

УЗБЕКСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК

Узбекский ордена Ленина и ордена Дружбы народов  
научно-исследовательский институт хлопководства  
(УзНИИХ)

На правах рукописи

ПУЛАТОВ КАМИДЖАН

ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ КУКУРУЗЫ НА СИЛОС НА  
ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ КАЗАХСТАНА

Специальность 06. 01. 02 — Мелиорация  
и орошаемое земледелие

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Ташкент — 1994

Работа выполнена в Жамбылском гидромелиоративно-строительном институте в 1989 - 1991 гг.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ - доктор технических наук  
МУСТАФАЕВ Ж. С.

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ:

Заслуженный ирригатор Узбекистана, заслуженный деятель науки ККАССР, доктор технических наук, профессор РАХИМБАЕВ Ф. М.

Кандидат сельскохозяйственных наук МАЛАБАЕВ Н. М.

Ведущее предприятие - НПО САНИИРИ

Защита диссертации состоится " 28 " *февраль* 1994 г.

в 13 ч. на заседании специализированного совета Д. 020.44.21 по присуждению учёной степени доктора и кандидата сельскохозяйственных наук в Узбекском ордена Ленина и ордена Дружбы народов научно-исследовательском институте хлопководства (УзНИИХ) по адресу: 702133, Ташкентская область, Кибрайский район, п/о Аккавак.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Аннотация разослана " 24 " *января* 1994 г.

Отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенный печатью, просим направить в адрес специализированного совета УзНИИХ.

Учёный секретарь  
специализированного совета,  
кандидат сельскохозяйственных наук

*Кашкарова* К. А.

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

I.1. Актуальность темы. Расширение посевов сельскохозяйственных культур на орошаемых землях, расточительное использование воды в агропромышленном комплексе и других отраслях производства, в сфере коммунального хозяйства привели к значительному росту дефицита водных ресурсов в Южном Казахстане. Поэтому одним из приоритетов любой хозяйственной деятельности, в том числе сельскохозяйственного производства, является всемерное снижение потерь воды и повышение эффективности её использования.

Регулирование водного режима почвы в течение вегетации сельскохозяйственных культур способствует оптимизации остальных факторов жизни растений и, следовательно, повышению урожайности. На поливных землях это достигается оптимальным режимом орошения, учитывающим почвенно-климатические условия и биологические особенности культур. Однако в настоящее время сельскохозяйственное использование значительной части орошаемых земель, неудовлетворительная организация полива и отсутствие дифференцированных поливных норм по фазам вегетации растений, невысокий технический уровень оросительных систем обусловили низкую урожайность кормовых культур, в том числе кукурузы.

В этой связи на орошаемых землях юга Казахстана особое внимание следует обращать на оптимизацию всего комплекса технологических приемов возделывания кукурузы на силос, причём, важное значение в нем имеет научное обоснование водопотребления этой культуры и разработка водосберегающих режимов орошения в зависимости от влагообеспеченности территории и уровня минерального питания.

I.2. Цель и задачи исследований. Основная цель исследований - изучить водопотребление и разработать ресурсосберегающую технологию орошения кукурузы на силос при программировании её урожая

в условиях юга Казахстана.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- устанавливались закономерности формирования урожая кукурузы на силос при различных режимах увлажнения почв и уровнях минерального питания;
- определялась потребность кукурузы в воде как по фазам развития, так и за период вегетации в целом;
- устанавливались взаимосвязи между водопотреблением, урожайностью кукурузы, температурой воздуха и испаряемостью;
- определялись основные параметры, фотосинтетической деятельности растений;
- изучался пищевой режим орошаемых почв при различных технологиях полива кукурузы на разных фонах удобрений;
- разрабатывались дифференцированные режимы орошения кукурузы на силос для юга Казахстана.

**1.3. Научная новизна и практическая ценность работы.** Впервые для условий сероземных почв Южно-Казахстанской области изучено влияние различных режимов увлажнения при различных уровнях минерального питания на формирование урожая кукурузы и его качество. Разработаны аналитические зависимости между суммарным и среднесуточным водопотреблением кукурузы, с одной стороны, и метеорологическими факторами - с другой; рассчитаны биоклиматические коэффициенты.

Практическая значимость работы заключается в том, что в условиях Южно-Казахстанской области разработан дифференцированный режим орошения кукурузы, выращиваемой на силос, в зависимости от влагообеспеченности территории и года. Его внедрение при прорывистой технологии водоподачи обеспечивает экономию поливной воды на 25 - 30 %.

**1.4. Внедрение.** Результаты исследований прошли производственную проверку и внедрены в колхозах и совхозах Южно-Казахстанской области на площади 1000 га и использованы при составлении "Рекомендаций по водосберегающей технологии орошения при программировании урожая сельскохозяйственных культур в условиях Шымкентской области" (Шымкент, 1992).

**1.5. Аprobация и публикации.** Основные положения диссертации доложены на научных конференциях Жамбылского гидромелиоративно-строительного института (Жамбыл, 1991), Казахского научно-исследовательского института водного хозяйства (Жамбыл, 1992) и Кыргызского сельскохозяйственного института (Бишкек, 1992).

По материалам диссертации опубликовано 6 работ в научно-производственных журналах и сборниках трудов, в том числе одно авторское свидетельство на изобретение и одна рекомендация.

**1.6. Объем работ.** Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов и предложений производству, изложена на 203 страницах машинописи, включает 63 таблицы, 12 рисунков, 11 приложений. Список использованной литературы включает 127 наименований, в том числе 7 иностранных авторов.

**1.7. Объект исследований.** Исследования проводились в опытном хозяйстве научно-производственного объединения "Шымкент" Сайрамского района Южно-Казахстанской области на сероземных почвах. Сорт кукурузы Казахстанская 43.

**1.8. Методика и условия проведения исследований.** Для решения поставленных задач нами в 1989 - 1991 гг. закладывались полевые опыты по схеме, приведенной в таблице 1.8.1. Повторность - четырехкратная, применялся метод расщепленных делянок с однофакторным систематическим размещением вариантов технологии полива и рандомизированным размещением вариантов по минеральному пи-

тания. Общая площадь опытного участка 36 га.

Таблица 1.8.1

Схема полевого опыта

| Номер<br>вари-<br>анта | Технология полива                       | Уровень минераль-<br>ного питания |
|------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|
| 1-1                    | Прерывистая подача воды через борозду   | Без удобрений                     |
| 1-2                    | То же                                   | $N_{150} P_{65} K_{40}$           |
| 1-3                    | То же                                   | $N_{170} P_{80} K_{40}$           |
| 2-1                    | Постоянная подача воды в каждую борозду | Без удобрений                     |
| 2-2                    | То же                                   | $N_{150} P_{65} K_{40}$           |
| 2-3                    | То же                                   | $N_{170} P_{80} K_{40}$           |
| 3-1                    | Постоянная подача воды через борозду    | Без удобрений                     |
| 3-2                    | То же                                   | $N_{150} P_{65} K_{40}$           |
| 3-3                    | То же                                   | $N_{170} P_{80} K_{40}$           |

Сроки полива определяли по наступлению заданной предполивной влажности (70 - 75 % НВ) в метровом слое почвы. Поливные нормы соответствовали дефициту влаги в расчетном слое, расход подаваемой в борозду воды - 1 л/с.

Дозы внесения минеральных удобрений и поливные нормы рассчитывали по разработанному алгоритму и программе на основе балансового уравнения на ЭВМ СМ-420 с учетом запланированной урожайности кукурузы и в соответствии с требованиями Методики опытного дела (Б.А. Доспехов, 1985) и "Программы и методики постановки опытов по программированию урожаев полевых культур" (ВАСХНИЛ, М., 1978).

В процессе исследований определяли механический и микроагрегатный состав, объемную и удельную массу, скважность и наименьшую влагоемкость почвы; содержание гумуса и элементов минерального питания (азота, фосфора, калия); динамику влажности почвы и суммарное водопотребление, в том числе расход грунтовых вод на эвапотранспирацию и среднесуточный расход воды.

Изучали солевой режим почвы, режим уровня и минерализации грунтовых вод, рост, развитие и густоту стояния растений; динамику накопления зеленой массы, учитывали урожай. Дана экономическая оценка технологии полива и уровня минерального питания.

Расчет суммы и состава токсичных солей производился по методу В.В. Егорова и Н.Г. Минашиной (1976), степень и тип засоления - по Н.И. Базилевич, Е.И. Панковой (1968).

Математическая обработка данных по урожайности проведена методом дисперсионного анализа по В.Н. Перегудову (1981).

При постановке опытов проведено обоснование типичности опытных участков с использованием стохастических приемов и вероятностных методов (В.В. Шабанов, Е.П. Рудаченко, 1971).

## 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Водно-физические свойства и пищевой режим почвы. Почвы опытных участков - средне - и тяжелосуглинистые обыкновенные сероземы с высоким содержанием илистых фракций, особенно во втором метре. Объемная масса в верхнем 60-сантиметровом слое составляет в среднем  $1,55 \text{ г/см}^3$ , в слое 0 - 100 -  $1,57 \text{ г/см}^3$ , удельная масса - соответственно 2,66 и  $2,67 \text{ г/см}^3$ , порозность - 42,2 % от объема почвы, наименьшая влагоемкость - 21,3 и 21,1 % к массе сухой почвы.

Под влиянием поливов и других агротехнических приемов почвы к концу вегетации уплотняются. Так, объемная масса в слое 0 - 60 см увеличилась в среднем с  $1,51 \text{ г/см}^3$  перед первым поливом до  $1,59 \text{ г/см}^3$  перед уборкой урожая, а общая порозность снизилась с 42,2 % до 40,3 %.

Почвы опытного участка характеризуются слабой водопроницаемостью - скорость впитывания за первый час перед закладкой опыта составила 0,055 м/ч, снизившись к концу вегетации на 8 - 10 %.

Пищевой режим почвы обуславливается сравнительно невысоким исходным плодородием, прежде всего по содержанию гумуса, валовых запасов азота и фосфора (в пахотном горизонте - соответственно 1,1 - 1,5 %, 0,10 - 0,13 % и 0,13 - 0,16 %), а также динамикой подвижных форм питательных элементов, окладывающейся под воздействием физико-химических процессов и микробиологической деятельности в почве, внесенных удобрений и выращиваемой культуры.

Не выявлено четко выраженной зависимости содержания нитратов и подвижных фосфатов от технологии орошения кукурузы, хотя нитраты частично перемещались оросительной водой из пахотного слоя

вглубь, но их количество увеличивалось в межполивной период. В то же время внесение минеральных удобрений способствовало повышению содержания нитратов в пахотном слое на 35 - 75 %, подвижных фосфатов - на 25 - 45 %.

2.2. Режим орошения и динамика влажности почвы в годы исследований имели особенности, которые определялись изменением водопотребления культуры при формировании урожая различного уровня в зависимости от технологии полива (табл.2.2.1).

Таблица 2.2.1

Поливной режим кукурузы на силос при различных технологиях полива по бороздам

| Технология орошения                     | Годы исследований | Кол-во поливов | Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га |        | Коэффициент равномерности увлажнения |
|-----------------------------------------|-------------------|----------------|----------------------------------------|--------|--------------------------------------|
|                                         |                   |                | нетто                                  | брутто |                                      |
| Прерывистая подача воды через борозду   | 1989              | 4              | 2070                                   | 2330   | 0,95                                 |
|                                         | 1990              | 5              | 2280                                   | 2410   | 0,97                                 |
|                                         | 1991              | 4              | 1950                                   | 2240   | 0,98                                 |
| Постоянная подача воды в каждую борозду | 1989              | 4              | 2650                                   | 3550   | 0,80                                 |
|                                         | 1990              | 5              | 2950                                   | 3650   | 0,90                                 |
|                                         | 1991              | 4              | 2820                                   | 3670   | 0,82                                 |
| Постоянная подача воды через борозду    | 1989              | 4              | 1830                                   | 2440   | 0,88                                 |
|                                         | 1990              | 5              | 2160                                   | 2660   | 0,91                                 |
|                                         | 1991              | 4              | 2110                                   | 2530   | 0,85                                 |

Заданный режим предполивной влажности почвы во все годы проведения исследований и на всех вариантах опыта в основном выдержан. Отклонения не превышали  $\pm 2,5$  % от НВ.

Исследованиями установлено, что влажность почвы на посевах кукурузы перед первыми поливами заметно снизилась, особенно в верхнем 0,5 - метровом слое. Иссушение почвогрунтов в межполивные периоды было наиболее сильным до глубины 60 см, а в слое 80 - 100 см амплитуда колебания влажности незначительная. В течение вегетации интенсивность иссушения почвы на всех вариантах увеличивалась от первого межполивного периода к последующим, что вызвано повышением общего расхода влаги кукурузным полем.

Проведенный анализ фактической глубины промачивания после полива показал, что она зависит от заданного режима предполивной влажности почвы и поливной нормы. Глубина промачивания была несколько больше при постоянной подаче воды в каждую борозду, но наибольшая равномерность увлажнения (0,95 - 0,98) отмечена при прерывистой подаче воды через борозду.

Анализ экспериментальных данных показал, что потребность кукурузы в оросительной воде в зависимости от технологии полива по бороздам в 1989 г. составила 2330 - 3560 м<sup>3</sup>/га, в 1990 г. - 2400 - 3650 м<sup>3</sup>/га и в 1991 г. - 2240 - 3670 м<sup>3</sup>/га. Поливные нормы колебались в пределах 600 - 900 м<sup>3</sup>/га, продолжительность межполивного периода - 12 - 15 дней.

Для поддержания предполивной влажности в пределах 70 - 75 % НВ в 1989 г. и 1991 г. потребовалось проведение 4 поливов средней нормой 700 - 800 м<sup>3</sup>/га, в 1990 г. - 5 поливов нормой 600 - 700 м<sup>3</sup>/га.

**2.3. Рост и развитие кукурузы.** Применение различных технологий полива и доз внесения минеральных удобрений создало разные условия (водный и пищевой режимы) для роста и развития кукурузы, обусловившие уже к фазе образования 7 - 8 листьев неодинаковую высоту растений. Эта разница сохранилась до конца фазы мо-

лочно-восковой спелости (табл. 2.3.1).

Таблица 2.3.1

Влияние технологии полива и нормы внесения минеральных удобрений на рост и развитие кукурузы (среднее за 1989 - 1991 гг.)

| Номер<br>вариан-<br>та | Высота растений по фазам развития, см |                                   |                                 |                      |                                  |
|------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------|----------------------------------|
|                        | Образова-<br>ние 3 - 4<br>листа       | Образование<br>7 - 8 листь-<br>ев | Выметыва-<br>ние и ме-<br>телки | Молочная<br>спелость | Молочно-<br>восковая<br>спелость |
| I - 1                  | 30,8                                  | 66,8                              | 121,2                           | 152,2                | 166,1                            |
| I - 2                  | 30,8                                  | 80,4                              | 234,3                           | 273,4                | 289,0                            |
| I - 3                  | 30,9                                  | 82,9                              | 236,3                           | 278,3                | 301,5                            |
| 2 - 1                  | 30,8                                  | 70,3                              | 129,1                           | 155,4                | 178,0                            |
| 2 - 2                  | 30,8                                  | 81,6                              | 231,4                           | 272,1                | 287,2                            |
| 2 - 3                  | 30,9                                  | 81,6                              | 234,7                           | 287,2                | 305,0                            |
| 3 - 1                  | 30,1                                  | 67,4                              | 101,8                           | 141,1                | 152,2                            |
| 3 - 2                  | 30,0                                  | 75,6                              | 207,3                           | 253,6                | 268,3                            |
| 3 - 3                  | 30,5                                  | 76,1                              | 215,8                           | 261,1                | 277,5                            |

Установлено, что высота растений кукурузы в значительно большей степени зависела от уровня минерального питания, чем от технологии полива. Так, в среднем по опыту перед уборкой урожая в варианте без внесения удобрений она составила 165,4 см, при внесении азотного, фосфорного и калийного удобрений в дозах соответственно 150 кг, 65 кг и 40 кг действующего вещества на гектар - 281,5 см, а в дозах 170 кг, 80 кг и 40 кг на га - 297,4 см, или соответственно на 70,2 % и 78,2 % выше по сравнению с вариантом без внесения удобрений. Различия по высоте растений кукурузы в

конец её вегетации в зависимости от технологии орошения не превышали в среднем 8 - 10 %. Наиболее высокой (301,5 - 305,0 см) была кукуруза, выращиваемая на фоне повышенных доз минеральных удобрений при прерывистой подаче воды через борозду и постоянной подаче в каждую борозду (варианты I - 3 и 2 - 3).

Основная масса корневой системы кукурузы на всех вариантах была расположена в слое 0 - 30 см. В конце вегетации здесь размещалось 72 - 80 %, в слое 30 - 50 см - 12 - 15 % корней от их массы в метровом слое почвы.

2.4. Фотосинтетическая деятельность растений кукурузы. Известно, что ведущее значение в ходе формирования урожая принадлежит фотосинтезу, одним из основных показателей которого является площадь листовой поверхности. В наших экспериментах увеличение площади листьев кукурузы продолжалось до периода цветения-молочная спелость, когда на различных вариантах в зависимости от технологии увлажнения и уровня минерального питания она колебалась в среднем за три года в пределах 32,4 - 49,9 тыс. м<sup>2</sup>/га (табл. 2.4.1).

Наиболее благоприятные условия для развития листового аппарата имела кукуруза, поливаемая прерывистой струей через борозду и постоянной струей в каждую борозду, где площадь листовой поверхности достигала соответственно 42,6 и 43,1 тыс. м<sup>2</sup>/га, или на 18,3 % и 19,7 % больше, чем при поливе постоянной струей через борозду. Внесение удобрений способствовало увеличению площади листьев на 32,6 - 41,1 %.

Важное значение в формировании продуктивности растений имеют продолжительность работы ассимиляционной поверхности, выражаемая через фотосинтетический потенциал (ФП), и продуктивность фотосинтетической работы единицы площади листьев, или чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ).

Таблица 2.4.1

Влияние технологии орошения и доз внесения минеральных удобрений на фотосинтетическую деятельность кукурузы (среднее за 1989 - 1991 гг.)

| Дозы минеральных удобрений              | Максим. площадь лист. поверхности, тыс. м <sup>2</sup> /га | ФП, 2 тыс. м <sup>2</sup> /сут/га | ЧПФ, г/м <sup>2</sup> в сутки | Урожай сухой биомассы, см, т/га | КПД, % | К <sub>хоз</sub> |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------|------------------|
| Прерывистая подача воды через борозду   |                                                            |                                   |                               |                                 |        |                  |
| Без удобрений                           | 32,4                                                       | 1492                              | 5,46                          | 8,3                             | 0,96   | 0,46             |
|                                         | 45,9                                                       | 2381                              | 5,04                          | 12,02                           | 1,38   | 0,31             |
|                                         | 49,6                                                       | 2694                              | 4,87                          | 13,17                           | 1,51   | 0,28             |
| Постоянная подача воды в каждую борозду |                                                            |                                   |                               |                                 |        |                  |
| Без удобрений                           | 32,4                                                       | 1480                              | 5,45                          | 8,28                            | 0,95   | 0,47             |
|                                         | 46,9                                                       | 2432                              | 5,01                          | 12,20                           | 1,40   | 0,30             |
|                                         | 49,9                                                       | 2746                              | 4,97                          | 13,34                           | 1,52   | 0,28             |
| Постоянная подача воды через борозду    |                                                            |                                   |                               |                                 |        |                  |
| Без удобрений                           | 32,9                                                       | 1530                              | 5,47                          | 8,35                            | 0,97   | 0,46             |
|                                         | 36,8                                                       | 1907                              | 5,15                          | 9,80                            | 1,12   | 0,34             |
|                                         | 38,4                                                       | 1928                              | 5,24                          | 9,99                            | 1,09   | 0,38             |

В проведенных исследованиях изменение величины ФП в зависимости от изучаемых факторов подчинялось той же закономерности, что и площадь листовой поверхности кукурузы - полив прерывистой струей через борозду и постоянной струей в каждую борозду способствовал его увеличению в среднем на 22,4 - 24,1 % по сравнению с поливом постоянной струей через борозду, а внесение удобрений на 49,2 - 63,2 %.

Чистая продуктивность фотосинтеза изменялась незначительно, причем, при внесении удобрений она оказалась на 7 - 8 % ниже по сравнению с неудобренным вариантом. В зависимости от технологии полива она колебалась еще меньше составив при постоянной подаче воды через борозду в среднем  $5,29 \text{ г/м}^2$  в сутки, что примерно на 5 % выше по сравнению с другими вариантами.

Сочетание рассмотренных и ряда других факторов, описанных в диссертации, обусловило накопление сухой биомассы, урожай которой без внесения удобрений практически не изменялся в зависимости от технологии орошения, а на фоне удобрений при поливе прерывистой струей через борозду и постоянной струей в каждую борозду был значительно выше, чем при поливе постоянной струей через борозду. В среднем по опыту внесение удобрений обеспечило накопление сухой биомассы 11,34 и 12,17 т/га, или соответственно на 36,3 % и 46,3 % больше по сравнению с контролем (без удобрений).

2.5. Урожайность кукурузы на силос в зависимости от технологии полива и доз внесения минеральных удобрений. Различные технологии увлажнения почвы и уровни минерального питания растений кукурузы, воздействуя на интенсивность и направленность физиологических процессов в них, обусловили урожай зеленой массы (табл. 2.5.1.).

Как показали проведенные исследования, более высокий урожай зеленой массы кукурузы получен при поливе прерывистой струей через борозду и постоянной струей в каждую борозду - в среднем по опыту прибавка урожая составила соответственно 28,5 % и 31,9 % по сравнению с постоянной подачей воды через борозду, на фоне удобрений - в пределах 36,4 - 41,0 %.

Установлена высокая эффективность минеральных удобрений, внесение которых повысило урожайность кукурузы на силос при прерывистой подаче воды через борозду на 38,3 - 48,8 %, при постоян-

ной подаче воды в каждую борозду - на 39,6 - 49,1 %.

Таблица 2.5.1

Влияние технологии полива и уровней минерального питания на урожайность кукурузы

| Технология полива                       | Дозы удобрений          | Урожайность зеленой массы кукурузы, т/га |         |         |                     |
|-----------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------|---------|---------|---------------------|
|                                         |                         | 1989 г.                                  | 1990 г. | 1991 г. | Средний за три года |
| Прерывистая подача воды через борозду   | Без удобрений           | 25,0                                     | 30,0    | 31,0    | 28,7                |
|                                         | $N_{150} P_{65} K_{40}$ | 32,0                                     | 42,0    | 45,0    | 39,7                |
|                                         | $N_{170} P_{80} K_{40}$ | 34,0                                     | 46,0    | 48,0    | 42,7                |
| Постоянная подача воды в каждую борозду | Без удобрений           | 25,5                                     | 30,5    | 32,0    | 29,3                |
|                                         | $N_{150} P_{65} K_{40}$ | 32,8                                     | 43,5    | 46,5    | 40,9                |
|                                         | $N_{170} P_{80} K_{40}$ | 35,0                                     | 47,0    | 49,0    | 43,7                |
| Постоянная подача воды через борозду    | Без удобрений           | 24,0                                     | 26,0    | 28,0    | 26,0                |
|                                         | $N_{150} P_{65} K_{40}$ | 28,0                                     | 28,0    | 31,0    | 29,0                |
|                                         | $N_{170} P_{80} K_{40}$ | 30,0                                     | 30,0    | 34,0    | 31,3                |
|                                         | Е, т/га                 | 2,5                                      | 2,9     | 3,1     |                     |
|                                         | P, %                    | 3,44                                     | 2,52    | 1,90    |                     |

Однако на фоне орошения постоянной струей через борозду прибавка урожая от внесения удобрений была ниже - 11,5 - 20,4 %.

2.6. Суммарное водопотребление кукурузы на силос. Режим орошения, величина получаемого урожая и метеорологические условия вегетационного периода оказывают решающее влияние на величину суммарного водопотребления (табл. 2.6.1.).

Таблица 2.6.1

Влияние технологии орошения на суммарное водопотребление кукурузы на силос, м<sup>3</sup>/га

| Технология орошения                     | Годы | Элементы водного баланса |        |                    | Суммарное водопотребление |
|-----------------------------------------|------|--------------------------|--------|--------------------|---------------------------|
|                                         |      | Запас почвенной влаги    | Осадки | Оросительная норма |                           |
| Прерывистая подача через борозду        | 1989 | 560                      | 100    | 2060               | 2720                      |
|                                         | 1990 | 540                      | 300    | 2260               | 3120                      |
|                                         | 1991 | 560                      | 180    | 1950               | 2690                      |
| Постоянная подача воды в каждую борозду | 1989 | 660                      | 100    | 2690               | 3450                      |
|                                         | 1990 | 620                      | 300    | 2940               | 3860                      |
|                                         | 1991 | 560                      | 180    | 2820               | 3560                      |
| Постоянная подача воды через борозду    | 1989 | 650                      | 100    | 1830               | 2580                      |
|                                         | 1990 | 620                      | 300    | 2170               | 3090                      |
|                                         | 1991 | 560                      | 180    | 2110               | 2850                      |

Наибольшее суммарное водопотребление кукурузы на силос (в среднем за три года 3620 м<sup>3</sup>/га) отмечено при постоянной подаче воды в каждую борозду. Однако доля потребляемой растениями воды (77,8%) приходилась на вегетационные поливы. Атмосферные осадки дали 5,3%, запасы почвы - 16,9 % суммарного расхода воды. По другим двум способам подачи воды суммарное водопотребление кукурузы было практически одинаковым - 2840 м<sup>3</sup>/га, из них оросительная норма составляла 1,7 - 73,7 %, сумма осадков и запасов почвенной влаги - 26,3 - 28,3 %.

Динамика среднесуточного водопотребления кукурузы характеризуется одновершинной кривой, которая согласуется с динамикой накоп-

ления растительной массы. Максимальный среднесуточный расход воды приходится на период от образования 7 - 8 листьев до цветения. Затраты воды на получение 1 т зеленой массы кукурузы по вариантам опыта приведены в таблице 2.6.2.

Таблица 2.6.2

Влияние технологии полива и минеральных удобрений на эффективность использования воды кукурузой (среднее за 1989 - 1991 гг.)

| Технология полива                       | Дозы внесения минеральных удобрений              | Урожайность зеленой массы, т/га | Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------|
| Прерывистая подача воды через борозду   | Без удобрений                                    | 28,7                            | 99                                             |
|                                         | N <sub>150</sub> P <sub>65</sub> K <sub>40</sub> | 39,7                            | 72                                             |
|                                         | N <sub>170</sub> P <sub>80</sub> K <sub>40</sub> | 42,7                            | 67                                             |
| Постоянная подача воды в каждую борозду | Без удобрений                                    | 29,3                            | 121                                            |
|                                         | N <sub>150</sub> P <sub>65</sub> K <sub>40</sub> | 40,9                            | 87                                             |
|                                         | N <sub>170</sub> P <sub>80</sub> K <sub>40</sub> | 43,7                            | 82                                             |
| Постоянная подача воды через борозду    | Без удобрений                                    | 26,0                            | 112                                            |
|                                         | N <sub>150</sub> P <sub>65</sub> K <sub>40</sub> | 29,0                            | 95                                             |
|                                         | N <sub>170</sub> P <sub>80</sub> K <sub>40</sub> | 31,3                            | 93                                             |

Повышение урожайности кукурузы на силос при постоянной подаче воды в каждую борозду не обеспечивало снижения коэффициента водопотребления, некоторое его снижение наблюдалось при прерывистой подаче воды через борозду.

Полученные в исследованиях показатели динамики суммарного водопотребления при различных технологиях полива позволили установить межфазные и средние за вегетацию культуры значения биологических коэффициентов K<sub>в</sub> и K<sub>г</sub>.

В работе предложены вычисленные биофизические ( $K_t$ ) и биоклиматические ( $K_g$ ) коэффициенты по фазам вегетации кукурузы в зависимости от суммы температур воздуха, а также уравнения регрессии:

$$K_g = K_t = A + B \cdot \bar{\Sigma} t + C \cdot \bar{\Sigma} t^2,$$

где  $\bar{\Sigma} t$  - выражена для удобства расчётов в тысячах градусов, т.е.

$$\bar{\Sigma} t = \bar{\Sigma} t / 1000^\circ\text{C}.$$

Таблица 2.6.3

Параметры биологических ( $K_g$ ) и биофизических ( $K_t$ ) коэффициентов кукурузы на силос

| Коэффициенты | П а р а м е т р ы |         |         | Коэффициент корреляции |
|--------------|-------------------|---------|---------|------------------------|
|              | А                 | В       | С       |                        |
| $K_g$        | 0,3600            | 0,3900  | 0,1680  | 0,95                   |
| $K_t$        | 1,6336            | -0,2900 | -0,1742 | 0,92                   |

Анализ результатов исследований позволил установить, что при поддержании оптимального режима влажности почвы потребность кукурузы в воде можно определить по формуле:

$$E = K_t \cdot \Sigma t,$$

где  $K_t$  - биофизический коэффициент, который зависит от технологии полива и фазы развития растений.

Показатели значений суммарного водопотребления, оросительных норм и оптимальных сроков полива, установленные при помощи температурного коэффициента расхода влаги, позволяют оперативно управлять водным режимом почв с учётом складывающихся метеорологических условий и развития растений кукурузы.

2.7. Экономическая эффективность ресурсосберегающей технологии орошения при программировании урожая сельскохозяйственных культур. Важнейшим показателем эффективности использования орошаемых земель является их продуктивность в расчёте на единицу <sup>воды</sup>. Например, на 1000 м<sup>3</sup> годового объема используемой оросительной воды. Результаты системного анализа экспериментальных материалов показывают, что прерывистая подача воды через борозду (локальное орошение), во-первых, позволяет экономить до 25 - 30 % оросительной воды по сравнению с рекомендуемым в настоящее время мобильным орошением; во-вторых, создает предпосылки для повышения производительности труда до 1,5 раза; в третьих обеспечивает целенаправленное регулирование водного и пищевого режимов орошаемых почв, что позволяет на базе локального орошения разрабатывать ресурсосберегающие технологии полива при программировании урожая сельскохозяйственных культур.

2.8. Районирование режимов орошения кукурузы на силос. На основе биоклиматического метода нормирования орошения, метеорологических данных (1965 - 1990 гг.) и результатов полевых исследований разработана дифференцированная норма локального и мобильного режима орошения кукурузы на силос с учётом специфических особенностей Южно-Казахстанской области и степени синхронности поступления разнообеспеченных значений метеорологических элементов, влияющих на поливной режим, а также программа для определения оросительной нормы кукурузы на силос для годов различной водообеспеченности и уровня планируемой урожайности.

В работе приведена методика расчёта поливного режима и ордината гидромодуля с учётом режима работы поливальных и поливной техники при мобильном и локальном режимах орошения.

## ВЫВОДЫ

1. Осуществлено агроклиматическое районирование по вычисленным значениям коэффициента увлажнения, сумме температуры воздуха (выше  $10^{\circ}\text{C}$ ) и фотосинтетически активной радиации.
2. Разработана прогностическая программа для управления водным и пищевым режимом почв с учётом программируемого уровня урожайности кукурузы на силос, которая обеспечивает оперативную корректировку режима орошения с учётом изменения агроклиматических условий.
3. Выявлено, что для поддержания оптимального режима предполвной влажности почвы, обеспечивающего получение наибольшего урожая кукурузы на силос, необходимо провести 4 - 5 поливов поливными нормами 540 - 720  $\text{м}^3/\text{га}$  и оросительной нормой 3330 - 3670  $\text{м}^3/\text{га}$  в зависимости от технологии полива.
4. Наиболее благоприятные условия для роста и развития кукурузы на силос сложились при прерывистой подаче воды через борозду и внесении минеральных удобрений  $N_{170} P_{80} K_{40}$ , а также при постоянной подаче воды и тех же дозах удобрений, обеспечивающие развитие мощного листового аппарата (максимальная площадь листовой поверхности - 49,6 - 49,9 тыс.  $\text{м}^2/\text{га}$ ), наиболее высокий фотосинтетический потенциал 2694 - 2746 тыс.  $\text{м}^2$  - сут/га и КПД физиологически активной радиации - 1,51 - 1,52 %. Это способствовало формированию более высокого урожая зеленой массы кукурузы (42,7 - 43,7 т/га) по сравнению с другими сочетаниями изучаемых факторов.
5. Установлено суммарное водопотребление кукурузы на силос, составляющее в зависимости от технологии полива 2690 - 3860  $\text{м}^3/\text{га}$ . Среднесуточное водопотребление кукурузного поля в период от по-

сева до всходов колебалось в пределах 24,1 - 30,3  $\text{м}^3/\text{га}$ , от всходов до образования 3 - 4 листьев - 24,5 - 40,5  $\text{м}^3/\text{га}$ , достигая максимума (30,9 - 51,6  $\text{м}^3/\text{га}$ ) в фазы налива и молочной спелости зерна.

6. Удельный расход воды на одну тонну зеленой массы кукурузы зависит как от технологии полива, так и условий минерального питания. Минимальные затраты воды на единицу урожая (67 и 72  $\text{м}^3/\text{т}$ ) имеют место при прерывистой подаче воды через борозду с внесением минеральных удобрений соответственно  $N_{170} P_{80} K_{40}$  и  $N_{150} P_{85} K_{40}$ , максимальные (112 - 121  $\text{м}^3/\text{т}$ ) при постоянной подаче воды через борозду и в каждую борозду без внесения минеральных удобрений.

7. Разработаны методика определения поливного режима кукурузы на силос при различных технологиях полива, математическая модель, связывающая суммарное водопотребление кукурузы с метеорологическими показателями и производственная модель внутрисезонного распределения оросительной нормы в зависимости от межфазных периодов развития растений.

8. На основе результатов теоретических и экспериментальных исследований проведено районирование режима орошения кукурузы на силос в условиях Южно-Казахстанской области.

9. Предлагаемая технология полива кукурузы с прерывистой водоподачей через борозду позволяет экономить до 25 - 30 % оросительной воды по сравнению с базовой - постоянной водоподачей в каждую борозду.

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. В Южно-Казахстанской области кукурузу, возделываемую на силос, рекомендуется поливать при локальном режиме прерывистой водоподачей.

2. При установлении расчётных значений поливных норм необходимо применять поправочный коэффициент, учитывающий режим увлажнения (локальное или мобильное орошение).

3. Для обеспечения оптимального водного режима в корнеобитаемом слое почвы при локальном режиме орошения кукурузы на силос рекомендуется оросительная норма в средний по водности год 3400 - 4200 м<sup>3</sup>/га, среднесухой год - 3700 - 4700 м<sup>3</sup>/га и в сухой год - 5300 - 5700 м<sup>3</sup>/га.

Основные положения диссертации изложены в следующих работах:

1. Разработка технологии локального дискретного способа полива по бороздам //Тезисы докладов межвузовской конференции по научно-техническому прогрессу в сельскохозяйственном производстве. - Часть II. -Випек, 1990. - С. 46 - 47 (в соавторстве).

2. Локальное поверхностное орошение по бороздам //Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. - 1990. - №6. - С. 85 - 90 (в соавторстве).

3. Локальное поверхностное орошение по бороздам прерывистой водоподачей //Тезисы докладов конференции молодых учёных и специалистов "Вопросы рационального использования водных ресурсов". - Жамбыл, 1990. - С. 27 - 28 (в соавторстве).

4. Водосберегающие технологии поверхностного орошения на юге Казахстана //Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. - 1991. - № 3. - С. 85 - 91 (в соавторстве).

5. Авторское свидетельство 1732861 СССР. Способ полива. -Опубл. 15.05.92.-Вкл. № 18 //Изобретения.- 1992. - № 18. - С. 8 (в соавторстве).

6. Рекомендации по ресурсосберегающей технологии орошения при программировании урожая сельскохозяйственных культур в условиях Шымкентской области.- Шымкент, 1992. - 100 с. (в соавторстве).

K. Pulatov

# SILO CORN WATER CONSUMPTION ON THE IRRIGATED LANDS OF THE SOUTH KAZAKHSTAN

On the basis of some experimental studies of the irrigation regime, when applying different norms of mineral fertilizers and different irrigation technologies, the investigation of the corn assimilation apparatus factor and the experimental testing of the calculated algorithm with some programs of the irrigation and nutrition regime of soils, there have been established the concrete values of their parameters, this task being the purpose of the present study.

There have been also developed some analytical dependences between the summary silo corn water consumption and the meteorological factors; the said dependences made it possible to program some technological processes, which assure good yields and water saving irrigation norms.

There have been determined the summary and average per-day water consumption of the silo corn and there have been calculated the bioclimatic evaporation rates; we have also developed the differentiated irrigation regime for the silo corn, depending on the water providing of the area during a year; these studies may provide a basis for the resource saving technologies, when cultivating the silo corn on the irrigated lands.

In our study, there are also exposed some methods to calculate the irrigation regime and the hydro-modulus ordinate, taking into account the working schedule of the irrigation system personnel and of their machinery under different water supply conditions.

Пулатов Камидан

Қозористон манубидаги сугориладиган ерларда  
сиклосбоп маккамҳорининг суви истеъмоли қилини

Минерал ўғитлар ва сугорив технологияларининг турли меъёрлари  
фонда сугорив режими тақрибий тадқиқ қилин, маккамҳорининг ўз-  
лаштириш аппарати кўрсаткичларини ўрганиш ва ишлаб чиқилган алгоритм  
ҳамда тупроқнинг сув ва озук режими бошқариш дастури тақрибий  
текинги асосида уларга ҳос параметрларнинг конкрет аҳамияти белги-  
ланди, ушбу ишнинг мақсади ҳам шу эди.

Сиклосбоп маккамҳорининг суммар сув истеъмолини метеорологик кўр-  
саткичлар билан боғловчи, технологик қарёвларини дастурлаштириш имко-  
нини берувчи, оқори ҳосил олиш ва сугорив меъёрини текамли сарфлашни  
таъминловчи тақдирли борликлар ишлаб чиқилди.

Сиклосбоп маккамҳорининг суммар ўртача суткалик сув истеъмоли  
белгиланди, намлик буглашининг биоклиматик коэффициентлари ҳисоб қи-  
ланди ва ҳудуд ҳамда иккинчи намлик билан таъминланишига борлиқ равиш-  
да сиклосбоп маккамҳорини сугоривнинг табақалаган режими ишлаб чиқил-  
ди, улар сугориладиган ерларда сиклосбоп маккамҳори етиштиришнинг ре-  
сурсларини тежайдиган технологиясини ишлаб чиқиш учун негиз бўлиб хиз-  
мет қилди.

Ишда турли сув бериш режимларида сувчилар ва сугорив техникаси  
ни режими ҳисобга олинган ҳолда, сугорив режими ва ординат гидромодел-  
нинг ҳисоб-китоб методикаси келтирилган.