

УДК 633.2.039:631.811:631.675

ПРОДУКТИВНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ ПРИ РАЗНЫХ РЕЖИМАХ ОРОШЕНИЯ И УДОБРЕНИИ

Н. Г. АНДРЕЕВ, М. И. ЗАГОСКИН, И. В. КОБОЗЕВ

(Кафедра луговодства)

Во многих южных районах СССР хорошо зарекомендовали себя режимы орошения, при которых после определения нижнего предполivного уровня влажности почвы поливами доводят ее до 100 % НВ [1, 2, 7—9, 13, 17]. Однако в Нечерноземной зоне часто после поливов выпадают дожди, что вызывает переувлажнение почвы (более 100 % НВ) и фильтрационные процессы, которые весьма нежелательны при небольшом гумусном горизонте, когда основная масса корней находится в верхнем слое 0—20 см [7, 12]. Поэтому здесь важно подобрать не только нижний предполivной, но и верхний послеполivной уровень влажности почвы. Если бы были заранее известны метеорологические условия вегетационного периода, то стало бы возможным достижение оптимального сочетания орошения и осадков. В таком случае верхний послеполivной предел влажности почвы не был бы постоянным. Однако в настоящее время пока нет точных долгосрочных прогнозов погоды и при определении режима орошения сельскохозяйственных культур приходится применять метод подбора и проводить соответствующие полевые опыты.

Влияние удобрения и режимов орошения на продуктивность и химический состав многолетних трав в лесостепной, степной зонах УССР и Бурятской АССР освещено в ряде работ [2, 7—11, 16]. В данной статье приведены результаты исследований, в которых определялось оптимальное сочетание режима орошения и доз минеральных удобрений для многолетних трав в Московской области. При этом обращалось особое внимание на зональные особенности действия изучаемых факторов.

Место, условия и методика

Исследования проводились в 1973—1976 гг. в совхозе «Солнечное» Московской области. Среднегодовая сумма осадков 600—640 мм. Сумма эффективных температур выше 10° за вегетацию (128—138 дней) 1900—2000°, а осадков — 250—270 мм. Метеоусловия 1973 г. были близкими к средним многолетним. 1974 год — средневлажный, за вегетационный период выпало осадков на 29 мм больше нормы. 1975 год — среднесухой, осадков было на 30 мм меньше, а температура воздуха в среднем за сутки — на 1,6° выше нормальной. Во влажном 1976 г. осадков выпало на 84 мм больше, а средняя суточная температура воздуха была на 0,5° ниже нормы.

Почвенный покров опытного участка представлен дерново-подзолистыми легкоуглинистыми почвами. Почвы старопахот-

ные с хорошей водопроницаемостью. Грунтовые воды на глубине 8—12 м. Гидролитическая кислотность в слое 0—30 см 1,2—2,1 мг·экв на 100 г почвы, рН_{сол} 6,2. Содержание гумуса — 1,9 %, легкогидролизуемого азота — до 4—4,5 мг, Р₂О₅ — 12,5, обменного калия — 7 мг на 100 г почвы. Наименьшая влагоемкость НВ — 22,6 % от объема.

Опыт заложен методом рендомизированных блоков в 4-кратной повторности по следующей схеме. Фактор А: I — без орошения; II — орошение, влажность почвы в слое 0—50 см во время отрастания трав поддерживалась в пределах 60—70 % НВ, поливы в дневное время; III — то же, но влажность в пределах 70—80 % НВ; IV — 80—90 % НВ; V — 70—80 % НВ, поливы в вечерне-ночное время. Фактор В: I — без

удобрений; 2 — 60N30P70K; 3 — 120N60P140K; 4 — 240N120P280K; 5 — 360N180P420K. Нормы удобрений приняты с учетом плодородия почвы и коэффициентов использования элементов питания с таким расчетом, чтобы соотношение N : P : K в выносе урожая было примерно 3 : 1 : 3. Правильность этих норм впоследствии подтвердилась в полевом опыте.

В качестве удобрений применяли двойной 47 %-ный гранулированный суперфосфат весной; хлористый калий (60 %) и мочевину (46 %) вносили равными долями — весной, после I и II укосов.

Орошение проводили с помощью ДДН-45. Для равномерности увлажнения

почвы полив осуществляли с разных позиций. Размер опытной делянки 100 м².

Исходный ботанический состав травостоя следующий: злаки — 40,5 %, бобовые — 54, разнотравье — 5,5 %. Злаки представлены коостром безостым, ежой сборной, тимофеевкой луговой, бобовые — клевером красным двуукосным.

В исследованиях применялись общепринятые методики [6, 18]. Основные результаты обработаны методом дисперсионного анализа. Коэффициент равномерности отрастания травостоя по укосам и коэффициент стабильности урожаев по годам определялся по формуле, предложенной в [8, 16].

Сбор сухого вещества и сырого протеина

Внесение удобрений даже без орошения в указанных условиях увеличивало урожайность многолетних трав в среднем в 2,2 раза (табл. 1). Однако наибольший эффект от NPK получен при орошении. В свою

Т а б л и ц а 1

Урожайность многолетних трав (ц сухого вещества с 1 га) и сбор сырого протеина (кг/га) при разных нормах удобрений и режимах орошения (в среднем за 1973—1976 гг.)

Удобрение	Сухое вещество				Сырой протеин			
	режимы орошения							
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Без удобрения	28,3	32,6	34,5	32,2	438	516	566	520
60N30P70K	46,1	59,2	78,7	70,7	789	1051	1067	1017
120N60P140K	49,4	64,3	87,3	81,9	892	1182	1619	1502
240N120P280K	52,9	71,2	93,7	86,7	1040	1440	1925	1754
360N180P420K	60,8	80,4	97,8	86,3	1296	1695	2171	1874
НСР _{об} :								
средних частных		5,9				81,1		
по А		5,4				34,1		
по В		5,5				40,8		
по АВ		5,5				40,8		

очередь удобрения повышали эффективность орошения. Например, при внесении 240N120P280K прибавка от поливов при режиме 70—80 % НВ была в 3,4 раза больше, чем на удобренных участках. В нашем опыте наблюдался синергизм этих факторов. Наибольшие прибавки получены при режиме увлажнения 70—80 % НВ, а при 80—90 % НВ урожайность была меньше вследствие снижения содержания кислорода в почве, усиления локальных анаэробных и фильтрационных процессов. Влажность в пределах 60—70 % НВ оказалась недостаточной, в этом варианте верхний наиболее плодородный и удобряемый слой периодически пересыхал, поэтому прибавка урожая была в 2,2 раза меньше, чем при 70—80 % НВ. Таким образом, во время отрастания многолетних трав влажность почвы в слое 0—50 см следует поддерживать на уровне не ниже 70 % НВ и доводить ее поливами до 80 % НВ. Поливная норма при этом составляет 110—150 м³/га. Следует отметить, что, поскольку перед уборкой трав полив прекращается, перед началом отрастания трав влажность почвы опускается иногда ниже заданного предполивного уровня и первый полив необходимо проводить более крупными нормами.

В Московской области увлажняемый слой можно уменьшить до 30 см, так как практически только в нем и колеблется влажность при режиме 70—80 % НВ, в нем же сосредоточено до 80—90 % корней. Однако на случай засухи или срыва графика поливов контролируемый горизонт следует принять равным 0—50 см, что создает в слое 30—50 см и ниже запас влаги, гарантирующий нормальное развитие растений.

Необходимо отметить особенности действия орошения и удобрений в указанных зонах. В южных районах орошение даже без удобрения значительно увеличивает сбор сухого вещества и особенно сырого протеина [2, 7, 8], чего не наблюдалось в Нечерноземной зоне (табл. 1). Действие удобрений, наоборот, сильнее проявлялось в Московской области, чем в лесостепи и степи, где в минимуме находится влага, а почвы обладают высоким плодородием. К тому же в черноземах орошение повышает активность азотфиксирующих и других микроорганизмов в большей степени, чем в дерново-подзолистых почвах [10].

Исследования, проведенные в Московской области (табл. 2) и на юге лесостепи УССР [7], свидетельствуют, что при вечерне-ночных поливах эффективность орошения и удобрения выше, чем при дневных.

Модельные опыты, поставленные нами с разными культурами, показали, что если проводить дождевание ночью, когда температура тканей растений и воды почти одинакова, вода испаряется медленно, и, следовательно, медленно охлаждаются надземные органы растений, то биологический ритм их развития не нарушается. Почти такое же наблюдается, если днем перед дождеванием растения охладить постепенно, повысить влажность воздуха и затемнить, т. е. имитировать ночь. В этом случае отмечается реакция растений на изменение

длины светового дня. Не вызывают никаких реакций подпочвенное увлажнение и орошение напуском. Если же дождевание проводить днем, особенно при большом дефиците влаги в воздухе, на прямом солнечном свете при температуре более 20°, да к тому же холодной водой (5—10°), то биоритмы изменяются, т. е. растения реагируют так, как будто бы их затемняли. При этом если затемнение ускоряло (подсолнечник, кукуруза) или замедляло (люцерна, клевер) развитие растений, практически не сказываясь на средней интенсивности фотосинтеза, то дождевание днем холодной водой при указанных условиях тормозило прирост биомассы и он был ниже, чем при вечерне-ночных поливах. Полив холодной водой при высокой температуре воздуха и низкой его влажности способствует развитию цветухи сахарной свеклы [7]. Такие явления связаны с термопериодизмом у растений [15].

Преимущество вечерне-ночных поливов в засушливых регионах [7] проявляется сильнее, чем в Московской области (табл. 2). Установлено, что чем больше разница между температурами поливной воды и воздуха, чем ниже его влажность, тем выше эффект от дождевания ночью. Вместе с тем необходимо отметить, что в периоды острой засухи следует организовывать круглосуточный полив. Кроме того, когда растения особенно сильно страдают от низкой влажности воздуха, когда поглощение воды корнями и передвижение ее к листьям протекает мед-

Таблица 2

Урожайность многолетних трав
(ц сухого вещества на 1 га) при дневных
и вечерне-ночных поливах

Удобрения	1974 г., средневлаж- ный		1975 г., среднесу- хой	
	режимы орошения			
	III	IV	III	IV
Без удобрений	33,0	34,8	30,7	33,0
60N30P70K	86,1	82,9	74,3	81,3
120N60P140K	93,0	95,1	89,6	94,0
240N120P280K	96,2	99,5	94,6	97,2
360N180P420K	101,7	112,4	99,8	107,4
В среднем	82,0	84,4	77,8	82,6

леннее, чем транспирация, дневные освежительные поливы могут быть просто необходимы.

Опыты показали, что в Московской области наиболее стабильные урожаи многолетних трав можно получить при орошении совместно с внесением удобрений. Например, коэффициент варьирования урожайности, т. е. страховой фонд, на неорошаемых и неудобряемых участках составил 5,56 %, при внесении 240N120P280K — 13,90, в варианте 360N180P420K — 17,39 %. При режиме орошения 70—80 % этот показатель соответственно равнялся 4,31; 0,96 и 1,43 %. При дальнейшем повышении влажности почвы стабильность урожайности увеличивалась, но снижался ее уровень.

Орошение и удобрения в отдельности почти не влияли на равномерность отрастания трав. Однако на фоне орошения удобрения снижали летнюю депрессию травостоя. Наиболее равномерным поступление корма по циклам использования было при режиме 70—80 % НВ и внесении 240N120P280K или 360N180P420K. Коэффициент варьирования урожайности по укосам составил соответственно 10,8 и 9,8 %. Время проведения поливов в целом не влияло на этот показатель, но при внесении высоких норм удобрений равномерность отрастания травостоя была выше при вечерне-ночных поливах, чем при дневных.

В условиях степной и лесостепной зоны в отличие от Нечерноземной орошение даже без удобрений существенно повышало равномерность отрастания травостоя в течение вегетационного периода. Удобрения без орошения снижали этот показатель, а при орошении почти не влияли на него [8, 16].

Одним из важнейших показателей качества корма является содержание в нем протеина. В Московской области наиболее действенный прием увеличения сбора сырого протеина — внесение удобрений. Под действием 360N180P420K даже без орошения он повышался почти в 2,9 раза (табл. 1). В условиях южных районов увеличению сбора сырого протеина больше всего способствовало орошение [2, 16]. В наших опытах самый стабильный по годам и высокий сбор сырого протеина (2517 кг/га) был в варианте с влажностью почвы в слое 0—50 см в пределах 70—80 % НВ и внесении 360N180P420K при проведении поливов в вечерне-ночное время. В среднем при вечерне-ночных поливах в этом варианте получено на 213 кг сырого протеина с 1 га больше, чем при дневных.

Химический состав многолетних трав в зависимости от орошения и удобрения

При использовании травы на витаминную муку энергетические затраты и производительность труда при сушке в большой степени зависят от оводненности растений. Более высокая оводненность травы бы-

Таблица 3

Содержание сырого протеина (%) и каротина (мг/кг) в сухом веществе травы

Удобрение	Протеин, в среднем за 4 года				Каротин, 1975 г.			
	Режимы орошения							
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Без удобрений	15,48	15,83	16,12	16,15	180	195	210	207
120N60P140K	17,11	17,75	17,37	17,21	185	210	215	215
240N120P280K	18,06	18,38	18,55	18,34	191	240	248	240
360N180P420K	20,66	21,08	22,20	21,71	210	250	275	270

ла при внесении удобрений на фоне орошения (табл. 3). По отдельности эти факторы мало влияли на содержание сухого вещества. Без удобрений оно составляло 22—23 % почти при всех режимах орошения, а при внесении NPK — около 20 %. Заметим, что в условиях южных районов орошение даже без удобрения повышает оводненность растений в 1,2—1,3 раза [2].

В наших опытах содержание каротина и протеина в корме повышалось при внесении NPK. Так, применение 360N180P420K за год без орошения увеличивало концентрацию протеина в 1,21, а при орошении — в 1,38 раза. Максимальными эти показатели были в варианте орошения 70—80 % НВ и внесения 240N120P280K или 360N180P420K. При проведении поливов в вечерне-ночное время эти показатели повышались еще на 1—2 %.

Содержание P_2O_5 в корме колебалось в среднем за 4 года от 0,8 (без удобрений) до 1,02 при 240N120P280K, что вполне удовлетворяет потребности в фосфоре молочных коров.

Содержание калия в корме повышалось при внесении удобрений с 2,4 до 2,8 % и почти не зависело от орошения. Избыток калия незначителен, и его отрицательное действие легко снимается добавлением в рацион поваренной соли. Наибольшее содержание K_2O — 3,01—3,10 % — было в варианте 360N180P420K в сочетании с орошением 70—80 % НВ в вечерне-ночное время. В связи с этим, видимо, норму калийных удобрений следует уменьшить до 280—360 кг/га.

В южных районах европейской части СССР орошение сказывается на качестве корма сильнее, чем в Московской области: при орошении увеличивалась концентрация в травостое протеина и каротина в 1,3, калия — в 1,15, фосфора — в 1,5 раза при одновременном снижении содержания клетчатки почти в 1,2 раза [2].

Водопотребление многолетних трав, оплата удобрений и оросительной воды урожаем

Несмотря на то, что Московская область расположена в зоне достаточного увлажнения, потребность многолетних трав в воде часто превышает естественный приход влаги. Для обеспечения одной и той же влажности почвы в разные годы требуется разное количество поливов и оросительной воды (табл. 4). При этом чем выше нижний пре-

Таблица 4
Суммарное водопотребление многолетних трав и оросительные нормы ($m^3/га$)

Годы	Оросительная норма				Суммарное водопотребление					
	режимы орошения					I	II	III	V	IV
	II	III	V	IV						
1973	1000	1000	—	1850	3550	4580	4610	—	4840	
1974	900	1250	1150	1600	4580	5150	5760	5680	5755	
1975	1200	2000	1650	2400	4200	5500	6420	6070	7810	
1976	700	1000	—	1150	4050	4050	3940	—	4180	

дел влажности почвы, тем раньше весной начинаются и позже осенью прекращаются поливы, тем больше их проводится.

При поливах днем для поддержания влажности в одних и тех же пределах затрачивается воды на 9—21 % больше, а урожайность на 7—10 % ниже, чем при поливах в вечерне-ночное время. В первом случае при дождевании испарялось больше влаги, чем во втором (табл. 4). Самый низкий коэффициент суммарного водопотребления был при

Коэффициент водопотребления в 1973—1976 гг.

Удобрения	В среднем за 4 г.				70—80% НВ			
	режимы орошения				полив днем		полив в вечерне-ночное время	
	I	II	III	IV	1974	1975	1974	1975
Без удобрений	1447	1476	1547	1754	1752	2091	1661	1839
60N30P70K	889	814	677	799	671	774	685	747
120N60P140K	829	750	611	689	622	714	616	645
240N120P280K	777	677	569	659	601	679	572	624
360N180P420K	674	600	546	654	568	643	505	565

внесении высоких норм NPK и при поддержании влажности в пределах 70—80 % НВ с помощью вечерне-ночных поливов (табл. 5). На неудобренных участках орошение ведет к непроизводительному испарению влаги растениями, так как чрезмерно уменьшается концентрация питательного раствора почвы. Удобрения снижали коэффициент суммарного водопотребления в 2,5—3 раза. На их фоне, т. е. в условиях достаточной обеспеченности растений элементами минерального питания, орошение также способствовало экономному использованию ими влаги. Во влажные годы коэффициент суммарного водопотребления был ниже, чем в засушливые, особенно при внесении высоких норм NPK (табл. 5).

В условиях Нечерноземной зоны при орошении суммарное водопотребление несколько ниже, чем в лесостепи и степи, и колеблется в пределах 3700—6500 м³/га. Оросительная норма при оптимальном режиме орошения в первом случае почти в 3—4 раза меньше, чем во втором. Так как черноземы хорошо обеспечены питательными веществами, то коэффициент водопотребления в вариантах без удобрений при всех режимах, в том числе и без орошения, в южной части лесостепи в 2 раза меньше, чем в Московской области. Причем если в Нечерноземной зоне орошение без удобрений повышало коэффициент водопотребления, то в южных районах снижало. Вместе с тем в условиях Московской области в вариантах с удобрениями выход сухого вещества на 1 м³ поливной воды был в 2,5—3,5 раза больше (табл. 6), чем в ле-

Таблица 6

Прибавка сухого вещества и сырого протеина на 1 м³ оросительной воды в среднем за 4 года (кг/м³)

Удобрения	Сухое вещество			Сырой протеин		
	режимы орошения					
	II	III	IV	II	III	IV
Без удобрений	0,5	0,6	0,2	0,08	0,11	0,05
60N30P70K	1,4	3,1	1,4	0,26	0,54	0,10
120N60P140K	1,6	3,7	1,9	0,31	0,68	0,23
240N120P280K	1,9	3,9	1,9	0,42	0,83	0,31
360N180P420K	2,1	3,5	1,5	0,42	0,82	0,36

состепной и степной зоне [2, 7, 8, 9], где он составляет 1—1,2 кг/м³. То же самое можно сказать о выходе сырого протеина. Это объясняется тем, что в Нечерноземной зоне недостаток влаги наблюдается только в отдельные периоды вегетации, и его отрицательное влияние на рост растений снимается относительно невысокими оросительными нормами, но если не полить вовремя, то даже кратковременная засуха резко снижает урожайность многолетних трав.

В Московской области наибольшая прибавка сухого вещества и сырого протеина на 1 м³ поливной воды при режиме 70—80 % НВ в слое 0—60 см. При снижении влажности верхний слой пересыхал и растения потребляли питательный раствор нижних горизонтов, где концентрация его меньше, поэтому они непродуктивно расходовали влагу. При более высоком уровне увлажнения — 80—90 % НВ — наблюдалось усиленное испарение влаги с поверхности почвы, а после дождей имели место фильтрация воды и вымывание элементов питания из почвы, что определило несоответствие между водным, пищевым и воздушным режимами.

Внесение высоких норм NPK позволило увеличить эффективность использования поливной воды в 6 раз (табл. 6).

Интересно отметить, что прибавка сухого вещества и сырого протеина на 1 м³ оросительной воды при вечерне-ночных поливах была в 1,4—1,6 раза больше, чем при дневных. Это очень важно учитывать в условиях увеличивающегося дефицита пресной воды.

Повышение влагообеспеченности растений увеличивает окупаемость удобрений прибавкой урожая в 2—3 раза. Она была наибольшей при поддержании влажности почвы в слое 0—50 см в пределах 70—80 % НВ с помощью вечерне-ночных поливов. В засушливые годы (1973, 1975) орошение для поддержания влажности почвы 70—80 % НВ увеличивало окупаемость в 5—7 раз, а во влажные — в 1,5—2 раза. При повышении норм удобрений с 60N30P70K до 360N180P420K прибавка протеина в корме на 1 кг действующего вещества удобрений уменьшалась в среднем с 5,1—5,6 до 1,7—2,0 кг, сухого вещества — с 27,6—30,6 до 6,6—7,9 кг.

Влияние удобрения и орошения на вынос минеральных элементов питания травостоем и плодородие почв

Удобрение и орошение увеличивали массу корней в слое 0—50 см, особенно сильно при режиме орошения 70—80 % НВ и внесении 120—240N60—120P140—280K. Чрезмерно обильное орошение и удобрение могут и отрицательно сказаться на накоплении корневой массы [12].

Масса корней при удобрении и орошении в основном увеличивается в верхнем слое почвы 0—10 см (табл. 7). В таких условиях усиливается

Т а б л и ц а 7

Накопление корневой массы травостоя (ц/га) за вегетационный период 1975 г.
(в числителе — в слое 0—10 см, в знаменателе — в слое 0—50 см)

Удобрения	Режимы орошения					
	I		III		IV	
	начало	конец	начало	конец	начало	конец
Без удобрений	26	39	34	52	31	49
	48	69	55	82	49	73
240N120P280K	39	63	48	78	46	76
	63	94	68	109	65	103
360N180P420K	39	61	48	81	47	79
	65	95	71	114	66	107

образование боковых корней, увеличивается в травостое содержание злаков, имеющих мочковатую поверхностную корневую систему. С одной стороны, это способствует лучшему использованию естественного и эффективного плодородия, но, с другой, — перемещение корневой системы в верхний слой замедляет окультуривание нижних горизонтов

почвы и ускоряет дерновый процесс, т. е. старение луга. Это особенно заметно при режиме увлажнения 80—90 % НВ.

При орошении и применении NPK увеличивается поглотительная способность корней. По отношению к приросту корней под действием указанных факторов увеличивается, т. е. большая часть пластических веществ идет на построение продуктивной части растений, что способствует снижению коэффициента водопотребления (табл. 5).

Наиболее объективным показателем потребности растений в элементах питания является их вынос урожаем [20].

Как показали наши опыты, внесение на дерново-подзолистых почвах 60N30P70K и 120N60P140K особенно при орошении увеличивает мобилизацию фосфора, калия и азота, содержащихся в почве, и с урожаем их выносятся больше, чем вносятся (табл. 8), что может приве-

Т а б л и ц а 8

Вынос элементов питания травостоем (кг/га) в среднем за 1973—1976 гг.

Удобрения	Режимы орошения											
	I			II			III			IV		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений	64	22	67	78	29	81	84	31	85	79	30	78
120N60P70K	86	34	92	158	51	154	208	74	210	188	65	192
120N60P140K	111	39	110	182	60	182	231	84	230	215	74	218
240N120P280K	117	41	118	192	64	192	247	94	249	222	75	226
360N180P420K	144	42	135	216	76	216	266	97	267	226	76	225

сти к снижению плодородия почвы. Только в вариантах 240N120P280K и 360N180P420K вынос этих элементов травостоем восполняется внесением удобрений. Наилучшее использование растениями питательных веществ почвы и удобрений наблюдалось в варианте с режимом орошения 70—80 % НВ и проведением поливов в вечерне-ночное время (вынос питательных веществ в этом случае был в 1,1—1,4 раза больше, чем в соответствующем варианте при дневном орошении).

Исследования, проведенные в Ставропольском крае [9] и Кировоградской области [10], свидетельствуют, что высокие нормы NPK и орошение увеличивают накопление гумуса под многолетними травами, снижают щелочность и засоленность почвы. Причем на глубоких черноземах южной части лесостепи УССР благодаря большой буферности почвы рН почти не меняется, а на засоленных черноземах Ставрополья этот показатель снижается с 7,5—7,6 до 7,1—7,2, что благоприятно сказывается на всех процессах, происходящих в системе «почва — растение» [9, 10]. В лесолуговой зоне применение удобрений и избыточное орошение приводят к подкислению почвы, из-за чего возникает необходимость в периодическом известковании, а также внесении магниевых удобрений [14, 21], так как этот элемент в результате подкисления почвенного раствора вымывается в нижние слои почвы. Очень высокие нормы удобрений, особенно при избыточном орошении, подкисляя почвенный раствор, усиливая накопление корней и органических остатков в верхнем слое почвы, снижая микробиологическую активность в нем (табл. 7), ускоряют дерновый процесс, в результате быстрее выпадают ценные травы, в частности клевер красный и костер безостый. В травостое появляется щучка дернистая, являющаяся признаком вырождения луга [19, 22]. Необходимо отметить, что многолетние травы способствуют накоплению органического вещества в почве. Однако под действием высоких доз удобрений, подкисления почвы, усиления

анаэробных процессов разложение органических остатков замедляется и смещается в сторону образования подвижных фульвокислот, что ускоряет оподзоливание. В верхнем 0—30 см слое почвы, например, при режиме 80—90 % НВ и внесении 360N180P420K оно даже прекращается (1,89 % перед опытом и 1,91 % после 4 лет). В этом варианте рН за 4 года снизилась с 6,25 до 5,55.

Интерес представляют данные о влиянии изучаемых факторов на содержание в почве подвижных форм P_2O_5 и K_2O . Исследования показали, что без орошения внесение высоких доз фосфора и калия вело к накоплению их в почве, в вариантах без удобрений происходило обеднение ее этими элементами, особенно при орошении. Например, без орошения в контроле за 4 года содержание в почве подвижных форм P_2O_5 снизилось с 12,5 мг на 100 г до 11,3, а при режиме 80—90 % НВ — до 9,9. Содержание K_2O соответственно уменьшилось с 7,4 мг до 6,8 и 6,5 мг на 100 г почвы. При внесении же 360N180P420K без орошения содержание P_2O_5 увеличилось до 14,5—14,8, K_2O — до 13,8—14,2 мг, а при режиме орошения 70—80 % НВ содержание P_2O_5 повысилось всего на 0,6 мг, а K_2O — на 1,7 мг на 100 г почвы.

Несмотря на то что вынос P_2O_5 в вариантах без удобрений и при внесении 60N30P70K, а K_2O — и при 120N60P140K значительно выше вносимых доз, адекватного снижения содержания подвижных форм этих элементов в почве не наблюдалось. Это объясняется переходом неусвояемых форм питательных веществ в усвояемые. В вариантах же 240N120P280K и 360N180P420K наблюдалась обратная картина.

При режиме 80—90 % НВ, несмотря на более низкий вынос питательных веществ травостоем (табл. 8) во всех вариантах, содержание этих элементов в почве меньше, чем при поддержании влажности в пределах 70—80 % НВ (P_2O_5 при первых трех уровнях питания ниже на 0,9—1,1 %, K_2O — на 0,2—0,3 %). При избыточном увлажнении процессы оподзоливания и вымывания питательных веществ выражены ярче.

О том, благополучно или нет протекают процессы в почве, можно судить по микробиологической активности. На черноземах внесение азота до 120 кг/га под укос на фоне 100—200P160—320K при орошении не сказывалось отрицательно на микробиологической активности почвы [10]. На дерново-подзолистых почвах, которые имеют меньшие буферность и поглотительную способность, внесение под укос по 80N на фоне РК на 4-й год уже снижало микробиологическую активность почвы. Например, выделение CO_2 почвой в варианте 240N120P280K на 4-й год опыта составило 199 мг на 1 кг сухой почвы за 24 ч, а в контроле — 203 мг, а при внесении 60N30P70K — 224 мг.

Таким образом, применение высоких норм NPK и орошение в Черноземной зоне повышают необходимость периодического обновления травостоя и известкования через 4—6 лет. Об этом свидетельствуют также и опыты, проведенные в ряде хозяйств Калужской и Московской областей [14, 21].

Экономическая эффективность удобрения и орошения многолетних трав

Урожайность многолетних трав, чистый доход с 1 га, окупаемость затрат были наибольшими при режиме орошения 70—80 % НВ по фону 240—360N120—180P280—420K и проведении поливов в вечерне-ночное время. В этом случае себестоимость кормовой единицы составила всего 2,4—2,5 коп. Возделывание многолетних трав при 3-укосном использовании и орошение без внесения удобрений в Московской области нерентабельны. Применение удобрений выгодно даже без орошения, но при этом следует ограничиться внесением 120N60P140K. Окупаемость

1 руб. затрат на удобрения в вариантах 120N60P140K; 240N120P280K и 360N180P420K соответственно составила: без орошения — 40,6; 19,3 и 13,7, при орошении — 70—80 % НВ днем — 83,9; 69,8 и 60,1 и орошении 70—80 % НВ в вечерне-ночное время — 101,6; 88,6 и 80,4 коп.

Производительность труда повышалась по мере увеличения норм НРК, а при орошении уменьшалась. Последнее вызвано тем, что для орошения применялись малопроизводительные энергоемкие машины ДДН-45, которые обслуживают тракторист и поливальщик. В настоящее время разработаны и выпускаются машины, производительность которых выше в 10—15 раз, чем у ДДН-45. Одной из таких установок является дождевальная шлейф Метельского [3]. При использовании таких машин затраты труда на 1 ц продукции, как правило, при орошении меньше, чем без орошения.

Данные полевых опытов по всем показателям качества и продуктивности многолетних трав и эффективности их орошения и удобрения полностью подтверждены производственной проверкой в совхозах «Солнечное», «Лесные озера» и других хозяйствах Московской области и Нечерноземной зоны РСФСР.

Выводы

1. В условиях Московской области внесение высоких норм НРК и орошение являются действенными приемами увеличения урожайности, повышения качества многолетних трав, равномерности их отрастания по укосам и годам и повышения чистого дохода в кормопроизводстве. Наибольший чистый доход (227—238 руб/га) был при внесении 240—360N120—180P280—420K и орошении, при котором влажность почвы в слое 0—50 см поддерживалась в пределах 70—80 % НВ с помощью вечерне-ночных поливов. Сбор сырого протеина при этом составил 2000—2500 кг, а кормовых единиц — 10,5—11,6 тыс. на 1 га, что в 4 раза больше, чем в контроле. Затраты на орошение окупаются только при внесении НРК. В этих вариантах наблюдается самое экономное использование поливной воды.

2. Внесение полного удобрения даже без орошения увеличивает сбор сухого вещества и сырого протеина. Оптимальной нормой при укосном использовании трав в этом случае является ежегодное внесение 120N60P140K. Эффективность удобрений резко уменьшается в засушливые годы.

3. Внесение минеральных удобрений и орошение увеличивают необходимость периодического (через 4—6 лет) обновления травостоя и известкования.

4. В Нечерноземной зоне РСФСР по сравнению с южными районами в увеличении продуктивности многолетних трав большую роль играет внесение удобрений. В лесостепной и степной зоне повышается значение орошения. Однако прибавка сухого вещества и сырого протеина на 1 м³ поливной воды при внесении удобрений в Нечерноземной зоне выше, чем в лесостепи и степи, так как в первом случае меньше физическое испарение влаги, а засушливые периоды, как правило, не очень продолжительны, что позволяет снять отрицательное влияние засухи меньшим числом поливов и невысокими нормами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев А. В. Культурные пастбища в южных районах. М.: Россельхозиздат, 1974. — 2. Андреев Н. Г., Максимов В. М., Кобзев И. В. Эффективность орошения и удобрения люцернового и люцерно-злакового травостоя. — Изв. ТСХА, 1978, вып. 3, с. 50—60. — 3. Бредихин Н. П., Ревенко П. А., Медведева О. А., Харламов П. А. Полустационарная система с дождевальными шлейфами. Новочеркасск: ЮжНИИГиМ, 1981. — 4. Вавилов П. П., Посыпанов Г. С. Роль бобовых культур в решении проблемы растительного

белка. Лекция для слушателей ФПК. М.: ТСХА, 1981. — 5. Возбуждая А. Е. Химия почвы. М.: Наука, 1968. — 6. Кауричев И. С. Практикум по почвоведению. М.: Колос, 1973. — 7. Кобозев И. В. Водный и пищевой режим люцернового и люцерно-злакового травостоев при орошении и удобрении. — Изв. ТСХА, 1980, вып. 6, с. 38—49. — 8. Кобозев И. В. Орошение и удобрение как факторы получения высоких и стабильных урожаев естественного травостоя. — Кормовые культуры, 1981, № 10, с. 20. — 9. Кобозев И. В. Влияние орошения и агротехнических приемов на процесс засоления почв. — Почвоведение, 1981, № 2, с. 26. — 10. Кобозев И. В. Влияние орошения и удобрений на содержание гумуса, микробиологическую активность и азотный баланс под люцерновым и люцерно-злаковым травостоями. — Кормовые культуры, 1981, № 8, с. 25. — 11. Кобозев И. В., Дашибалов Б. Б. Эффективность удобрений на орошаемом естественном сенокосе. — Кормовые культуры, 1981, № 3, с. 1. — 12. Колосов Н. И. Поглонительная деятельность корневых систем растений. М.: Изд-во АН СССР, 1962. — 13. Колпаков В. В. Сочетание орошения и удобрения как решающий фактор повышения урожайности

в засушливых районах европейской части СССР. — Изв. ТСХА, 1964, вып. 5, с. 83—105. — 14. Лазарев Н. Н. Влияние азотных удобрений на плодородие супесчаной почвы при различных режимах использования травостоя. — Докл. ТСХА, 1979, вып. 249, с. 52—56. — 15. Лебедев С. И. Физиология растений. Киев: Вища школа, 1978. — 16. Максимов В. М., Кобозев И. В. Равномерность отрастания и продуктивность бобового и бобово-злакового травостоя при орошении и удобрении в условиях юга лесостепи УССР. — Изв. ТСХА, 1979, вып. 4, с. 45—55. — 17. Петин Н. С. Биологические основы орошаемого земледелия М.: Наука, 1974. — 18. Петербургский А. В. Практикум по агрохимии. М.: Колос, 1968. — 19. Работнов Т. А. Луговедение. М.: Изд-во МГУ, 1974. — 20. Ромашов П. И. Удобрения сенокосов и пастбищ. М.: Колос, 1969. — 21. Рындин А. В., Варфоломеев Г. С., Лазарев Н. Н. Повышаем продуктивность культурных пастбищ. — Земледелие, 1980, № 11, с. 33—34. — 22. Смелов С. М. Теоретические основы луговодства. М.: Колос, 1966.

Статья поступила 9 февраля 1982 г.

SUMMARY

The most effective way of increasing net profit of perennial grasses, their productivity and feeding value from 1 hectare under the conditions of irrigation (with maintaining soil moisture in a surface slice 0—50 cm 70—80% u. f. w. c.) is annual split application of 240—360N with 120—180P280—420K and under non-irrigated conditions 120N60P140K. The experiments were conducted on the state farm "Solnechnoe", Moscow region and sod-podzol soils.

The application of irrigation and high rates of fertilizers increase the necessity of periodic renewal of grass stands and liming. In non chernozem zone the increase in yield and quality of grasses depend to a great extend on fertilizers; in forest steppe and steppe zones — on irrigation but in the first case the increase in feeds for 1 m³ of irrigation water is higher than in the second.