

УРОЖАЙНОСТЬ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЕ РСФСР

Н. Н. ТРЕТЬЯКОВ, Н. Л. ЛАТИФОВ, В. Н. ОСИПОВ, С. А. ИШУТИН, С. В. ГРИСЛИС
(Кафедра физиологии растений)

Интенсификация кормопроизводства в Нечерноземье предполагает проведение мелиорации земель, освоение научно обоснованных кормовых севооборотов и структур посевных площадей, повышение урожайности кормовых культур. При этом технология возделывания растений должна в максимальной степени снимать отрицательное воздействие на них неблагоприятных климатических условий. Поэтому особенно важно изучить, как влияют погодные условия на колебания урожайности основных культур кормовых севооборотов.

В целях разработки научных основ создания прочной кормовой базы для крупных животноводческих комплексов при использовании животноводческих стоков как удобрения и для орошения были проведены комплексные исследования в 1975—1978 гг. в экспериментальном мясо-молочном совхозе «Вороново» Подольского района Московской области.

В опытах применялись минеральные, органические и органо-минеральные удобрения в дозах, рассчитанных на получение урожая зеленой массы кукурузы 800 ц/га, кормовой свеклы — 1200, многолетних трав — 500, однолетних трав — 250, ячменя — 50, пастбищных трав — 500 ц/га. Оросительная норма при вегетационных поливах во все годы исследований составляла 600—700 м³/га.

Методика проведения опытов¹, схема расположения делянок, расчетные дозы удобрений на планируемый урожай зеленой массы, а также почвенные условия подробно описаны в уже опубликованной работе [11].

Для количественной оценки агроклиматических факторов формирования урожая кормовых культур нами было проведено сопоставление урожайности сельскохозяйственных культур и агроклиматических ресурсов Московской области за 1975—1978 гг.

Метеорологические показатели для характерных лет (благоприятного, среднеблагоприятного, среднего и неблагоприятного) проанализированы на основе данных Михайловской метеостанции за 1965—1978 гг.

По влагообеспеченности (табл. 1) в период апрель—сентябрь 3 года из 14 лет были благоприятными (коэффициент увлажнения K_y 1,22—1,03), 3 года — среднеблагоприятными (K_y 0,92—0,87), 3 года — средними (K_y 0,80—0,79), 2 года — среднеблагоприятными (K_y 0,78—0,77) и 3 года — неблагоприятными (K_y 0,66—0,64); в период май—август — соответственно 3 года (1,34—1,10), 4 (0,96—0,90), 2 (0,73—0,71), 3 (0,68—0,62) и 2 года (0,52—0,51).

При расчетах влагообеспеченности кормовых культур за оптимум принимали испаряемость, которая, согласно данным А. М. Алпатьева и других исследователей, равна суммарному водопотреблению культур при оптимальной влагообеспеченности корнеобитаемого слоя почвы. За оптимум температуры для нормального роста и развития кукурузы принята температура 20° [5, 10 и др.].

За время проведения полевых опытов вегетационный период (апрель—сентябрь) 1975 г. можно отнести к средним по влагообеспечен-

¹ В проведении полевых опытов принимал участие Г. С. Гусев.

Естественная влагообеспеченность территории
(по данным Михайловской метеорологической станции) за 1965—1978 гг.

Периоды и E_0 , мм	Среднее многолетнее	Обеспеченность лет, %				
		1	25	50	75	100
Январь—декабрь, 489	$\frac{609}{1,24}$	$\frac{710}{1,45}$	$\frac{639}{1,30}$	$\frac{541}{1,10}$	$\frac{510}{1,04}$	$\frac{408}{0,83}$
Апрель—сентябрь, 400	$\frac{368}{0,92}$	$\frac{490}{1,22}$	$\frac{370}{0,92}$	$\frac{321}{0,80}$	$\frac{308}{0,77}$	$\frac{256}{0,64}$
Май—сентябрь, 307	$\frac{255}{1,20}$	$\frac{413}{1,34}$	$\frac{296}{0,96}$	$\frac{278}{0,90}$	$\frac{194}{0,63}$	$\frac{158}{0,52}$
Апрель, 47	$\frac{36}{0,77}$	$\frac{92}{1,95}$	$\frac{49}{1,04}$	$\frac{36}{0,76}$	$\frac{28}{0,59}$	$\frac{14}{0,31}$
Май, 78	$\frac{46}{0,59}$	$\frac{104}{1,32}$	$\frac{67}{0,85}$	$\frac{40}{0,51}$	$\frac{35}{0,45}$	$\frac{11}{0,14}$
Июнь, 85	$\frac{68}{0,79}$	$\frac{140}{1,64}$	$\frac{67}{0,78}$	$\frac{52}{0,61}$	$\frac{33}{0,40}$	$\frac{8}{0,09}$
Июль, 72	$\frac{85}{1,17}$	$\frac{148}{2,05}$	$\frac{106}{1,46}$	$\frac{96}{1,32}$	$\frac{65}{0,90}$	$\frac{38}{0,53}$
Август, 71	$\frac{73}{1,02}$	$\frac{145}{2,04}$	$\frac{82}{1,15}$	$\frac{62}{0,87}$	$\frac{36}{0,51}$	$\frac{15}{0,21}$
Сентябрь, 46	$\frac{61}{1,33}$	$\frac{78}{1,70}$	$\frac{60}{1,31}$	$\frac{59}{1,27}$	$\frac{22}{0,47}$	$\frac{14}{0,30}$

Примечание. В числителе — количество выпавших осадков, мм; в знаменателе — K_u ; испаряемость E_0 определена по Иванову [8]: $E_0 = 0,0018 (25 + t)^2 \cdot (100 - \alpha)$, где E_0 — испаряемость, мм, t — среднесуточная температура воздуха, °С; α — среднесуточная относительная влажность воздуха, %.

Таблица 2

Коэффициенты обеспеченности кормовых культур теплом в опытный период

Месяц	1975	1976	1977	1978	Среднее за 1965—1978 гг.
Апрель	$\frac{0,45}{8,5}$	$\frac{0,24}{50}$	$\frac{0,76}{1}$	$\frac{0,18}{75}$	0,28
Май	$\frac{0,74}{8,5}$	$\frac{0,50}{75}$	$\frac{0,68}{25}$	$\frac{0,50}{83,5}$	0,59
Июнь	$\frac{0,85}{8,5}$	$\frac{0,63}{100}$	$\frac{0,77}{50}$	$\frac{0,66}{91,5}$	0,77
Июль	$\frac{0,90}{25}$	$\frac{0,77}{83,5}$	$\frac{0,88}{33,5}$	$\frac{0,76}{91,5}$	0,79
Август	$\frac{0,73}{83,5}$	$\frac{0,69}{100}$	$\frac{0,79}{66,5}$	$\frac{0,69}{91,5}$	0,77
Сентябрь	$\frac{0,65}{1,0}$	$\frac{0,43}{91,5}$	$\frac{0,44}{75}$	$\frac{0,45}{66,5}$	0,49
Май—август	$\frac{0,80}{16,5}$	$\frac{0,65}{100}$	$\frac{0,77}{33,5}$	$\frac{0,65}{91,5}$	0,81
Апрель—сентябрь	$\frac{0,71}{1,4}$	$\frac{0,55}{91,5}$	$\frac{0,69}{16,5}$	$\frac{0,54}{100}$	0,62
Январь—декабрь	$\frac{1,15}{16,5}$	$\frac{0,84}{100}$	$\frac{1,12}{25}$	$\frac{0,87}{91,5}$	0,65

Примечание. В числителе — коэффициенты обеспеченности температурой, K_t , в знаменателе — процент обеспеченности лет.

Обеспеченность кукурузы теплом
(по данным Михайловской метеорологической станции за 1965—1978 гг.)

Период	Потребная сумма тепла	Обеспеченность лет, %				
		1	25	50	75	100
Январь — декабрь	3660 <u>1,00</u>	2804 <u>0,77</u>	2698 <u>0,74</u>	2410 <u>0,66</u>	2209 <u>0,62</u>	2002 <u>0,55</u>
Апрель—сентябрь	3660 <u>1,00</u>	2645 <u>0,72</u>	2541 <u>0,69</u>	2264 <u>0,63</u>	2155 <u>0,60</u>	1992 <u>0,54</u>
Май — сентябрь	2460 <u>1,00</u>	2186 <u>0,89</u>	1972 <u>0,80</u>	1870 <u>0,76</u>	1736 <u>0,70</u>	1599 <u>0,65</u>
Апрель	600 <u>1,00</u>	456 <u>0,76</u>	204 <u>0,34</u>	144 <u>0,24</u>	108 <u>0,18</u>	33 <u>0,06</u>
Май	620 <u>1,00</u>	505 <u>0,81</u>	421 <u>0,68</u>	364 <u>0,58</u>	310 <u>0,50</u>	206 <u>0,40</u>
Июнь	600 <u>1,00</u>	549 <u>0,91</u>	480 <u>0,80</u>	462 <u>0,77</u>	450 <u>0,75</u>	381 <u>0,63</u>
Июль	620 <u>1,00</u>	663 <u>1,07</u>	558 <u>0,9</u>	530 <u>0,86</u>	490 <u>0,09</u>	468 <u>0,75</u>
Август	620 <u>1,00</u>	611 <u>0,98</u>	505 <u>0,81</u>	471 <u>0,77</u>	456 <u>0,73</u>	428 <u>0,69</u>
Сентябрь	600 <u>1,00</u>	390 <u>0,65</u>	330 <u>0,55</u>	297 <u>0,49</u>	264 <u>0,44</u>	213 <u>0,35</u>

Примечания. 1. В числителе — сумма температур, в знаменателе — коэффициент обеспеченности положительными температурами K_t . 2. За оптимум принята температура 20°.

ности, 1976 г. — к благоприятным, 1977 и 1978 гг. — к среднеблагоприятным. По температурному режиму (табл. 2) 1975 год был наиболее благоприятным (сумма положительных температур 2645°), 1977 — благоприятным (2617°), а 1976 и 1978 годы — менее благоприятными (2004 и 1992° соответственно).

Наиболее важный для роста и развития кормовых культур период (май—август) по обеспеченности осадками был самым благоприятным в 1976 г., когда выпало 413 мм осадков, в 1978 г. — уже 339,6, в 1975 г. — 295,6 и в 1977 г. — 282,8 мм. Вероятность повторения лет с такими количествами осадков составляет соответственно 1; 16,5; 25 и 41,5 %. По обеспеченности теплом в данный период наиболее благоприятными также оказались 1975 (сумма температур 1982°) и 1977 годы (1898°); менее благоприятными — 1978 и 1976 годы (1611 и 1599° соответственно). Поскольку оптимальная сумма температур за май — август составляет 2460°, за апрель — сентябрь — 3660°, то во все исследуемые годы имелся определенный дефицит тепла для нормального роста и развития кукурузы и кормовой свеклы.

В такие месяцы, как май, июнь и август, в 100 % лет наблюдался дефицит тепла для роста и развития кормовых культур, особенно кукурузы и кормовой свеклы. Самый значительный дефицит тепла бывает в мае, минимальный — в июле. Как видно из табл. 2, коэффициент обеспеченности теплом в оптимальный период опускался до 0,18 в апреле 1978 г., до 0,50 в мае 1976 и 1978 гг., до 0,63 в июне 1976 г., до 0,76 в июле 1978 г., до 0,69 в августе 1976 и 1978 гг.

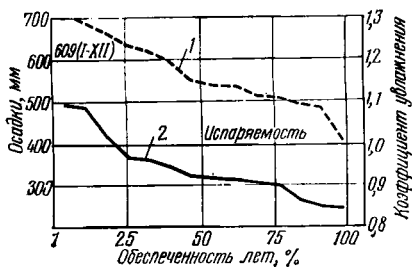


Рис. 1. Обеспеченность осадками вегетационного периода и динамика коэффициента увлажнения в убывающем порядке за период 1965—1978 гг.

1 — за календарный год; 2 — за вегетационный период (апрель — сентябрь).

В условиях Московской области температура в вегетационный период ниже оптимальной для роста и развития кормовых культур, особенно кукурузы. Даже в среднеобеспеченные годы (50 % лет) в мае, июне, июле и августе обеспеченность теплом не превышала соответственно 58; 77; 93 и 77 % (табл. 3).

Эти данные говорят о необходимости регулирования обеспеченности растений теплом путем определения оптимальных сроков сева и применения оптимальной агротехники, удобрений, орошения.

Орошение является одним из самых действенных средств, способных существенно изменить фитоклимат, поскольку 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 процентов и более за счет роста количества поглощенной коротковолновой радиации вследствие уменьшения альбедо [6]. Орошение, увеличивая влажность приземного слоя воздуха, уменьшает интенсивность транспирации.

Как видно из табл. 4 и рис. 1, по коэффициенту увлажнения (K_y) в целом за год Московская область относится к зоне достаточного увлажнения. Из исследованных 14 лет только 3 года (21 %) имели небольшой дефицит влагообеспеченности (K_y 0,98—0,83). Что же касается значительной K_y в вегетационный период, то, как показывает анализ, здесь из

Таблица 4

Коэффициенты увлажнения (K_y) в опытный период

Месяцы	1975	1976	1977	1978	В среднем за 1965—1978 гг.
Апрель	$\frac{0,65}{58,5}$	$\frac{0,91}{31,5}$	$\frac{0,59}{75}$	$\frac{0,31}{100,0}$	0,77
Май	$\frac{0,46}{66,5}$	$\frac{1,32}{1,0}$	$\frac{0,85}{25}$	$\frac{0,95}{16,5}$	0,59
Июнь	$\frac{0,65}{41,5}$	$\frac{1,64}{1,0}$	$\frac{0,77}{33,5}$	$\frac{1,03}{8,5}$	0,79
Июль	$\frac{1,46}{25}$	$\frac{1,44}{33,5}$	$\frac{1,06}{66,5}$	$\frac{1,32}{50,0}$	1,17
Август	$\frac{1,39}{17}$	$\frac{0,89}{33,5}$	$\frac{1,04}{33,5}$	$\frac{1,15}{25,0}$	1,02
Сентябрь	$\frac{0,47}{75}$	$\frac{0,45}{83,5}$	$\frac{1,30}{41,5}$	$\frac{1,31}{25,0}$	1,32
Май — август	$\frac{0,96}{25}$	$\frac{1,34}{1,0}$	$\frac{0,92}{41,5}$	$\frac{1,10}{16,5}$	1,20
Апрель — сентябрь	$\frac{0,87}{33,5}$	$\frac{1,19}{8,5}$	$\frac{0,92}{25}$	$\frac{1,03}{16,5}$	0,92
Январь — декабрь	$\frac{1,04}{66,5}$	$\frac{1,39}{6,5}$	$\frac{1,28}{31,5}$	$\frac{1,09}{58,5}$	1,24

Примечание. В числителе — коэффициенты обеспеченности, в знаменателе — процент обеспеченности лет.

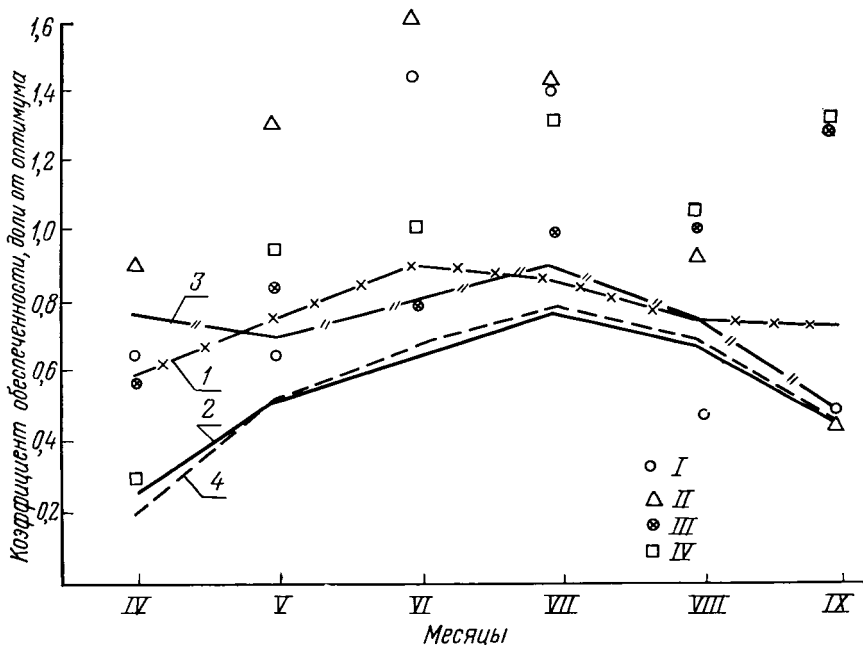


Рис. 2. Динамика коэффициентов обеспеченности кукурузы теплом (I—IV) и атмосферными осадками (1—4).
I и 1 — 1975 г.; II—2 — 1976 г.; III—3 — 1977 г.; IV—4 — 1978 г.

14 лет только 3 года (21 %) имели положительный водный баланс, а 11 лет (79 %) характеризовались определенным дефицитом влагообеспеченности культур (K_y 0,96—0,51). В отдельные месяцы K_y колебался в больших пределах, например в мае от 1,32 до 0,14. Только в 14 % лет водный баланс в мае был положительным, 86 % лет — отрицательным (K_y 0,95—0,14). В 79 % лет май был засушливым или острозасушливым, июнь в 65 % лет — также засушливым или острозасушливым, только в 14 % лет водный баланс оказался положительным. Июль лучше обеспечен атмосферными осадками (только в 28 % лет водный баланс отрицательный, K_y 0,90—0,53). В августе,

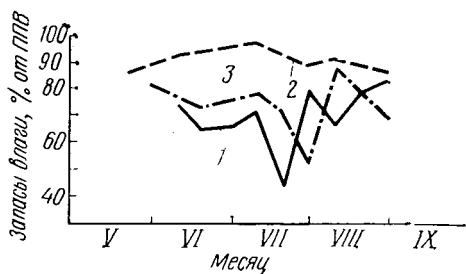


Рис. 3. Динамика запасов влаги в слое почвы 0—40 см под кукурузой.
1 — 1975 г.; 2 — 1976 г.; 3 — 1977 г.

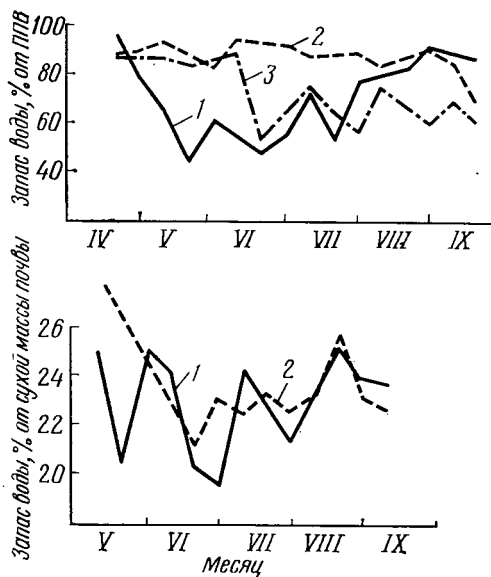


Рис. 4. Динамика запасов влаги в слое 0—40 см под многолетними травами (вверху) и на пастбище.
1 — 1975 г.; 2 — 1976 г.; 3 — 1977 г.

когда в основном завершается процесс формирования урожая кукурузы, в 70 % лет был отрицательный водный баланс ($K_y 0,89-0,21$).

Данные табл. 1 и 4 показывают, что для получения высоких устойчивых урожаев кормовых культур в условиях Московской области требуется проведение вегетационных поливов почти в 80 % лет.

В годы проведения полевых опытов (1975—1978) наблюдались существенные колебания значения основных факторов, определяющих формирование высоких урожаев кормовых культур по периодам вегетации культур (табл. 3,4; рис. 2, 3, 4). Так, запасы влаги в корнеобитаемом слое почвы (0—40 см) опускались в июле под кукурузой до 39 %, под кормовой свеклой до 34 и под многолетними травами до 43,6 % ППВ. Наибольший дефицит влаги в корнеобитаемом слое почвы грихотился на вторую половину июля и начало августа, несмотря на большее количество атмосферных осадков. Это связано с тем, что в указанный период идет интенсивный рост (накопление биомассы) кормовых культур (рис. 5). Следовательно, два полива оросительной нормой 600—700 м³/га не удовлетворяют потребности кормовых культур во влаге для формирования планируемых урожаев.

В посевах кукурузы (рис. 5) в 1976 и 1978 гг. из-за частых атмосферных осадков в начале вегетационного периода и недостаточного количества тепла накопление биомассы началось значительно позже (примерно на 1 мес), чем в 1975 и 1977 гг., что и определило более низкий урожай зеленой массы. Накопление последней коррелирует с обеспеченностью теплом (рис. 6). С увеличением суммы положительных температур (при равенстве других факторов) урожай зеленой массы кукурузы повышался. Однако в 1978 г. из-за отсутствия вегетационных поливов, которые не производились по техническим причинам, лимитирующим урожай фактором была обеспеченность корнеобитаемого слоя почвы продуктивной влагой.

Наличие определенной корреляции между урожаями сельскохозяйственных культур и метеорологическими факторами отмечалось многими исследователями [4, 14]. Так, в работе И. С. Шатилова с

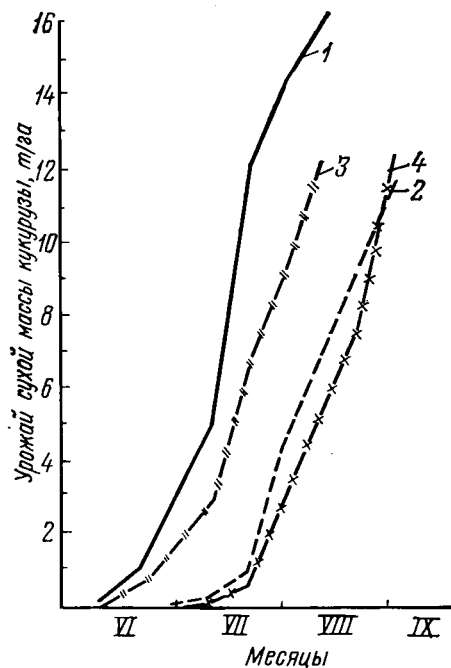


Рис. 5. Динамика накопления сухой массы кукурузы при сплошном посеве на органо-минеральном фоне.
1 — 1975 г.; 2 — 1976; 3 — 1977; 4 — 1978 г.

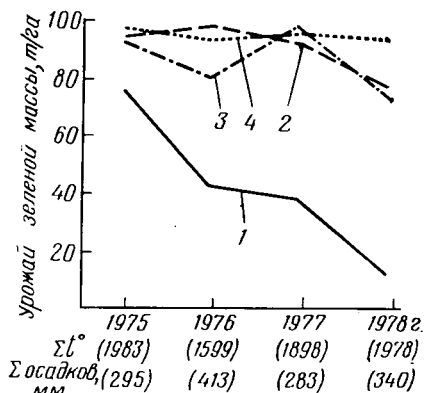


Рис. 6. Зависимость урожая зеленой массы кукурузы при сплошном посеве от суммы тепла и осадков.

1 — без удобрений; 2 — минеральные удобрения; 3 — жидкий навоз; 4 — минеральные удобрения+жидкий навоз.

сотрудниками [14] была выявлена наиболее тесная корреляция ($r = 0,85$) между количеством осадков и урожаем зерна озимой пшеницы в период июнь — 20 июля, урожаем зерна ячменя, овса, сена, многолетних трав (1-й укос) — в июне, а урожаем клубней картофеля — в июле и первой половине августа.

Из табл. 5 видно, что прибавка урожая корнеплодов кормовой свеклы от полива в 1975 и 1977 гг. составила соответственно 388 и 430 ц/га, а зеленой массы кукурузы — 170 и 135 ц/га.

Урожайность кормовой свеклы в большой степени зависит от развития листового аппарата. Поскольку максимальный для Московской области приход фотосинтетически активной радиации (ФАР) 25 млн. ккал/га в день приходится на июнь и июль, необходимо с помощью агротехнических приемов добиваться того, чтобы к этому времени посевы кормовой свеклы сформировали хорошую листовую поверхность. В наших опытах из-за низких температур воздуха и частых дождей 1976 год был менее благоприятным для кормовой свеклы, а урожай ниже, чем в 1975 и 1977 гг. Удобрения способствовали увеличению урожайности кормовой свеклы, и в 1976 г. на удобренных полях она была более чем в 2 раза выше контрольной (табл. 6).

В среднем за 4 года не получено существенных различий в прибавках урожаев свеклы в зависимости от системы удобрения, но наблюдалась тенденция их увеличения при внесении жидкого навоза как отдельно, так и совместно с минеральными удобрениями (табл. 6). Это объясняется дополнительным увлажнением корнеобитаемого слоя почвы за счет влаги, содержащейся в жидком навозе.

Урожай зерна ячменя также колебались по годам. Наибольшие различия наблюдались между этими показателями в 1977 и 1978 гг.: в контроле разница в урожаях была равна 14,4 ц/га, на минеральном фоне — 12, на органическом (жидкий навоз) — 24,7, на органо-минеральном — 16,0 ц/га.

При этом максимальные урожаи зерна ячменя во всех вариантах в 1977 г. определялись наиболее благоприятными для ячменя температурным и водным режимами в апреле — июле, а минимальные в 1978 г. — недостаточной влагообеспеченностью в начале вегетации (в апреле $K_y 0,31$) и низкими температурами воздуха в течение всего вегетационного периода.

Урожай многолетних трав злаковой травосмеси — ежа, тимофеевка луговая, костер безостый — в 1-й и 2-й годы пользования также зависели от метеорологических условий, но при внесении расчетных доз удобрений, особенно навозной жижи, колебание этого показателя по годам уменьшалось (табл. 6).

Наблюдалась различная реакция разных видов трав на изменения метеорологических условий. Например, тимофеевка луговая обладает хорошей зимостойкостью, удовлетворительно переносит кратковременное иссушение корнеобитаемого слоя почвы, хотя при этом сбор зеленой массы заметно снижается. Она нормально растет и дает хороший урожай при суммарном водопотреблении в первые два месяца вегетации 800—1200 м³/га и сумме положительных температур 600—700° [13].

У пастбищных травосмесей даже при кратковременном недостатке продуктивной влаги в период вегетации заметно снижается урожай и его качество. При недостатке продуктивной влаги весной сокращается

Таблица 5

Урожайность многолетних трав и кормовой свеклы (ц/га) при поливе и без полива

Годы	Кормовая свекла (корнеплоды)		Многолетние травы (зеленая масса)	
	полив	контроль	полив	контроль
1975	1168	780	465	295
1977	1065	635	545	410

Урожай кормовых культур (ц/га) в 1975—1978 гг. при различных системах удобрения

Культура, способ посева, густота стеблестоя в год пользования, тыс. га	1975	1976	1977	1978	Среднее за 4 года
Без удобрений (контроль)					
Кукуруза (зеленая масса):					
широкорядный,					
150	640	479	328	98,5	368,4
сплошной, 600	743	421	387	120,0	417,8
Кормовая свекла (корнеплоды):					
50	740	335	319	215	402,5
80	813	317	385	—	505,0
Однолетние травы (севооборотное звено I)	144,4	181,0	203	101	157,3
Многолетние злаковые травы:					
1-го года пользования	—	308	216	166	230,0
2-го года пользования	313	—	159	271	247,6
Пастбища	—	270	194	—	232,0
Ячмень	26,5	17,9	28,1	13,7	21,55
Минеральные удобрения (расчетные дозы)					
Кукуруза:					
150	686	702	782	504,4	668,0
600	933	951	917	766,0	891,8
Кормовая свекла:					
150	1018	653	794	671	784,0
80	1122	719	813	—	884,6
Однолетние травы	170,1	324,3	395	295	296,1
Многолетние злаковые травы:					
1-го года пользования	—	624	421	528	524,3
2-го года пользования	409	—	441	517	455,7
Пастбища	—	428,5	418,7	—	423,6
Ячмень	42,8	32,0	43,6	30,8	37,3
Жидкий навоз					
Кукуруза:					
150	719	660	823	442	661,0
600	924	784	960	815	870,7
Кормовая свекла					
50	1259	630	913	505	826,7
80	1291	696	1033	—	1006,6
Однолетние травы	173,0	240,8	391	306	277,7
Многолетние злаковые травы:					
1-го года пользования	—	515	477	525	505,6
2-го года пользования	359	—	453	571	460,6
Пастбища	—	—	—	—	—
Ячмень	41,9	26,4	46,9	22,2	343,5
Минеральные удобрения + жидкий навоз					
Кукуруза:					
150	710	756	793	522,9	695,5
600	942	914	937	911,0	926,0
Кормовая свекла:					
50	1123	635	1033	770	890,2
80	1062	684	1020	—	922,0

Культура, способ посева, густота стеблестоя в год пользования, тыс. га	1975	1976	1977	1978	Среднее за 4 года
Однолетние травы	188,9	306,3	422	233	287,5
Многолетние злаковые травы:					
1-го года пользования	—	515	464	574	517,7
2-го года пользования	381	—	443	620	531,5
Пастбища	—	421,0	417,0	—	419,0
Ячмень	44,5	33,9	45,4	29,4	38,3
НСР ₀₅					
Кукуруза:					
по удобрениям	100,0	105,1	60,8	95,8	—
по густоте	79,5	110,2	98,9	92,2	—
Кормовая свекла:					
по удобрениям	240,0	344,6	168,1	122,0	—
по густоте	176,7	117,2	111,8	—	—
Однолетние травы	36,2	88,6	86,4	—	—
Многолетние травы:					
по удобрениям	—	25,9	11,4	12,8	151,6
по травосмесям	—	24,0	8,4	6,4	104,2
Ячмень	4,1	3,9	5,0	4,5	—

Примечание. Кукуруза сорта Буковинский 3; кормовая свекла сорта Тимирязевская 56; ячмень сорта Московский 121; травосмесь: ежа сборная, костер безостый, тимopheевка луговая, клевер красный.

число побегов, уменьшаются количество и размер листьев, летом отмирают и засыхают листья, осенью ослабляется энергия кушения [13]. Даже в зоне достаточного увлажнения в посевах трав наблюдается недостаток продуктивной влаги из-за большого потребления ее фитоце-

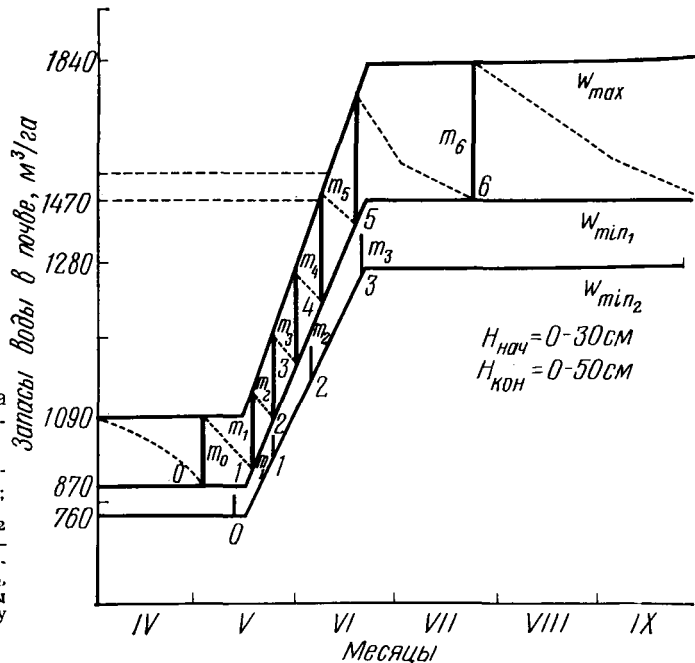


Рис. 7. График полива кукурузы для среднесушных лет.

W_{max} — предельная полевая влагоемкость (ППВ); W_{min1} — 0,8 ППВ; W_{min2} — 0,7 ППВ; 1, 2, 3, 4, 5, 6 — номера расчетных вегетационных поливов; $m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, m_6$ — нормы поливов (разность между W_{max} и W_{min})

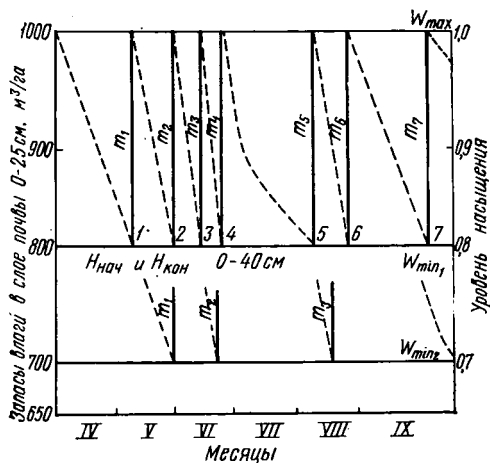


Рис. 8. График полива долголетних культурных пастбищ. Обозначения те же, что на рис. 7

показали, что при продолжительной засухе, как, например, в 1972 г., из-за острого дефицита продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы пастбищные травы почти полностью выгорают после 1-го или 2-го укоса, а качество оставшейся зеленой массы снижается. При поддержании в корнеобитаемом слое почвы влажности свыше 70 и 80 % ППВ урожай зеленой массы трав составил соответственно 210 и 242 ц/га против 86,3 ц/га в контроле (без полива), а при внесении расчетных доз минеральных удобрений — соответственно 432,5 и 535,5 ц/га против 184,5 ц/га в контроле.

Исходя из данных о влагообеспеченности вегетационного периода и потребности растений в воде мы разработали с помощью графоаналитического метода режимы орошения кормовых культур. Для примера приводим режим орошения культурных пастбищ и кукурузы (рис. 7 и 8) для среднесухих лет.

Расчет суммарного водопотребления произведен по методу А. М. Алпатьева² [2]:

$$M_c = KE,$$

где M_c — суммарное водопотребление; E — испаряемость; K — биологический коэффициент, или коэффициент суммарного расхода воды, характеризующий отношение суммарного водопотребления данной культуры при оптимальной влажности почвы к испаряемости; определяется он обычно опытным путем ($K=0,6 \div 0,3$).

Испаряемость получали по формуле Н. Н. Иванова [8]:

$$E = 0,0018(25 + t)^2 \cdot (100 - \alpha),$$

где E — испаряемость за месяц, мм; t — средняя месячная температура воздуха; α — относительная влажность воздуха, %. Следовательно, суммарное водопотребление равно

$$M_c = K \cdot 0,0018(25 + t)^2 \cdot (100 - \alpha).$$

Как видно из рис. 7, 8, в среднесухой год для поддержания в корнеобитаемом слое почвы (0—40 см) влажности не ниже 80 % ППВ в

нозом. Поэтому культурные пастбища, где преобладают наиболее отзывчивые на увлажнение травы (тимфеевка луговая, ежа сборная, костер безостый, клевер белый и др.), необходимо орошать.

В совхозе «Вороново» (табл. 6) орошение пастбищ совместно с внесением удобрений способствовало формированию урожая пастбищного травостоя более 400 ц зеленой массы с 1 га, а на неободренных участках — 190—270 ц/га. Применение орошения сглаживало отрицательное действие недостатка влаги для трав в 1977 г. и низких температур в 1976 г.

Наши исследования [1]

² Согласно К. К. Битюкову, М. Е. Осташевой [3], суммарное водопотребление, определенное расчетным путем по испаряемости методом Алпатьева, наиболее близко к фактическому.

течение вегетационного периода необходимо поливать кукурузу 6 раз оросительной нормой 1000—1500 м³/га; многолетние травы и культурные пастбища — 7 раз оросительной нормой 1500—2000 м³/га, а для поддержания влажности не ниже 70 % следует поливать кукурузу 3 раза оросительной нормой около 900—1100 м³/га, многолетние травы и культурные пастбища — 3 раза оросительной нормой около 1000—1100 м³/га.

Следует учитывать, что расчетные нормы водопотребления не всегда совпадают с фактическим у данной культуры. Дело в том, что не все культуры одинаково и равномерно используют почвенную влагу непосредственно для нормального роста и развития. Кукуруза, например, в начале вегетации медленно растет и развивается, а потому использует незначительное количество почвенной воды и питательных веществ. Это, однако, не значит, что ее в этот период не следует поливать или удобрять. При отсутствии в корнеобитаемом слое почвы необходимого, хотя и минимального, количества воды и элементов питания, растения плохо растут и в последующем даже при оптимизации режимов орошения и удобрения не смогут преодолеть отставания в своем росте и развитии. Поэтому поливные нормы необходимо корректировать с учетом биологической потребности кукурузы, т. е. при тех же сроках полива до фазы выхода в трубку (рис. 7, 8) нормы его необходимо уменьшить до увлажнительных (100—150 м³/га), а в последующие сроки их следует постепенно увеличивать, доводя до оптимума в критический период. В этом случае достигается более экономный расход поливной воды, уменьшаются затраты на полив и себестоимость продукции.

Выводы

1. Дефицит влагообеспеченности кормовых культур (коэффициент увлажнения K_y 0,96 — 0,51) отмечался в период апрель — сентябрь в течение 11 лет (79 %) из 14 обследованных (1965—1978). В отдельные месяцы вегетации K_y колебался в больших пределах. Положительный водный баланс в апреле был лишь 4 года из 14 лет (т. е. 28 % лет), в мае — 2 года (14 %), в июне — 2 года (14 %), в июле — 10 лет (72 %), в августе — 5 лет (36 %), в сентябре — 8 лет (51 %).

Для получения высоких и стабильных урожаев кормовых культур в условиях Московской области требуется проведение вегетационных поливов почти в 80 % лет.

2. Дефицит тепла, особенно для кукурузы и кормовой свеклы, наблюдается в течение всего вегетационного периода в 100 % лет. В среднеблагоприятные годы, на которые приходится 50 % лет, в мае, июне, июле и августе обеспеченность теплом кукурузы и кормовой свеклы в условиях Московской области не превышает соответственно 58, 77, 93 и 77 % к оптимуму. Для получения высоких урожаев кормовых культур в условиях Московской области и ряда других областей Нечерноземной зоны необходимо регулировать обеспеченность их теплом путем установления оптимальных сроков и способов сева с учетом погодных условий года, подбора участка, режимов орошения и удобрения.

3. Применение расчетных доз удобрений на планируемый урожай, создание оптимального водного режима корнеобитаемого слоя почвы, своевременный сев (ранние сроки) способствуют снижению отрицательного воздействия на кормовые культуры не только недостатка влаги, но и тепла и позволяют получать ежегодно урожай зеленой массы кукурузы на уровне 500—950 ц/га, многолетних злаковых трав — 360—620, однолетних трав — 200—420, пастбишных трав — 400—530, кормовой свеклы — 650—1300 ц/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Н. Г., Латифов Н. Л., Лабузов Г. З. Эффективность минеральных удобрений при разных режимах орошения культурных пастбищ Московской области. — Изв. ТСХА, 1975, вып. 1, с. 75—91. — 2. Алпатов А. М. Влагооборот культурных растений. Л., Гидрометеониздат, 1954. — 3. Битюков К. К., Остахова М. Е. Сравнительная оценка методов определения суммарного водопотребления. — Тр. ЦНИ станции по с.-х. использованию сточных вод. Вып. 1. М., 1969, с. 101—112. — 4. Будыко М. И. Теория влияния климатических факторов на фотосинтез. — Докл. АН СССР, 1964, т. 158, № 2, с. 331—334. — 5. Вавилов П. П., Болотова Е. С. Особенности роста и развития кукурузы. — Тр. Коми филиала АН СССР, 1961, № 18, с. 4—25. — 6. Запороженко-А. Л. Кукуруза на орошаемых землях. М., «Колос», 1978. — 7. Гольцберг И. А. Микроклимат и его значение в сельск. хоз-вс. Л., Гидрометеониздат, 1957. — 8. Иванов Н. Н. Карта испаряемости в равнинной части СССР. — Учен. зап. ЛГУ, 1959, сер. географ., № 269, вып. 13. — 9. Синицина Н. И., Гольцберг И. А., Струнников Э. А. Агроклиматология. Л., Гидрометеониздат, 1973. — 10. Третьяков Н. Н. Кукуруза в Нечерноземной зоне. М., «Колос», 1974. — 11. Третьяков Н. Н., Гусев Г. С., Осипов В. Н. Опыт получения планируемых урожаев кормовых культур в условиях животноводческих комплексов. — Изв. ТСХА, 1977, вып. 6, с. 29—40. — 12. Чирков Ю. И. Агрометеорологические условия и продуктивность кукурузы. Л., Гидрометеониздат, 1969. — 13. Руднев Г. В. Метеорология на службе урожая. Л., Гидрометеониздат, 1978. — 14. Шатилов И. С., Замаараев А. Г., Чаповская Г. В. Фотосинтетическая деятельность растений в полевых севооборотах. — Докл. ТСХА, 1975, вып. 214, с. 5—9.

Статья поступила 17 августа 1979 г.

SUMMARY

Variations in the yield of fodder crops (corn, stock beet, annual and perennial grasses, barley and grasslands) with meteorological conditions of the year is analysed. The correlation between the yield of the green mass of fodder crops and total heat and moisture during the growing period is noted. In Moscow region the natural supply of moisture for fodder crops is not sufficient in 80 % of years for obtaining high yields of these crops, and heat deficiency, especially for warm season crops (corn, stock beet etc.), is observed during the whole growing period in 100 % of years.

Using the scientifically grounded farming practices, estimated fertilizer rates, and irrigation contributes to reducing the negative effect of moisture and heat deficiency during the growing period on the fodder crops and allows to obtain in this region 500—950 hwt/ha of green mass of corn, 200—420 hwt/ha of perennial grasses, 400—530 hwt/ha of pasture grasses, 650—1300 hwt/ha of fodder root crops every year.

Approximate schedules for irrigating corn and grassland in an average dry year are presented.