

УДК 633.15:631.559:632.11

## ВЛИЯНИЕ ТЕПЛО- И ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА НА УРОЖАЙНОСТЬ КУКУРУЗЫ

Н. Л. ЛАТИФОВ

(Кафедра луговодства)

Приводятся данные об урожайности зеленой массы кукурузы в учхозе ТСХА «Михайловское» (Московская область) за 20 лет (1966—1985 гг.) в связи с метеорологическими условиями вегетационных периодов, естественной водообеспеченностью верхнего метрового слоя почвы кукурузного поля, а также теплообеспеченностью кукурузы по месяцам. Указывается расход воды на формирование зеленой массы кукурузы в зависимости от агрометеорологического режима года, рассчитан ориентировочный график полива кукурузы при обеспеченности осадками, характерной для 75 % лет.

Характерными особенностями вегетационного периода сельскохозяйственных культур в условиях Московской области являются колебания месячных и суточных температур воздуха, неравномерность выпадения атмосферных осадков и их интенсивность, что приводит к неодинаковому насыщению водой верхнего метрового слоя почвы во времени и в пространстве. Этим объясняются значительные колебания урожайности кукурузы по районам области и по годам.

Оптимальный срок посева кукурузы в условиях Московской области—15—20 мая. Средняя дата перехода температуры воздуха ниже 10°C осенью, определяющая окончание прироста зеленой массы кукурузы; наблюдается в середине сентября. Во избежание отрицательного влияния на урожай заморозков к уборке кукурузы на силос приступают в конце августа — начале сентября. Продолжительность вегетации кукурузы составляет 105—120 дней.

Известно, что урожайность зеленой массы кукурузы колеблется в больших пределах по годам под влиянием множества факторов, среди которых определяющее значение имеют тепло- и водообеспеченность.

Некоторые исследователи [1, 3 и др.] считают, что Московская область относится к районам достаточного увлажнения, дефицит летних осадков полностью покрывается весенними запасами влаги в почве и грунтовыми водами. Однако при неравномерном выпадении атмосферных осадков как по годам, так и по месяцам вегетации часто создается неблагоприятный водный режим почвы для формирования высоких урожаев кукурузы.

В связи с этим представляет интерес выяснение вопроса о том, как складывается агрометеорологический режим кукурузного поля в течение вегетационного периода и как он влияет на урожайность кукурузы в условиях Московской области.

Из-за ограниченной продолжительности теплого периода года в условиях Московской области возделывают скороспелые и среднеспелые сорта кукурузы.

Для оценки условий обеспеченности кукурузы теплом и водой в течение всего вегетационного периода использовали соответствующие коэффициенты  $K_t$  и  $K_e$ .

$$K_t = t_{\phi} / t_{on}, \quad (1)$$

где  $t_{\phi}$  — фактическая среднесуточная температура воздуха, °C;  $t_{on}$  — оптимальная для скоро- и среднеспелых сортов кукурузы, °C. Согласно [4],  $t_{on} = 20 \div 25$  °C (в среднем 22,5 °C).

$$K_e = \sum O / \sum E_o, \quad (2)$$

где 20 — атмосферные осадки, мм;  $\sum E_o$  — испаряемость, мм.

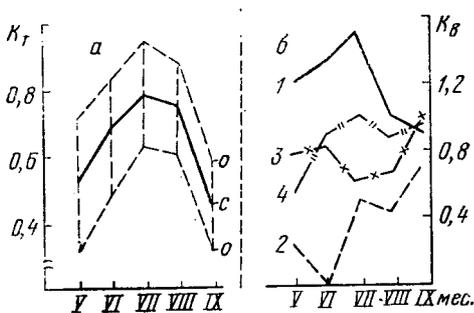


Рис. 1. Динамика коэффициентов тепло- (а) и влагообеспеченности (б). с — среднее за 1966—1985 гг.; о — отклонения от среднего; 1 — 1976 г.; 2 — 1979 г.; 3 — 1981 г.; 4 — 1984 г.

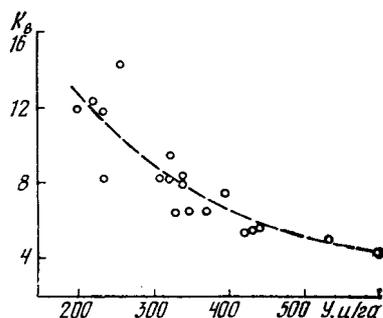


Рис. 2. Связь между урожайностью зеленой массы кукурузы (Y) и коэффициентом водопотребления ( $K_8$ ).

Возможное подпитывание грунтовых вод  $W_s$  в корнеобитаемый слой почвы по [5] равно

$$W_s = K_z \cdot \Sigma E_t, \quad (3)$$

где  $K_z$  — коэффициент капиллярного подпитывания, выраженный в долях суммарного водопотребления;  $\Sigma E_t$  — суммарное водопотребление кукурузы за исследуемый период,  $m^3/га$ , рассчитанное по Алпатьеву [2]:

$$\Sigma E_t = K_b \cdot \Sigma D, \quad (4)$$

где  $K_b$  — биоклиматический коэффициент, характеризующий роль растений в расходовании воды полем.  $K_b$  чаще равен 0,60—0,70, в среднем 0,65 за вегетационный период, по месяцам может колебаться в значительных пределах;  $\Sigma D$  — сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха, мб.

Фактические запасы влаги в активном слое почвы определяли по водно-балансовому методу.

$$W_\phi = W_{\phi_0} + \Sigma O + \Sigma W_s - \Sigma E_t - \Sigma O_n; \quad (5)$$

$$W_\phi = 0,8W_{ппв},$$

где  $W_{\phi_0}$  — исходные запасы влаги в активном слое почвы в день посева кукурузы, мм; 20 — атмосферные осадки за период между посевом (10 мая) и концом первой декады вегетации (20 мая), мм; (для последующих декад — осадки за декаду);  $\Sigma W_s$  — количество грунтовых вод, подпитавшихся в активный слой почвы за исследуемый период, мм.  $\Sigma W_s = \Sigma E_t \cdot K_z$ , где  $K_z$  — коэффициент;  $\Sigma E_t$  — суммарный расход воды из активного слоя почвы за декаду, мм.  $\Sigma E_t = K_b \Sigma D$ , где  $\Sigma D$  — сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха, мб;  $K_b$  — биоклиматический коэффициент;  $\Sigma O_n$  — потери атмосферных осадков на сток, мм, которые определяли как разность между суммарным количеством выпавших атмосферных осадков 20 и дефицитом влаги  $\Delta d$  в активном слое почвы.

$$\Sigma O_n = \Sigma O - \Delta d. \quad (6)$$

$\Delta d$  находили как разность между запасами влаги при предельной полевой влагоемкости  $W_{ппв}$  и  $W_\phi$ .

$$\Delta d = W_{ппв} - W_\phi. \quad (7)$$

Поливную норму  $m$  определяли как разность между  $W_{ппв}$  и запасами влаги при предполивной влажности активного слоя почвы  $0,8W_{ппв}$ .

$$m = W_{ппв} - 0,8W_{ппв}. \quad (8)$$

### Результаты

Анализ метеорологических условий за 1966—1986 гг. показал, что в среднем за вегетационный период (май — август) в 50 % лет сред-

Среднесуточная температура, сумма активных к эффективным температур воздуха по месяцам вегетации кукурузы в Московской области. Среднее за 1966—1985 гг.

Показатель	V	VI	VII	VII I	V—VIIII
Среднесуточная температура воздуха, °С	12,0	14,9	17,2	15,9	15,0
Сумма активных температур (выше 10 °С)	372	447	533	493	1845
Сумма эффективных температур выше 5°С	217	297	378	338	1230
Сумма эффективных температур выше 10 С	62	147	223	183	615

Таблица 2

Обеспеченность кукурузы теплом по месяцам вегетации в условиях Московской области. Среднее за 1966—1985 гг.

Теплообеспеченность. °С	$K_m$	V	VI	VII	VIII	V—VIII
Оптимальная, $\bar{x} = 20 \div 25$ °С	1,00	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{3}{15}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{1,5}{7,5}$
Средняя $\bar{x} = 15 \div 19,9$ °С	0,75— 0,80	$\frac{0}{0}$	$\frac{4}{20}$	$\frac{10}{50}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{4}{20}$
Удовлетворительная $\bar{x} = 11 \div 14,9$ °С	0,55— 0,74	$\frac{10}{50}$	$\frac{15}{75}$	$\frac{7}{35}$	$\frac{17}{85}$	$\frac{12}{60}$
Неудовлетворительная, $\bar{x} < 11$ °С	0,44— 0,54	$\frac{10}{50}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{2,5}{12,5}$

Примечание. В числителе — количество лет, в знаменателе — повторяемость, % лет.

несуточная температура воздуха составляла 13,9 °С, а коэффициент теплообеспеченности, характеризующийся отношением фактической температуры к оптимальной для кукурузы, — 0,56, т. е. потребность кукурузы в тепле была обеспечена только на 56 % на протяжении 10—15 лет (рис. 1). Каждый второй год кукуруза ежедневно недополучает тепла в мае 7—8°С, в июне — 3—4, в июле—1—3; в августе — 3—4°С. Обеспеченность кукурузы теплом по месяцам вегетации колеблется в значительных пределах. Так, в мае колеблется по годам от 0,34 (1980 г.) до 0,71 (1967, 1979 гг.), в июне — от 0,57 (1976 г.) до 0,84 (1981 г.), в июле — от 0,67 (1968, 1978 гг.) до 0,95 (1972 г.); в августе — от 0,61 (1976 г.) до 0,88 в 1972 г. (рис. 2). В среднем за вегетационный период кукуруза обеспечена теплом на 51—60 % в течение 4 лет (20 % лет); на 61—70 % — в течение 14 лет (70 %); а на 71—80% — только в течение 2 лет (10 % лет). Таким образом, в условиях Московской области кукуруза недостаточно обеспечена теплом. Теплообеспеченность является лимитирующим фактором получения высоких урожаев, поэтому необходимо применять интенсивные технологии возделывания, способствующие максимальному использованию культурой тепла почвы и приземного слоя воздуха.

Средние многолетние активные и эффективные температуры воздуха, количество лет и повторяемость (% лет) по грациям теплообеспеченности за период вегетации кукурузы приведены в табл. 1 и 2. Эти данные могут служить ориентиром при подборе сортов кукурузы для возделывания в Московской области.

Таблица 3

Условия увлажнения почвы по месяцам вегетации кукурузы в условиях Московской области. Среднее за 1966—1985 гг.

Увлажнение	$K_B$	V	VI	VII	VIII	V- VIII
Избыточное	$>1,2$	$\frac{1}{5}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{2}{10}$
Оптимальное	$1-1,2$	$\frac{2}{10}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{4}{20}$	$\frac{3}{15}$	$\frac{2,5}{12,5}$
Недостаточное	$<1$	$\frac{17}{85}$	$\frac{17}{85}$	$\frac{14}{70}$	$\frac{15}{75}$	$\frac{16}{80}$
Остро недостаточное	$<0,75$	$\frac{8}{40}$	$\frac{9}{45}$	$\frac{9}{45}$	$\frac{11}{55}$	$\frac{9}{45}$
	$<0,5$	$\frac{2}{10}$	$\frac{6}{30}$	$\frac{5}{25}$	$\frac{5}{25}$	$\frac{5}{25}$
	$<0,1$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$

Примечание. В числителе — количество лет, в знаменателе — повторяемость, % лет.

суммы осадков, которая не может быть меньше заданной вероятности, был меньше критического минимума (суммы осадков, при которой влажность корнеобитаемого слоя почвы не опускается ниже влажности завядания ВЗ). Это говорит о том, что в условиях Московской области для удовлетворения потребности кукурузы в воде и получения высоких урожаев (свыше 400 ц зеленой массы с 1 га) необходимы поливы, сроки и нормы которых будут определяться в основном метеорологическими условиями конкретного года.

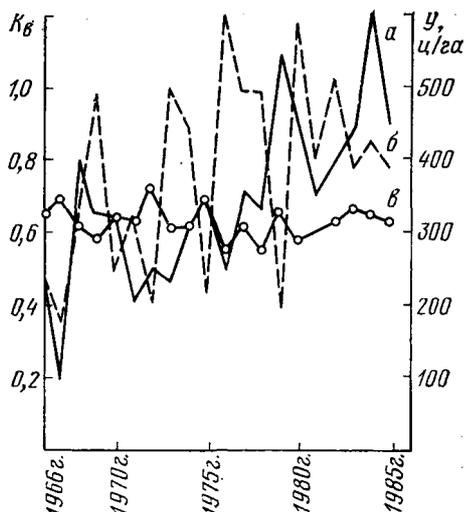


Рис. 3. Зависимость урожайности зеленой массы кукурузы ( $Y$ ) от теплообеспеченности ( $K$ ) и влагообеспеченности ( $K_B$ ).

$a$  — динамика урожайности зеленой массы кукурузы по годам, ц/га;  $b$ , в — динамика  $K_B$  и  $K_T$  по годам.

Анализ влагообеспеченности кукурузы в период вегетации по годам показал, что в отличие от теплообеспеченности степень увлажнения корнеобитаемого слоя почвы подвержена большим колебаниям. Уровень насыщения почвы продуктивной влагой  $K_B$  по месяцам вегетации колебался от 0 (в июле 1967, 1979 гг., августе 1972 г.) до 1,34 в июне 1976 г.).

В среднем за 20 исследованных лет избыточное увлажнение ( $K_p > 1,2$ ) наблюдалось в 10 % лет, оптимальное ( $K_B = 1 \div 1,2$ ) — в 15 % лет, тогда как недостаточное увлажнение ( $K_B < 1$ ) — в 75 % лет, а по отдельным месяцам — даже в 85% лет (май, июнь), в том числе в 45 % лет отмечалось остро недостаточное увлажнение ( $K_B < 0,75$ ) (табл. 3), а в 25% лет величина  $K_B$  не превышала 0,5.

В отдельные годы и месяцы (июль 1967, 1969 гг., август 1972 г.) климатический минимум

Анализ распределения осадков и температурного режима воздуха по месяцам вегетации показывает, что в те годы, когда сумма осадков за месяц составила менее 50 % возможного суммарного испарения, связанного с температурным режимом воздуха и дефицитом насыщения воздуха, урожайность зеленой массы кукурузы была низкой и составила 185 ц/га (1967 г.), или 53 %, 255 и 231 ц/га (1972, 1973 гг.), или 73 и 66 % к средней урожайности за 20 лет (рис. 3). В годы, когда сумма осадков была равна или незначительно превышала возможное испарение, особенно в месяцы с интенсивным ростом растений (июнь, июль), урожайность зеленой массы кукурузы резко возрастала. В 50 % лет она была выше 350 ц/га, из них в 6 % — выше 400 ц/га.

Водопотребление кукурузы по месяцам вегетации в условиях Московской области. Среднее за 1966—1985 гг.

Суммарное водопотребление	10—31/V	VI	VII	VIII	V—VIII	
За вегетацию, м <sup>3</sup> /га 255		786	701	614	2356	
За сутки, м <sup>3</sup> /га	12,	126,2	221,8	20,8		
% к сумме за вегетацию		11	33	30	26	100

В период интенсивного роста и развития кукурузы (июнь, июль) в условиях области в 70—85 % лет наблюдался дефицит продуктивной влаги в активном слое почвы, что отрицательно сказывалось на урожайности, т. к. в это время отмечается максимальное водопотребление кукурузы: среднесуточный расход воды кукурузным полем за этот период самый высокий — 26,2—22,6 м<sup>3</sup>/га (табл. 4).

Урожайность зеленой массы кукурузы колебалась от 185 до 607 ц/га, а суммарное водопотребление, определяемое количеством выпавших атмосферных осадков в вегетационный период и температурой воздуха, — от 2028 до 3853 м<sup>3</sup>.

С увеличением влагообеспеченности верхнего метрового слоя почвы в вегетационный период повышалась и урожайность. При этом необходимо отметить, что предельно высокая влагообеспеченность, при которой повышается урожайность кукурузы, зависит от теплообеспеченности и колеблется по годам в пределах 0,80 — 0,85 (рис. 3).

Урожайность зеленой массы кукурузы свыше 300 ц/га получена в годы, когда влагообеспеченность верхнего метрового слоя почвы в целом за вегетационный период была в пределах 0,82—1,25 при теплообеспеченности 0,51—0,65.

В 1979 г. влагообеспеченность верхнего метрового слоя почвы была более низкой в период прорастания до начала усиленного роста надземной части растений (июль — август), а затем возрастала, а в 1976 г. более высокая влагообеспеченность наблюдалась в начале и в конце вегетации кукурузы ( $K_e$  соответственно 1,8 и 2,7), что отрицательно повлияло на температурный режим верхнего слоя почвы и приземного слоя воздуха и в конечном результате — на урожайность зеленой массы кукурузы: в 1979 г. она была на 300 ц/га выше, чем в 1976 г.

В 1981 г.  $K_e$  в начале вегетации кукурузы равнялся 0,79, в конце — 0,66, а в период интенсивного роста (июль) — 0,62, т. е. сложились неблагоприятные условия увлажнения. В 1984 г.  $K_e$  в эти периоды соответственно составлял 0,54, 0,85—1,02 и 0,88 (рис. 1); режим увлажнения был близок к оптимальному. И, как следствие, урожайность зеленой массы в 1984 г. была на 257 ц/га выше, чем в 1981 г.

Как дефицит продуктивной влаги (1979 г.), так и переувлажнение (1976 г.) верхнего метрового слоя почвы отрицательно сказывались на урожайности зеленой массы кукурузы (рис. 3). При  $K_e=0,6$  зависимость урожайности зеленой массы кукурузы от влагообеспеченности имеет линейный характер: она увеличивалась с возрастанием суммарного водопотребления до 2800 м<sup>3</sup>/га (табл. 5). На степень этой зависимости

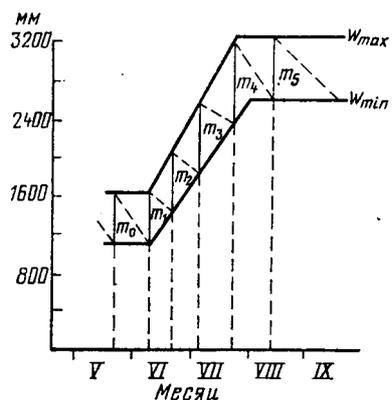


Рис. 4. График полива кукурузы при обеспеченности осадками, характерной для 75 % лет.

$W_{max}$  — верхний предел оптимальной влажности почвы, равной ППВ почвы;  $W_{min}$  — нижний предел оптимальной влажности почвы, равной 0,8;  $m_j$  — номер полива.

Коэффициенты увлажнения ( $K_y$ ) и суммарного водопотребления ( $K_{\Sigma}$ ) кукурузы в условиях Московской области

Год	$W_{\kappa}$	$W_{\kappa}$	$W(\pm)$	$\Sigma O$	$\Sigma E_t$	$Y, \text{ ц/га}$	$K_{\Sigma} = \frac{\Sigma E_t}{Y}$	$K_y = \frac{\Sigma O}{\Sigma E_t}$
1966	2711	2055	656	1993	2649	244	10,85	0,71
1967	2881	2116	765	2508	3273	185	17,69	0,74
1968	2716	2581	135	2652	2787	400	6,97	0,89
1969	3008	3245	-237	2641	2404	324	7,42	1,01
1970	3050	1475	1575	1328	2903	324	8,96	0,44
1971	2844	2348	496	1829	2325	203	11,45	0,76
1972	3023	1161	1862	1410	3272	255	12,63	0,41
1973	3011	3264	-253	4095	3842	231	16,63	0,96
1974	2675	3025	-350	2642	2569	312	8,23	1,10
1975	2520	2377	143	2608	2751	347	7,93	0,83
1976	3088	3264	-176	4028	3852	244	15,79	2,18
1977	2852	3188	-336	2364	2028	357	5,68	1,02
1978	2683	3264	-581	2684	2103	330	6,37	1,25
1979	2399	1914	485	2427	2912	549	5,30	0,83
1980	2864	3264	-400	4154	3754	430	8,73	1,96
1981	2915	2556	359	2150	2509	347	7,23	0,82
1982	3039	3264	-225	2730	2505	375	6,68	1,18
1983	3031	2655	376	1977	2353	442	5,32	0,83
1984	2391	3015	-624	2800	2176	607	3,58	1,20
1985	2964	2667	197	2163	2360	449	5,26	0,82
$\bar{X}$	—	—	—	2559	2766	348	7,95	0,997

Примечание.  $W_{\kappa}$ —запас влаги в активном слое почвы в конце вегетации, м<sup>3</sup>/га;  $W(\pm)$ —изменения запасов влаги в активном слое почвы за период вегетации, м<sup>3</sup>/га;  $W_H$  — фактические запасы влаги в начале вегетации.

влияет теплообеспеченность вегетационного периода. При дальнейшем увеличении суммарного водопотребления и дефиците тепла рост и развитие кукурузы угнетаются и урожайность зеленой массы кукурузы снижается, что обусловлено ухудшением температурного режима, который в данном случае выступает как фактор, лимитирующий повышение урожайности кукурузы.

Расход воды на производство 1 ц зеленой массы кукурузы колеблется от 3,58 до 17,69 м<sup>3</sup>; в среднем за 20 лет он составляет 7,95 м<sup>3</sup> (табл. 5). С увеличением урожайности зеленой массы кукурузы расход воды на ее производство уменьшается (рис. 3).

### Определение сроков и норм полива

Исходя из потребности кукурузы в воде и агрометеорологического режима поля в вегетационный период в среднем за 20 лет (1966—1985 гг.) с помощью графоаналитического метода разработан режим орошения кукурузы при обеспеченности осадками, характерной для 75 % лет (рис. 4).

Расчет суммарного водопотребления кукурузного поля произведен по методу водного баланса для слоя почвы 0—100 см. Сроки полива установлены на основе рассчитанных графическим методом запасов влаги в активном слое почвы в начале вегетации для слоя 0—50 см (к концу вегетации — для слоя почвы до 100 см, что связано с ростом корневой системы кукурузы).

За верхнюю ( $W_{\max}$ ) и нижнюю ( $W_{\min}$ ) границы оптимальной влажности активного слоя почвы приняты соответственно предельная полевая влагоемкость  $W_{\text{ппв}}$  и 0,7  $W_{\text{ппв}}$ . За исходную влажность активного слоя почвы 0—50 см в начале вегетации кукурузы принята 0,8  $W_{\text{ппв}}$  — средняя многолетняя влажность верхнего 50 см слоя почвы за 20 лет на 10 мая (средний многолетний срок посева кукурузы в Московской области). Запасы влаги в активном слое почвы в течение всего периода вегетации определены подекадно расчетным водно-балансовым методом по упрощенной формуле (5).

Для получения гарантированных высоких урожаев зеленой массы кукурузы в условиях Московской области при обеспеченности осадками, характерной для 75 % лет, необходимо проводить полив 5—6 раз в год с оросительной нормой 1500—2000 м<sup>3</sup>/га, а при обеспеченности осадками, характерной для 50 % лет, — 1—3 раза с оросительной нормой 700—800 м<sup>3</sup>/га.

Поливные нормы корректируются с учетом биологической потребности кукурузы. Например, до фазы выхода в трубку ввиду медленного роста кукурузы потребность в воде незначительна, поэтому нормы полива необходимо уменьшить до увлажнительных (~150 м<sup>3</sup>/га), а в последующие сроки, с усилением роста и развития кукурузы, потребность ее в воде увеличивается и поливные нормы следует постепенно повышать, доводя до оптимума в критический период (за 10 дней до и 20 дней после выметывания метелки), что будет способствовать экономному расходу поливной воды и уменьшению себестоимости получаемой продукции.

### Выводы

1. В условиях Московской области обеспеченность кукурузы теплом находится в среднем на уровне 52%, а в 65% лет — 62—79 % потребности. Дефицит тепла в вегетационный период, особенно во время интенсивного роста и развития растений, отрицательно сказывается на урожайности зеленой массы кукурузы и является фактором, лимитирующим получение высоких урожаев кукурузы.

2. Водообеспеченность корнеобитаемого слоя почвы как по годам, так и по месяцам вегетации колеблется в значительных пределах — от 0 до 134 % потребности. В 75 % лет создается недостаточное увлажнение корнеобитаемого слоя почвы ( $K_6 < 1$ ), а по отдельным месяцам вегетации (май, июнь) — даже в 85 % лет; в 25 % лет водообеспеченность находится на уровне 50 % потребности.

3. Урожайность зеленой массы кукурузы повышается с увеличением суммарного водопотребления и обеспеченности теплом. Насыщение водой корнеобитаемого слоя почвы свыше предельной полевой влагоемкости при дефиците тепла угнетающе влияет на рост и развитие растений, что приводит к падению урожайности зеленой массы кукурузы. Частично это обусловлено и снижением температуры корнеобитаемого слоя почвы и приземного слоя воздуха, а также созданием дефицита кислорода в почве из-за вытеснения его водой.

4. С улучшением водоснабжения кукурузы наряду с увеличением урожайности зеленой массы заметно снижаются коэффициенты водопотребления.

5. Для получения гарантированных высоких урожаев зеленой массы кукурузы в условиях Московской области в сухие и среднесухие годы необходимо проводить поливы 5—6 раз в год при обеспеченности осадками, характерной для 75 % лет, и 1—2 раза при обеспеченности, характерной для 50 % лет, соответственно оросительными нормами 1500—2000 и 700—800 м<sup>3</sup>/га.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Агроклиматический справочник по Московской области. — М.: Московский рабочий, 1967. — 2. Алпатыев А. М. Влагооборот культурных растений. — Л.: Гидрометеоздат, 1954. — 3. Константинов А. Р. Агрометеорологические особенности Нечерноземья. — В кн.: Агрометеорология — Нечерноземью. Л.: Гидрометеоздат, 1978. — 4. Многолетние характеристики гидрометеорологического режима в Подмосковье, ч. 1. — М., 1982. — 5. Третьяков Н. Н. Кукуруза в Нечерноземной зоне. — М.: Колос, 1974. — 6. Справочник гидротехника. — Алма-Ата: Кайнар, 1972. — 7. Чирков Ю. И. Агрометеорология. — Л.: Гидрометеоздат, 1986. — 8. Чирков Ю. И. Агрометеорологические условия и продуктивность кукурузы. — Л.: Гидрометеоздат, 1969. — 9. Иванов Н. Н. Об определении величин испаряемости. — Изв. ВГО, 1954, т. 86, №2. — 10. Иванов Н. Н. Мировая карта испаряемости. — Л.: Гидрометеоздат, 1974.

Статья поступила 3 февраля 1989 г.