г.	Содержание %			Поглощение, мг		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
5 б листочка								
1	Полная питательная смесь N—NH ₄ NO ₃ , контроль	0,5	4,369	0,855	2,550	22,0	4,3	13,0
2	Тоже, N—NO ₃	0,37	3,630	0,890	2,400	13,0	3,3	9,0
3	Тоже, N—NH ₄	0,52	4,455	1,285	2,775	23,0	6,7	14,0
4	Тоже, N—NH ₂	0,42	4,070	1,115	2,400	17,0	4,6	10,0
В бутонизацию								
1	Полная питательная смесь N—NH ₄ NO ₃ , контроль	2,45	4,165	0,907	2,550	102,0	22,0	62,0
2	Тоже, N—NO ₃	2,40	3,630	0,692	2,250	87,0	17,0	54,0
3	Тоже, N—NH ₄	2,70	5,170	1,250	2,100	139,0	34,0	57,0
4	Тоже, N—NH ₂	2,40	4,555	0,927	2,100	109,0	22,0	50,0

вития к формам азотных удобрений при наличии полной нормы фосфорного и калийного питания (табл. 7)

Результаты наблюдений за ростом показали, что в началь-

ную фазу развития хлопчатника (20.VI) наибольший рост растений был в варианте с аммиачной формой азота. К этому сроку высота растений в вариантах со смешанной и амидной формой была одинакова, а растения на нитратной форме отставали. Начиная с бутонизации растения на растворе с нитратной формой азота стали быстро расти.

Для характеристики общей направленности процессов в растении представляют интерес определения минерального азота в растительных тканях. В хлопчатнике, выращенном на питательной смеси с аммонийным азотом, содержалось много нитратного азота. Нитраты составляли около половины этой нормы азота по сравнению с растениями, выращенными на фоне нитратного азота в питательной смеси. Такая особенность в превращении азота наблюдалась нами и при исследовании азотного питания хлопчатника в период массового плодообразования.

Данные таблицы 7 показывают, что наибольшее количество азота, фосфора и калия было поглощено растениями, выращенными на аммиачной форме азота, наименьшее — на нитратном азоте.

Поглощение фосфора, а так же его метаболизм в растительном организме, зависит не только от обеспеченности растений азотом. Имеющиеся в литературе данные показывают, что различные источники азотного питания (окисления, восстановленная форма азота) также оказывают существенное влияние как на поглощение фосфора так и на его метаболизм. При этом в большинстве случаев указывается, что на аммиачном и амидном источниках азотного питания растения более интенсивно поглощают фосфор, чем при нитратной форме (В. Ф. Турчин 1936, 1940, 1940, 1964; М. А. Кураханов и др. 1956; Брон и др. 1944; Г. Н. Яровенко). Аналогичные результаты получены и в нашем опыте.

Из таблицы 7 видно, что наиболее интенсивно растения поглощали фосфор на аммиачном источнике азота и наименее на нитратной форме по сравнению с контрольным вариантом.*

Содержание и вынос питательных элементов растениями по фазам развития хлопчатника

В течение своего вегетационного периода хлопчатник, как и другие растения, проходят ряд разнокачественных этапов раз-

* Аммиачная, нитратная и амидная формы азота вводились в питательную смесь начиная с фазы 2—3 настоящих листочков.

вития начиная от всходов до полного созревания коробочек.

Особый интерес представляют наблюдения за накоплением сухой массы хлопчатником и поступлением азота, фосфора и калия в хлопчатник по фазам развития в условиях гидропоники.

Как видно из таблицы 8, что периодами максимального накопления органического вещества были: первый — от начала цветения до начала массового плодообразования и второй — от начала массового плодообразования до массового раскрытия коробочек. За время первого периода образовалось органической массы 45,5%, а в продолжении второго периода — 42,0%, следовательно, основная масса растительного вещества, определяющая урожай хлопчатника, создается с начала цветения и до массового раскрытия коробочек. При этом нельзя недооценивать прохождения ростовых процессов и развития хлопчатника в начальные фазы и в период бутонизации, когда закладываются и развиваются потенциальные возможности растительного организма хлопчатника, предопределяющие высокие темпы роста в последующие фазы развития растений.

Высокая активность ростовых процессов в начальные фазы развития может быть характеризована следующими данными (табл. 8) прироста органического вещества молодых растений. За время от начала бутонизации до массовой бутонизации за 16 дней сухой вес растений увеличился в 14 раз, а от массовой бутонизации до цветения — за 7 дней — в 2 раза. Такая высокая физиологическая активность ростовых процессов происходит у хлопчатника при наиболее благоприятном сочетании водного, питательного и воздушного режимов в корневом питании растений.

Результаты анализа растений на содержание питательных элементов в хлопчатнике по фазам развития показали, что в первую половину вегетации растительные ткани образуются с высоким процентом питательных веществ. Например, в фазу массовой бутонизации содержание азота в листьях достигает 3,21%, а в бутонах — 34,5%. С переходом хлопчатника в последующие фазы развития — в цветение, плодообразование растительные ткани становятся беднее содержанием азота и фосфора. К концу уборки урожая хлопка — сырья содержание питательных элементов во всех вегетативных органах снижается в 2 и более раз.

В таблице 8 дано поглощение азота, фосфора и калия растениями хлопчатника по фазам развития.

Значительный интерес представляет поглощение питательных элементов по фазам развития, выраженное в процентах к

Вынос питательных элементов по фазам развития хлопчатника, г на 1 растение

Опыт гидропоника в поддонах

№ п. п.	Фазы развития	Опыт гидропоника в поддонах						Всего	Всего нечистого
		Листья	Стебли	Створки	Плоды	Хлопок	Сар. и		
В ы н о с а з о т а									
1	4 настоящих листочка	0,0132	—	—	—	—	—	0,0132	0,0
2	Начало бутонизации	0,0549	—	—	—	—	—	0,0549	0,0
3	Массовая бутонизация	0,607	0,144	—	—	—	—	0,806	0,2
4	Цветение	0,992	0,355	—	0,7552	—	—	1,530	0,8
5	Массовое плодообразование	2,093	0,502	1,391	0,192	—	—	5,493	2,2
6	Массовое раскрытие коробочек	1,414	0,591	1,444	0,304	4,333	—	7,813	4,4
Ф о с ф о р а									
1	4 настоящих листочка	0,0092	—	—	—	—	—	0,0092	0,0
2	Начало бутонизации	0,0294	—	—	—	—	—	0,0294	0,0
3	Массовая бутонизация	0,226	0,1697	—	0,0320	—	—	0,328	0,0
4	Цветение	0,583	0,194	—	0,108	—	—	0,890	0,0
5	Массовое плодообразование	1,255	0,387	0,675	0,159	0,629	—	3,105	0,0
6	Массовое раскрытие коробочек	1,252	0,408	1,066	0,314	1,791	—	4,831	0,0
К а л ь									
1	4 настоящих листочка	0,0124	—	—	—	—	—	0,0124	0,0
2	Начало бутонизации	0,1570	—	—	—	—	—	0,1570	0,0
3	Массовая бутонизация	0,581	0,312	—	0,0492	—	—	0,942	0,0
4	Цветение	1,118	0,741	—	0,175	—	—	2,034	0,0
5	Массовое плодообразование	3,542	1,966	1,945	0,249	0,987	—	8,719	0,0
6	Массовое раскрытие коробочек	4,192	0,557	4,058	0,540	2,307	—	11,508	0,0

общему потреблению элементов хлопчатником в конце вегетации. Ко времени массовой бутонизации растения хлопчатника поглощают азота—14%, фосфора—7%, и калия—9%. С наступлением цветения хлопчатник потребляет азота—28%, фосфора—19%, и калия—18%. В массовое плодообразование соответственно азота—70,3%, фосфора 68,0% и калия—76,0%.

С периода массового плодообразования и до раскрытия коробочек также идет значительное поглощение элементов азота поступает в растения—29,7%, фосфора—32% и калия—24%. В период созревания перед раскрытием коробочек больше всего поступает в коробочки фосфора, повышенное поглощение его требуется для созревания семян.

В Ы В О Д Ы

1. Сравнительные учеты роста и развития хлопчатника, выращенного в гидропонике и на полевой делянке показали, что в искусственной среде при полном удожествлении растений питательными веществами и водой, при наиболее благоприятном сочетании воздушного и теплового режимов ростовые процессы хлопчатника проходят значительно ускореннее, чем на полевой делянке.

2. Большие различия отмечены в накоплении общей массы растительного вещества и в плодоношении. У растений, выращенных на делянках в искусственной среде бутонов, завязей и коробочек образовалось в несколько раз больше, чем на растениях, росших на полевой делянке.

У хлопчатника на гидропонике (контроль) при наличии 34,5 коробочек урожай хлопка-сырца получен в размере 221 г на 1 растение и с 1 кв. м поддона собран от 1,7 до 1,8 кг хлопка-сырца.

Если учесть световую площадь, занимаемую дорожками между отдельными делянками с хлопчатником, то урожай на 1 м² гидропоники будет равен 0,8-0,9 кг. При таком мощном развитии растений не ухудшились технологические качества волокна хлопчатника.

В условиях гидропоники чем позднее срок посева, тем ниже урожай хлопка-сырца и заметно ухудшается качество волокна.

3. Сравнительное измерение листовой поверхности хлопчатника, выращенного в гидропонике и в полевом опыте показало, что размер листовой поверхности в первом случае в 2-2,5 раза был больше, чем у растений на полевом участке.

4. При изучении в условиях гидропоники влияния светово-

го режима на рост и плодоношение хлопчатника при густотах стояния 4,8 и 12 растений на 1 м² поддона выявлено, что наиболее продуктивно площадь питания использовалась при 8 растениях по сравнению с 4-мя на 1 м². При увеличении густоты стояния до 12 растений на 1 м² приводит к сильному снижению продуктивности фотосинтеза, задержке развития стебля растения и к ослаблению его устойчивости.

5. Результаты анализа хлопчатника в конце вегетации на вынос питательных элементов отдельными органами и целым растением показали, что при высоких урожаях в гидропонике вынос надземными органами хлопчатника составил на контрольном варианте азота 8,90 г, фосфора — 4,50 и калия — 10,11 г.

6. Потребление хлопчатником питательных элементов по фазам развития составило: до массовой бутонизации — азота 14%, фосфора — 7 и калия — 9%. С наступлением цветения потребление питательных элементов возрастает по азоту до 28, фосфору — 19 и калию — 18%, к массовому плодообразованию поглощение поднимается по азоту до 70,3, фосфору — 68,0 калию до — 76,0%. Как видно, с периода массового плодообразования и до раскрытия коробочек продолжается еще активное потребление хлопчатником азота, фосфора и калия, достигающее 30–25% от общего выноса растениями.

При анализе полевых растений в конце вегетации при урожае хлопка-сырца в пределах 35–40 ц/га соотношение азота, фосфора и калия представляется в следующих величинах 1,0:0,3:0,8–1,0. При выращивании хлопчатника в условиях гидропонки в получении урожая, превышающего в 4–5 раз по сравнению с полевыми условиями, соотношение азота, фосфора и калия представилось в следующем виде: 1,0:0,6:1,3. При высоких урожаях, как следует из приведенных данных, значительно повышается поглощение растениями, по отношению к азоту, фосфора и калия.

7. Резкое снижение в питательной смеси азота, фосфора и калия в начальные фазы развития отрицательно сказалось на росте и плодоношении хлопчатника. Последствием недостатка питательных элементов замедляло наступление фаз цветения и раскрытия коробочек. При этом значительно ухудшились показатели технологии волокна и отрицательно сказалось и на выносе питательных элементов в конце вегетации.

8. Изменение условий азотного, фосфорного и калийного питания хлопчатника на разных этапах формирования урожая, начиная с начала цветения и кончая раскрытием коробочек отрицательно сказалось на накоплении органической массы, на

плодоношении и урожайности хлопчатника. Это показывает, что при получении высокого урожая при создании его на 5 и более конусах цветения, поступление питательных элементов и их использование на построение урожая не прекращается после 30—50 дней от начала цветения. Вторичное использование элементов питания в результате их оттока из вегетативных органов не может удовлетворять высокие темпы образования новых и созревания ранее сформировавшихся коробочек.

9. Искусственные делянки с песчано-гравийной средой (гидропоника) являются весьма перспективным методом для проведения исследований по физиологии корневого питания и других важных вопросов биологии роста и развития хлопчатника.

10. Результаты исследований на делянках с искусственной средой приближают нас к полевым условиям и являются важной основой для проверки в производственных условиях намеченных путей получения высокого урожая хлопка—сырца.