

УДК 633.2/3(571.63)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПРИМОРЬЯ КОРМОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ

Н. Н. ТРЕТЬЯКОВ, А. К. ЧАЙКА, С. Ю. ЛУГОВИЦЫН, С. Б. БОГУС

(Кафедра физиологии растений)

Необходимым условием интенсификации кормопроизводства в Приморье являются мелиорация земель, введение научно обоснованных кормовых севооборотов и структур посевных площадей, применение удобрений. Разработка технологии возделывания кормовых культур должна вестись с учетом использования потенциального плодородия почвы, агроклиматических ресурсов, необходимости максимального снижения отрицательного воздействия на урожай неблагоприятных явлений погоды. Поэтому особенно важно изучить влияние климата на формирование урожая основных культур кормовых севооборотов.

Климатические особенности Приморья определяются в первую очередь муссонным характером циркуляции атмосферы. Основное количество осадков выпадает в вегетационный период, из них 50 % и более — в июле — сентябре. Весна затяжная, с медленным накоплением тепла. В первую половину вегетационного периода выпадает мало осадков, во вторую — почти ежегодно наблюдаются выходы тайфунов, которые приносят с собой большое их количество. Характерная черта летних месяцев — высокая относительная влажность воздуха (до 70—80 %

и выше). Период с температурами выше 10° продолжается 140—160 дней, тепла накапливается за это время 2400—2500°. Последние заморозки прекращаются во второй половине мая, первые наступают во второй половине сентября. Почвы в основном лугово-бурые оподзоленные. Все это принималось во внимание при разработке Приморским НИИ сельского хозяйства научных основ создания прочной кормовой базы для животноводческих хозяйств края в 1978—1980 гг. [12].

В опытах изучалась продуктивность использования пашни при различном насыщении севооборотов кормовыми культурами в оптимальных условиях увлажнения и без полива: кукуруза с соей на силос; овес с горохом + кукуруза с соей (поукосно); овес на зерно + овес с пайзой и соей; озимая рожь (промежуточно) + овес с горохом + овес с пайзой и соей (поукосно); овес с подсевом многолетних трав, многолетние травы. Нормы удобрений рассчитывали на планируемую урожайность с корректировкой содержания питательных веществ в почве. Под овес на зерно вносили 60N90P60K, под многолетние травы после уборки покровной культуры — 60N75P60K, весной перед возобновлением вегетации — 60N60P30K, после I укоса — 60N60P30K, после II укоса — 30N30P30K, под озимую рожь — 120N90P60K, под овес с пайзой и соей — 90N90P45K, под кукурузу с соей — 160N120P120K.

В настоящей статье анализируется влияние обеспеченности теплом, влагой и радиацией на рост и развитие наиболее продуктивных культур в кормовом севообороте — кукурузу с соей (на силос), клевера с тимофеевкой. В опытах использовались следующие сорта и гибриды кормовых культур: кукуруза Буковинская 3, соя Приморская 529, клевер Приморский 28, тимофеевка Приморская местная. Нормы удобрений были рассчитаны на урожай этих культур 700—800 ц зеленой массы с 1 га.

При снижении запасов влаги в корнеобитаемом слое до 75—80 % ПВ в период вегетации проводили поливы дождевальными установками КИ-50А. Оросительная норма на посевах кукурузы с соей и многолетних трав колебалась по годам от 800 до 1200 м³/га.

Для оценки влагообеспеченности территории использовался гидрометрический коэффициент Селянинова (ГТК). При агроклиматическом

Т а б л и ц а 1

Количество осадков (мм, в числителе) и ГТК (в знаменателе) в течение вегетационного периода (по данным агрометеостанции поселка Тимирязевский)

Период	Средние многолетние	Обеспеченность лет, %				
		5	20	50	70	95
Май — сентябрь	508	702	585	507	465	351
	2,1	2,6	2,3	2,1	2,0	1,6
Май	65	138	93	60	44	12
	1,9	3,5	2,5	1,7	1,3	0,4
Июнь	85	174	118	78	57	20
	1,8	3,3	2,4	1,6	1,3	0,5
Июль	97	206	138	90	64	24
	1,6	3,0	2,1	1,4	1,0	0,4
Август	119	265	169	106	76	27
	1,8	3,7	2,5	1,6	1,2	0,5
Сентябрь	106	244	154	111	67	20
	2,4	4,9	3,3	2,5	1,5	0,5

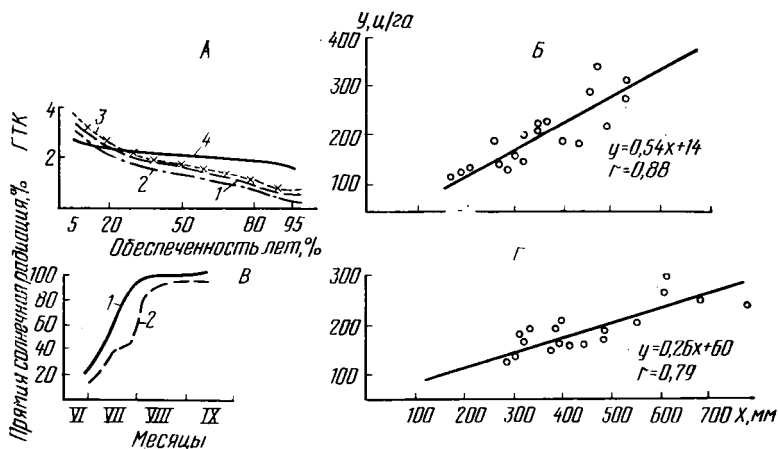


Рис. 1. ГТК за 1931—1980 гг. (А); зависимость урожайности кукурузы с соей на силос (Б) и многолетних трав (Г) от осадков; распределение прямой солнечной радиации, поступающей к поверхности почвы, под посевом кукурузы с соей на силос (В).

Для А: 1 — июнь; 2 — июль; 3 — август; 4 — норма; для В: 1 — с орошением, 2 — без орошения.

районировании Приморского края, а также юга Дальнего Востока и зоны БАМ рядом исследователей [1, 4, 6, 7] приняты следующие градации влагообеспеченности: $ГТК < 1,6$ — менее влажный или засушливый; $ГТК = 1,6—2,0$ — влажный; $ГТК > 2,0$ — избыточно влажный.

Анализ влагообеспеченности вегетационных периодов сделан на основе данных агрометстанции поселка Тимирязевский за последние 50 лет (табл. 1). Как видно из табл. 1, территория Приморья в мае — сентябре достаточно или избыточно обеспечена влагой ($ГТК \geq 1,6$ во все годы). Однако осадки выпадают по месяцам неравномерно и поэтому не обеспечивают потребности кормовых культур во влаге в критические периоды роста и развития (рис. 1, А).

Анализ показывает, что растения могут испытывать недостаток влаги в мае в 4—5 годах, июне — 5, июле — 5—6, в августе — 5 и в сентябре — 3—4 годах из 10. Переувлажнение может наблюдаться в мае в 3 годах, июне — 3, июле — 2—3, августе — 3—4 и в сентябре — в 6 годах из 10.

Оптимальная температура воздуха для роста и развития кукурузы 20° [2, 10]. Исходя из этого сумма температур воздуха за май — сентябрь должна составлять 3060° . В опыте мы оценивали теплообеспеченность по отношению фактических температур к оптимальным K_T [3, 9].

Из табл. 2 видно, что посевы кукурузы с соей в течение вегетационного периода испытывают недостаток тепла — во все годы $K_T < 1$. Дефицит тепла вегетационного периода (май — сентябрь) создается в основном за счет относительно низких майских и сентябрьских температур ($K_T 0,4—0,8$). Термические режимы, складывающиеся в мае и сентябре, не оказывают существенного влияния на формирование урожая, так как посев производится в конце мая, уборка — в первой половине сентября.

Для среднепоздних сортов кукурузы, используемых в крае на силос, необходимая сумма температур выше 10° от всходов до молочной спелости 2200° . Практически ежегодно в условиях Приморья термический режим позволяет успешно возделывать кукурузу с соей на силос. В основные периоды роста и развития растений (июнь — август) K_T равен или приближается к единице.

Обеспеченность посевов кукурузы с соей теплом: сумма температур выше 10°
(числитель) и K_T (знаменатель) в течение вегетационного периода
(данные агрометеостанции поселка Тимирязевской)

Период	Сумма тепла		Обеспеченность лет. %				
	потреб- ная	средняя много- летняя	5	20	50	70	95
Май — сентябрь	3060	2410	2650	2530	2400	2320	2150
	1,0	0,78	0,86	0,82	0,78	0,75	0,70
Май	620	334	394	372	347	326	279
	1,0	0,53	0,63	0,60	0,55	0,52	0,45
Июнь	600	465	525	486	468	453	414
	1,0	0,77	0,87	0,81	0,78	0,75	0,69
Июль	620	612	688	651	620	605	552
	1,0	0,98	1,10	1,05	1,00	0,97	0,89
Август	620	644	707	673	642	620	590
	1,0	1,03	1,14	1,08	1,03	1,00	0,95
Сентябрь	600	448	495	468	450	438	384
	1,0	0,3	0,82	0,78	0,75	0,73	0,64

За оптимальную температуру воздуха для развития и нормального роста многолетних трав принята температура 16°, которая обеспечена в условиях Приморья в 100% лет.

В ряде работ [11, 13] выявлена связь между урожайностью кормовых культур и осадками в вегетационный период, что позволило авторам дать количественную оценку агроклиматических условий формирования урожая. На основе сводных данных об урожайности кормовых культур в опытно-производственных хозяйствах Приморского НИИ сельского хозяйства и осадках за вегетационный период этих культур с 1961 по 1980 г. нами получены уравнения прямолинейной регрессии: $y_1 = 0,54x_1 + 14$, $r_1 = 0,88$; $y_2 = 0,26x_2 + 60$, $r_2 = 0,79$, где y_1 и y_2 — урожайность соответственно кукурузы с соей на силос и многолетних трав, ц/га; x_1 и x_2 — суммы осадков за май — август и май — сентябрь, мм.

Как видно из рис. 1, Б, Г и полученных уравнений, связь между урожайностью рассматриваемых культур и осадками за вегетационный период довольно тесная ($r > 0,7$). Высокие урожай можно получить в годы с количеством осадков более 500 мм и, что особенно важно, с равномерным их выпадением в течение вегетационного периода.

Наличие тесной связи между показателями теплообеспеченности вегетационного периода и урожайностью нами не обнаружено, что показывает на наличие достаточного количества тепла для нормального роста и развития растений.

За время проведения опытов вегетационный период (май — сентябрь) в среднем за исследуемые годы по влагообеспеченности можно отнести к влажному. В 1978 г. сумма выпавших осадков за вегетацию изучаемых культур составила 405 мм, в 1979 — 308 и в 1980 г. — 471 мм при средней многолетней 472 мм.

Вероятность повторения лет с таким количеством осадков соответственно составляет 90,5; 83 и 88%. Наиболее благоприятным по влагообеспеченности был 1980 г., когда ГТК был равен 1,71 (табл. 3).

В 1978—1980 гг. только 3 мес были переувлажненными (ГТК $\geq 2,0$) — май 1980 г. и август 1978 и 1979 гг., что вызвано прохожде-

Таблица 3

Показатель увлажнения
в вегетационный период (ГТК, в
числителе) и обеспеченность лет (% в
знаменателе) в годы исследований

Период	1978 г.	1979 г.	1980 г.	Среднее за 1978— 1980 гг.
Май — сен- тябрь	1,67 90,5	1,79 83,0	1,71 88,0	1,72 87,5
Май	1,15 74,0	0,62 83,0	2,04 37,0	1,27 71,0
Июнь	1,50 56,5	1,04 78,0	1,27 71,0	1,27 71,0
Июль	1,09 65,5	0,70 82,5	1,26 57,0	1,02 69,0
Август	2,28 27,5	3,66 5,5	1,32 64,0	2,42 22,5
Сентябрь	1,47 71,0	0,86 86,0	1,65 67,0	1,33 74,5

Таблица 4

Коэффициент теплообеспеченности
кормовых культур (K_T , в числителе)
и обеспеченность лет (% в знаменателе)

Период	1978 г.	1979 г.	1980 г.	Среднее за 1978— 1980 гг.
Май — сен- тябрь	0,89 4,0	0,84 12,5	0,82 20,0	0,85 8,5
Май	0,61 15,0	0,58 38,0	0,60 20,0	0,60 20,0
Июнь	0,90 4,0	0,84 12,5	0,86 7,5	0,87 5,0
Июль	1,12 5,0	1,00 50,0	0,96 73,0	1,03 50,0
Август	1,07 26,0	1,03 50,0	0,99 75,0	1,03 50,0
Сентябрь	0,76 4,0	0,74 12,5	0,71 20,0	0,74 8,5

нием тайфунов. Близким к оптимальному было увлажнение в июне и сентябре 1978 г. (1,4—1,5) и в сентябре 1980 г. (1,65). Остальные месяцы в исследуемые годы были недостаточно увлажненными или засушливыми (ГТК 1,3—0,6). Приведенные данные подтверждают, что для получения высоких устойчивых урожаев кормовых культур в условиях Приморья требуется проведение вегетационных поливов в летние месяцы (июнь — июль).

Наиболее благоприятный температурный режим для возделывания кукурузы с соей на силос складывался в 1978 г. ($K_T=0,9$), благоприятный — в 1979 и 1980 гг. (K_T 0,84 и 0,82). Сумма активных температур выше 10° за май — сентябрь равнялась в 1978 г. 2740° , в 1979 — 2560° и в 1980 г. — 2520° . Обеспеченность лет с такими суммами температур соответственно составляет 4,0; 12,5 и 20 % (табл. 4).

При оптимальной для кормовых культур среднесуточной температуре воздуха 20° фактическая обеспеченность теплом в исследуемые годы была следующая. Во все годы в мае ощущался значительный недостаток тепла ($K_T=0,6$), в июне теплообеспеченность приближалась к оптимальной (0,84—0,9), в июле и августе культуры обеспечивались теплом полностью ($K_T=1,0$), в сентябре наблюдался дефицит тепла (0,71—0,76). Такие показатели K_T повторяются в мае в 15—38 % лет, июне — в 4—12,5, июле — в 5—73,5, августе — в 26—75 и в сентябре — в 35—75,5 % лет.

Орошение является одним из самых действенных средств, способных существенно изменить фитоклимат, поскольку оно воздействует не только на влажность, но и на температуру почвы и приземного слоя воздуха. При орошении меняются составляющие теплового баланса, радиационный баланс увеличивается на 30—40 % и более за счет роста количества поглощенной коротковолновой радиации вследствие уменьшения альбедо [5].

Определение поступления прямой солнечной радиации в почве в посевах кукурузы с соей, проведенные с помощью линейки Лопухина [8], позволили выявить существенные различия по этому показателю между орошаемыми и богарными участками (рис. 1, В). В начальные

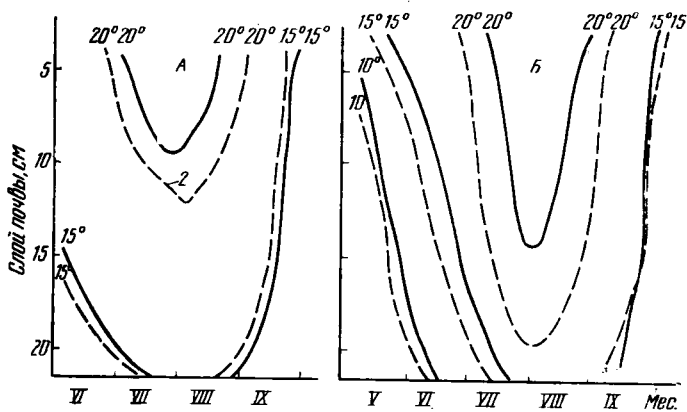


Рис. 2. Распределение температуры почвы под посевами кукурузы с соей на силос (А) и многолетних трав (Б).
1 — с орошением; 2 — без орошения.

периоды развития как на орошаемых, так и на богарных участках количества поглощенной и рассеянной радиации совпадают. В дальнейшем, уже в фазу 9-го листа, посевы кукурузы с соей при орошении закрыли 100 % поверхности почвы, т.е. вся поступающая солнечная энергия расходовалась или отражалась посевами. В то же время на богаре даже в период выметывание — цветение к поверхности почвы поступало до 5—10 % прямой солнечной радиации.

На рис. 2 показан температурный режим почвы (0—20 см) за вегетационный период кукурузы с соей и многолетних трав. Различия по этому показателю между культурами как при орошении, так и на богаре обусловлены прежде всего неодинаковой биомассой растений. Наибольшая разница в температурном режиме была в верхних слоях почвы 0—5 и 0—10 см (2—6°). На поверхности почвы она достигала 10—15°. В нижних слоях пахотного горизонта различия между орошаемым и неорошаемым участками сглаживались.

Изменение температурного режима, выразившееся в снижении температур, обусловлено прежде всего орошением, при котором формируется более мощная биомасса, препятствующая поступлению солнечной энергии к поверхности почвы. Результаты наших наблюдений за температурным режимом пахотного слоя почвы подтвердили выводы, полученные другими исследователями [3].

В годы проведения опытов на неорошаемых участках наблюдалось резкое варьирование влагозапасов в корнеобитаемом слое почвы (0—40 см) (рис. 3). Так, в посеве кукурузы с соей они изменялись в июне

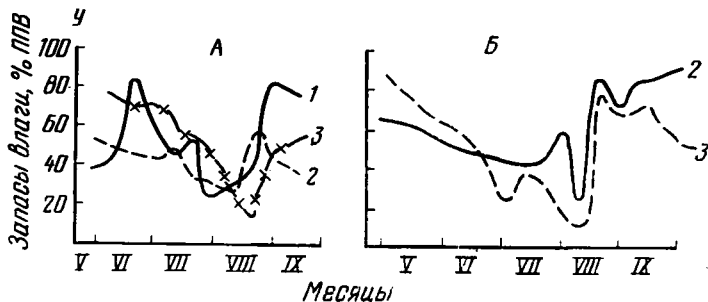


Рис. 3. Динамика влагозапасов в слое почвы 0—40 см под посевами кукурузы с соей на силос (А) и под многолетними травами (Б).

1 — 1978 г.; 2 — 1979; 3 — 1980 г

Т а б л и ц а 5

Урожайность кормовых культур (ц/га) в 1978—1980 гг. при орошении (числитель) и без орошения (знаменатель)

Культуры	1978 г.	1979 г.	1980 г.	Среднее за 3 года
Кукуруза с соей на силос	639 / 217	678 / 239	660 / 228	659 / 228
Многолетние травы	— / —	755 / 218	716 / 227	736 / 223

1978 г. в пределах 85—43 %, в июле—52—53, в августе—81—31 % ППВ; в 1979 г.—соответственно 48—42, 50—31, 59—26; в 1980 г.—72—70, 66—45 и 44—10 % ППВ; а в посеве многолетних трав в мае 1979 г.—78—63 %, в июне—56—21, в июле—38—16, в августе—68—10 % ППВ; в 1980 г.—63—54, 51—43, 59—40, 85—22 % ППВ.

При орошении запасы влаги поддерживались в течение вегетационного периода в пределах 75—85 % ППВ.

При урожае кукурузы с соей на силос 600—700 ц зеленой массы на 1 га площадь листовой поверхности в фазу цветения составляла 55—65 тыс. м²/га, ЧПФ в среднем за вегетацию—6,5—7,4 г/м²·сут и ФП—более 3—4 млн. м²·сут/га.

В посевах многолетних трав эти показатели соответственно были равны 40—35 тыс. м²/га; 4,0—4,1 г/м²·сут и 2,0—2,2 млн. м²·сут/га.

Коэффициент ФАР при орошении колебался от 2,2 до 2,6 %, на богаре—от 0,6 до 1,0 %.

Орошение способствовало значительному повышению урожая (табл. 5).

Так, в среднем за 3 года прибавка урожая от орошения составила в посевах кукурузы с соей на силос 431, многолетних трав—513 ц/га.

Исходя из данных о влагообеспеченности вегетационного периода в условиях Приморья и потребностей изучаемых культур в воде нами разработаны с помощью графоаналитического метода режимы орошения кормовых культур (рис. 4). Расчет суммарного водопотребления проведен методом упрощенного водного баланса [9].

Как видно из рис. 4, в засушливые годы в посевах кукурузы с соей на силос для поддержания в корнеобитаемом слое почвы (0—40) влажности не ниже 80 % ППВ в течение вегетационного периода необходимо провести 5 вегетационных поливов при оросительной норме 1000—1200 м³/га, а в посевах многолетних трав—6 поливов оросительной нормой 1200—1400 м³/га.

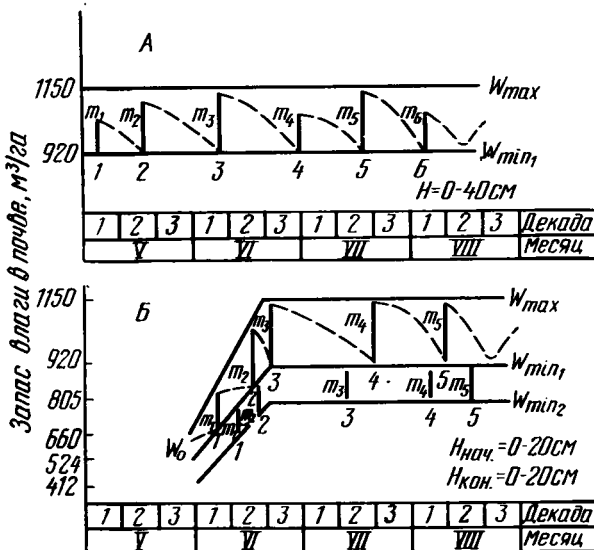


Рис. 4. Графики полива посевов многолетних трав (А) и кукурузы с соей на силос (Б) для засушливых лет. W_{max} —ППВ, W_{min1} —0,8 ППВ, W_{min2} —0,7 ППВ, W_0 —запас влаги в почве перед вегетацией; m_1 — m_6 —нормы поливов (разность между W_{max} и W_{min1}); 1—6—номера вегетационных поливов, H —глубина корнеобитаемого слоя почвы.

Следует учитывать, что полученные расчетные нормы не всегда будут совпадать со сроками, указанными на графиках. Поэтому поливные нормы и сроки поливов следует корректировать в зависимости от погодных условий и в первую очередь — от осадков. В этом случае будет более экономичный расход воды, уменьшатся затраты на полив и себестоимость продукции.

Выводы

1. Выявленная связь между урожайностью кормовых культур и осадками в вегетационный период в условиях Приморского края довольно тесная ($r > 0,7$). Полученные уравнения прямолинейной регрессии свидетельствуют о решающем влиянии осадков на формирование урожая кормовых культур.

2. Термический режим в период вегетации кормовых культур практически ежегодно позволяет успешно возделывать кукурузу с соей на силос и многолетние травы на зеленый корм.

3. Территория Приморья за период май — сентябрь достаточно или избыточно обеспечена влагой ($ГТК \geq 1,6$ в 100 % лет). В то же время выпадение осадков по месяцам неравномерное и не обеспечивает потребностей кормовых культур в основные периоды их роста и развития: в мае — в 4—5, в июне — в 5, июле — 5—6, августе — 5 и сентябре — в 3—4 года из 10.

4. Для получения высоких устойчивых урожаев кукурузы с соей на силос в условиях Приморья требуется проведение 5—6 вегетационных поливов оросительной нормой 1000—1200 м³/га, а при выращивании многолетних трав — 6—7 поливов оросительной нормой 1200—1400 м³/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агроклиматические ресурсы Приморского края. Л.: Гидрометеоздат, 1973. —
2. Агrometeorологические условия и продуктивность сельского хозяйства Нечерноземной зоны РСФСР. Л.: Гидрометеоздат, 1978. —
3. Бучинский И. Е. Засухи и суховей. Л.: Гидрометеоздат, 1976. —
4. Гулинова Н. В. Методы агроклиматической обработки наблюдений. Л.: Гидрометеоздат, 1974. —
5. Запороженко А. Л. Кукуруза на орошаемых землях. М.: Колос, 1978. —
6. Краснянская В. П., Худякова А. И., Храмцова В. Н. Агроклиматическое районирование Приморского края. — Тр. ДВНИГМИ, вып. 40. С.-х. метеорол. и климатол. Л.: Гидрометеоздат, 1950, с. 97—107. —
7. Краснянская В. П. Агроклиматическое районирование зоны строительства БАМ. — Тр. ДВНИГМИ, Л.: Гидрометеоздат, 1978, вып. 75, с. 10—26. —
8. Лопухин Е. А. Приближенный метод учета распределения суммарной радиации среди хлопчатника. — Тр. Ташкентской ГО, 1951, вып. 5(6), с. 79. —
9. Рекомендации по расчету испарения с поверхности суши. Л.: Гидрометеоздат, 1976. —
10. Третьяков Н. Н. Кукуруза в Нечерноземной зоне. М.: Колос, 1974. —
11. Третьяков Н. Н., Латифов Н. Л. и др. Урожайность кормовых культур в зависимости от метеорологических условий в Нечерноземной зоне РСФСР. — Изв. ТСХА, 1980, вып. 1, с. 37—48. —
12. Третьяков Н. Н., Дьяков И. П., Луговницин С. Ю. Особенности водного режима культур при интенсивном кормопроизводстве. — Земледелие, 1980, № 10, с. 37—39. —
13. Уланова Е. С. Применение математической статистики в агrometeorологии для нахождения уравнений связи. М.: Гидрометеоздат, 1964.

Статья поступила 23 ноября 1981 г.

SUMMARY

The relation between the yield of green mass of feeding crops (corn with soya for silage, perennial grasses) and precipitation during the growing period was established. In Primorye Territory the natural supply of water for feeding crops in 30—60 % of years is insufficient for receiving high regular yields. Deficiency of warmth for corn with soya for silage occurs mainly in May and September and thus it does not influence the formation of yield.

The application of proper cultivation correct rates of watering and fertilizing allows to reduce the negative effect of weather conditions and to receive 600—700 cent. of green mass per 1 hectare yearly.

Diagrams for watering corn with soya for silage and perennial grasses in droughty years are given.