

УДК 633.2.033: [631.811+631.67

ОПТИМАЛЬНЫЕ УРОВНИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ И УВЛАЖНЕНИЯ СТАРОВОЗРАСТНЫХ ПАСТБИЩ НА ЧЕРНОЗЕМНО-ЛУГОВЫХ ПОЧВАХ

АНДРЕЕВ Н. Г., ТЮЛЬДЮКОВ В. А., МИХАЛЕВ С. С.
(Кафедра луговодства)

Создание и использование сенокосов и пастбищ с достаточно высокой продуктивностью (6—15 тыс. корм. ед. в зависимости от зоны страны) возможно при обеспечении условий внешней среды, соответствующих наиболее эффективному функционированию агрофитоэкоценоза [11]. Однако для этого необходимо знать «границы» таких условий.

В настоящее время еще нет детально разработанного и обоснованного метода оптимизации питания растений [21], хотя уже сейчас проводятся расчеты, основанные на принятии ряда ограничений и выделении решающих факторов для получения запланированного урожая [12]. Такими факторами внешней среды являются солнечная радиация, обеспеченность растений водой и макроэлементами. Если принять, что растения в черноземных областях могут усвоить 2% ФАР, при суммарной ФАР около 3,5 млрд. ккал/га за период вегетации [15] и расходе на образование 1 кг абсолютно-сухого вещества 4000 ккал [26], то с 1 га можно получать 175 ц сухого вещества.

Следовательно, в этих условиях ограничивающими окажутся такие наиболее поддающиеся в настоящее время управлению [17] факторы внешней среды, как влагообеспеченность и минеральное питание растений.

Поливной режим необходимо устанавливать с учетом фаз развития растений, почвенно-климатических условий и агротехники [19, 20].

Расход влаги с поля или луга в основном определяется испарением [2, 18]. При оптимальном обеспечении травостоя водой общее водопотребление можно считать равным испаряемости [24, 25]. При большем количестве влаги дальнейший рост урожая не обеспечивается, а иногда наблюдается даже его снижение [9].

Поскольку метеорологические условия в разные годы и на разных территориях очень различаются, литературные данные [2, 3, 5, 22, 24] о суммарном водопотреблении трав колеблются в весьма широких пределах (337—960 мм). Значительно варьируют и рекомендуемые нижние пределы увлажнения [4, 6, 7, 8, 13, 14, 16, 23].

Отмеченные различия в рекомендациях по оптимальным режимам увлажнения объясняются не только различием условий, в которых проводились опыты, но и недостаточной изученностью вопроса.

Целью наших исследований было выявление оптимальных соотношений между уровнями минерального питания и режимами увлажнения, т. е. таких, которые обеспечивали бы высокую продуктивность пастбищного травостоя при меньших затратах. Необходимо было решить следующие задачи: проследить за изменениями влажности почвы, ее пищевого режима; выявить особенности формирования травостоя; определить влияние удобрений на химический состав корма, на степень использо-

вания их травами, на продуктивность травостоя; дать экономическую оценку применяемым приемам.

Методика и условия проведения исследований

Опыт проводили в учхозе им. М. И. Калинина Мичуринского района Тамбовской области в 1974—1976 гг. на культурном пастбище в пойме реки Польной Воронеж. Почва черноземно-луговая слоистая среднесуглинистая. С глубины 47 см для почвенного профиля характерны признаки оглеения.

В гумусовом горизонте 0—30 см содержание общего азота 0,286%, P_2O_5 по Труогу — 7,0; K_2O по Масловой — 8,7 мг на 100 г почвы, рН — 6,8.

Травостой (6-го года пользования, 1974 г.) в основном состоял из овсяницы луговой (*Festuca pratensis* Huds) — 69,0, ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.) — 9,7, мятлика лугового (*Poa pratensis* L.) — 12,3%. В незначительном количестве в нем были пырей ползучий (*Agropyron repens* L.), клевер белый (*Trifolium repens* L.) и другие виды трав.

Использование травостоя до закладки опыта было сенокосно-пастбищным, во время проведения эксперимента — пастбищным.

Изучали три режима увлажнения (А, Б, В), которые устанавливались по влажности почвы в расчетном слое 0—40 см, объемная масса которого составляла 1,19 г/см³, плотность — 2,55 г/см³, скважность — 53,33%, ВЗ — 8,75%, ППВ — 26,55% (126 мм).

Режим увлажнения А соответствовал естественному. При режиме Б полив проводили при снижении влажности почвы в расчетном слое до 70% ППВ, при режиме В — до 85% ППВ.

На фоне указанных режимов увлажнения исследовались различные уровни минерального питания, которым в варианте 2 соответствовали нормы удобрений $N_{120}P_{110}K_{90}$, в варианте 3 — $N_{330}P_{270}K_{250}$, в варианте 4 — $N_{550}P_{435}K_{400}$. В варианте I (контроль) удобрения не вносили. Нормы удобрений были рассчитаны балансовым методом с учетом содержания элементов питания в почве и выноса их с урожаем на получение сухого вещества соответственно 50, 100 и 150 ц/га.

При расчете использовались следующие коэффициенты усвоения элементов питания травами из почвы [10]: N — 25%, P — 5, K — 15%, а из удобрений — N — 70%, P — 20, K — 80% [10]. Содержание азота в сухой массе корма было принято равным 3, фосфора (P_2O_5) — 0,65, калия (K_2O) — 2,5%.

Площадь опытной делянки 75 м², повторность опыта 4-кратная, размещение вариантов рендомизированное.

Азотные туки вносили равными дозами весной и после каждого, кроме 5-го (последнего) стравливания. Фосфорно-калийные — в 3 приема: по 1/4 нормы весной и осенью и 1/2 после 2-го стравливания. Орошение травостоя осуществляли с помощью КДУ-55.

Все наблюдения и анализы проводили по общепринятым методам. Результаты учета урожая обработаны методом дисперсионного анализа.

1974 год оказался благоприятным для роста трав, исключением был лишь последний месяц вегетации, характеризовавшийся отсутствием осадков и низкой относительной влажностью воздуха; 1975 год был засушливым в первой половине вегетационного периода, 1976 год — чрезмерно влажным и холодным.

Водообеспеченность травостоев

На опытном участке уровень почвенно-грунтовых вод колебался на глубине 45—175 см, постепенно понижаясь от весны к осени; интенсивность его понижения зависела от количества и частоты выпадения осадков.

В 1974 г. обильные осадки в мае — июле (238 мм) вызвали в первой половине июля кратковременный подъем почвенно-грунтовых вод до глубины 50—60 см.

По трехлетним наблюдениям, при количестве осадков, близком к испаряемости, которую рассчитывали по А. М. Алпатьеву [1], почвенно-грунтовые воды удерживались в метровом слое до конца мая. В условиях ранней и сухой весны 1975 г. они ушли за пределы этого слоя в конце апреля. Наиболее длительное время почвенно-грунтовые воды находились на глубине 120—175 см.

Влажность почвы в периоды наблюдений зависела от уровня почвенно-грунтовых вод, количества выпавших осадков и испаряемости.

В 1974 г. капиллярный подъем влаги от почвенно-грунтовых вод способствовал сохранению в слое 0—40 см влажности выше 85% ППВ до

Т а б л и ц а 1

Коэффициенты водопотребления трав при разных режимах увлажнения
(м³/т сухого вещества) в 1974—1976 гг.

№ варианта	Вариант	А			Б			В		
		1974	1975	1976	1974	1975	1976	1974	1975	1976
1	Контроль	800	1866	954	808	1680	788	857	1326	923
2	N ₁₂₀ P ₁₁₀ K ₉₀	513	1140	753	557	958	573	615	912	690
3	N ₃₃₀ P ₂₇₀ K ₂₅₀	368	806	541	374	658	444	383	560	491
4	N ₅₅₀ P ₄₃₅ K ₄₀₀	358	755	519	379	660	443	384	557	498

середины сентября, поэтому полив не проводился. В 1975 г. при одном и том же уровне грунтовых вод (115 см) влажность расчетного слоя снизилась к 16 мая до 85% ППВ (режим В), а к 25 мая — до 70% ППВ (режим Б); в середине июля при режиме А — до 52% ППВ. В 1975 г. при режиме Б было проведено три полива, при режиме В — семь. Оросительные нормы составили соответственно 117 и 133 мм. В 1976 г. при режиме В поливали дважды (33 мм).

В метровом слое содержалось большое количество влаги (в 1974 и 1976 гг. не менее 300 мм, в 1975 г. не менее 206 мм), однако это не означало, что травы всегда были полностью обеспечены водой, потому что наибольшему иссушению подвергается слой почвы 0—20 см (особенно 0—10 см). В слое 50—100 см влажность почвы на протяжении всего периода вегетации была близка к ППВ.

Существенной разницы во влажности почвы под травостоями разных вариантов не отмечалось.

Коэффициенты водопотребления зависели не только от погодных условий, но в значительной степени и от уровня минерального питания (табл. 1). При внесении N₃₃₀P₂₇₀K₂₅₀ в 1975 г. они были более чем в 2 раза ниже, чем в контроле. В 1974 и 1976 гг. эта разница оказалась меньше.

Зависимость коэффициента водопотребления от погодных условий очень сильно проявлялась в варианте без удобрений. Минимальным (788 м³ на 1 т сухого вещества) он оказался во влажном 1976 г. и максимальным (1866 м³) в сухом 1975 г., в то же время при внесении N₃₃₀P₂₇₀K₂₅₀ коэффициенты были равны соответственно 444 и 806 м³ воды на 1 т сухого вещества.

Как видно из табл. 1, улучшение условий питания способствует более экономному расходованию воды. Снижались коэффициенты водопотребления и в результате орошения.

Некоторые характеристики пастбищного фитоценоза

Высота трав. Интенсивность роста трав определялась уровнем минерального питания, увлажнения и биологическими особенностями растений. Различия в росте отдельных видов трав проявлялись особенно четко к моменту стравливания, а через 10 дней после подкашивания они были невелики. Наиболее высокорослой оказалась ежа сборная, особенно в вариантах 3 и 4. Уступала ей в разной степени в зависимости от условий увлажнения овсяница луговая, которая, в свою очередь, всегда была выше мятлика лугового. Клевер белый достигал высоты 10—15 см.

Орошение способствовало росту в первую очередь овсяницы луговой, затем ежи сборной, клевера белого и в меньшей степени мятлика лугового. При 3-м стравливании в 1975 г. (год с сухой и жаркой погодой) ежа сборная была более отзывчива на орошение, чем овсяница луговая.

Плотность травостоя. Под влиянием условий увлажнения и минерального питания изменялась и густота стояния трав.

Внесение высоких доз удобрений (варианты 3 и 4) под уже сформировавшийся травостой со сложившимся флористическим составом и определенным количественным соотношением видов вызвало в 1974 г. уменьшение общего числа побегов к 5-му стравливанию в варианте 4 (2400—2464 шт/м²) по сравнению с контрольным (3104—3632 шт/м²) вследствие подавления овсяницы луговой и прочих злаков. Значительно увеличилось число побегов ежи сборной в вариантах 3 и 4 и клевера белого в вариантах 1 и 2. В вариантах 3 и 4 клевера белого, начиная с 3-го стравливания, в травостое не было.

Засушливые условия в первую половину вегетации 1975 г. вызвали депрессию кущения овсяницы луговой при всех уровнях увлажнения. В 3-м варианте режима В число ее побегов с 2760 в 1-м стравливании снизилось до 1464 шт/м² в 3-м стравливании, а при режиме А — с 2512 до 944 шт/м².

В то же время число побегов ежи сборной при режимах увлажнения А и Б продолжало увеличиваться до осени. В 5-м стравливании в варианте 3 оно составило здесь соответственно 1096 и 932 шт/м². При режиме В в этом же варианте число побегов ежи сборной удерживалось примерно на одном уровне (более низком, чем при режимах А и Б), несколько увеличиваясь к осени (до 628 шт/м²). В вариантах 1 и 2 различия по этому показателю при различных режимах увлажнения были меньше.

В условиях орошения овсяница луговая отличалась большей, чем у ежи сборной, побегообразовательной способностью.

В годы с достаточным уровнем влажности (1974 и 1976) общее число побегов трав в период вегетации удерживалось примерно на одном и том же уровне во всех вариантах.

Весной доля побегов овсяницы луговой среди побегов всех трав была наибольшей. Осенью абсолютное их количество несколько сократилось. Число побегов ежи сборной и клевера белого от весны к осени значительно возрастало.

Ежа сборная более устойчива к снижению влажности почвы, но сильное и длительное иссушение последней (режим А в 1975 г.) приводило к уменьшению ее побегообразовательной способности в последующем году (1976 г.).

Накопление массы подземных органов. Около 80% массы подземных органов трав в слое 0—40 см располагалось в его верхней (0—10 см) части. Нижняя граница распространения корней отмечалась на глубине 135 см.

Масса подземных органов зависит от многих факторов, а в основном от способа использования травостоя, удобрений, условий увлажнения и вызываемых ими изменений в ботаническом составе фитоценоза.

Рассмотрение данных табл. 2 позволило отметить некоторые тенденции этих изменений и предположить, что является их причинами. В 1974 г. в вариантах 1 и 2 (исключение вариант 2 режима В) к 5-му стравливанию масса подземных органов была больше, чем при 2-м стравливании. В варианте 4 наблюдалось уменьшение ее не только к осени, но и по сравнению с другими вариантами. Вызвано это было резким изменением пищевого режима и ботанического состава травостоя.

Осенью 1975 г. в слое 0—10 см в условиях орошения масса подземных органов в вариантах 1, 2, 3 оказалась меньше, чем в 1974 г., а в ва-

Т а б л и ц а 2

Масса подземных органов трав в слое 0-20 см после 5-го стравливания
(ц воздушно-сухого вещества на 1 га)

№ варианта	1974 г.		1975 г.		1976 г.	
	0—10 см	10—20 см	0—10 см	10—20 см	0—10 см	10—20 см
Естественное увлажнение (режим А)						
1	71,5	9,0	81,5	4,5	50,0	6,5
2	71,0	9,5	69,0	6,0	43,5	7,5
3	68,5	9,0	59,5	3,0	56,5	4,5
4	60,1	5,5	91,0	3,0	77,0	4,0
Полив при 70% ППВ (режим Б)						
1	93,0	9,0	63,0	3,0	59,0	2,5
2	87,0	8,0	66,5	4,5	37,0	3,0
3	73,0	8,0	47,0	2,0	30,0	2,0
4	71,0	5,5	80,5	3,0	47,0	2,0
Полив при 85% ППВ (режим В)						
1	74,5	9,5	60,0	4,5	51,5	3,0
2	61,5	8,5	59,0	3,5	39,0	3,5
3	64,0	6,0	55,0	2,0	30,5	2,5
4	51,5	4,5	69,0	1,0	46,5	1,5

рианте 4 больше. В то же время отмечалось заметное уменьшение ее в слое 10—20 см во всех вариантах и особенно с удобрениями. Значит, в условиях орошения концентрация элементов питания в поверхностном слое почвы приводит к увеличению в нем массы подземных органов.

При режиме А она была больше, чем в соответствующих вариантах, как в слое 0—10 см, так и в слое 10—20 см при режимах Б и В. Так, в слое 0—20 см варианта 1 режима А воздушно-сухая масса подземных органов составила 86,0 ц на 1 га, а в том же варианте режимов Б и В — соответственно 66,0 и 64,5 ц/га. Следовательно, у луговых растений без орошения масса подземных органов больше, чем при орошении.

Во влажном 1976 г. в слое 0—10 см наблюдалось резкое уменьшение массы подземных органов во всех вариантах, тогда как в слое 10—20 см она осталась примерно на том же уровне или даже несколько увеличилась (в вариантах режима А и в вариантах 3, 4 режима В). Наибольшим накоплением подземных органов отличались варианты 1 и 4 (недостаточное и избыточное минеральное питание).

Количество корней и корневищ в верхнем (0—10 см) слое могло возрастать в связи с усилившимся распространением мятлика лугового (вариант 1) и пырея ползучего (вариант 4).

Таким образом, сухая и жаркая погода способствовала концентрации подземных органов трав в поверхностном (0—10 см) слое почвы, а влажная и прохладная, наоборот, уменьшению их массы в этом слое и увеличению в слое 10—20 см.

В первый год внесения удобрений большие их дозы (вариант 4) вызвали резкое снижение запасов подземных органов в слое 0—20 см, но в последующие годы эти запасы оказались здесь значительно больше, чем в вариантах 2 и 3, в связи с распространением пырея ползучего.

Листовая поверхность травостоя находилась в прямой зависимости от уровня минерального питания, а в 1975 г. и от увлажнения. Наибольшей она была в вариантах 3 и 4. В большинстве случаев не отмечалось существенных различий этих вариантов по площади листьев. Лишь в 1975 г. при режиме В ввиду преобладания в травостое овсяницы луговой в варианте 4 она была меньше. Листовой индекс был самым высоким в 1975 г. в 1-м стравливании и в варианте 3 режима В достиг $5,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

В 1974 и 1976 гг. максимум листовой поверхности отмечался во всех вариантах во 2-м стравливании. Максимумам листовой поверхности соответствовали и максимумы урожайности.

В вариантах 1 и 2 в засушливый период 1975 г. листовая поверхность уменьшалась до $0,90$ — $1,01 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Орошение в этом году способствовало ее увеличению во всех вариантах.

В соответствующих вариантах опыта и циклах стравливания в 1976 г. площадь листовой поверхности была больше, чем в другие годы. Не превзойден был листовой индекс лишь в вариантах 3 и 4 при 1-м стравливании и всех режимах увлажнения ($4,33$ — $5,51 \text{ м}^2/\text{м}^2$), а также при 4-м стравливании и режимах Б и В ($3,74$ — $4,53 \text{ м}^2/\text{м}^2$) в 1975 г.

Следовательно, в условиях преобладания сырой и прохладной погоды у пастбищных растений формируется больше листьев и меньше подземных органов.

Продуктивность травостоев и качество корма

Урожайность. В нашем опыте урожайность старовозрастного пастбищного травостоя была близка к запланированной при нормах удобрений $\text{N}_{120}\text{P}_{110}\text{K}_{90}$ и $\text{N}_{330}\text{P}_{270}\text{K}_{250}$ (табл. 3).

При внесении $\text{N}_{120}\text{P}_{110}\text{K}_{90}$ урожайность во всех случаях, кроме режима А в 1975 г., несколько превысила расчетную (50 ц сухого вещества на 1 га). В варианте с $\text{N}_{330}\text{P}_{270}\text{K}_{250}$ при всех режимах увлажнения в 1974 и 1976 гг. и при режиме Б в 1975 г. она составляла $82,4$ — $93,3$ ц/га при расчетной 100 ц/га. Поддержание влажности почвы на уровне 85% ППВ в 1975 г. обеспечило урожайность $102,5$ ц/га в этом варианте.

Внесение $\text{N}_{550}\text{P}_{435}\text{K}_{400}$ не способствовало дальнейшему росту продуктивности пастбища, и урожай сухого вещества в этом варианте не превышал $100,7$ ц/га. Таким образом, улучшение обеспеченности данного травостоя макроэлементами в изучавшихся условиях способствовало повышению урожайности примерно до 100 ц/га. Дальнейшее ее увеличение лимитировалось другими факторами экологической среды и биологическими возможностями видов в составе травостоя.

Рост урожайности при увеличении нижнего предела увлажнения с 70 до 85% ППВ отмечался в 1975 г. в вариантах без удобрений и с высокими их дозами (330 и 550 кг азота в на 1 га). В вариантах с удобрениями это можно объяснить повышением доступности элементов питания из удобрений, а в контрольном — изменением пищевого режима в результате увеличения содержания в травостое клевера белого, способного фиксировать атмосферный азот.

В 1975 г. различия по урожайности между соответствующими вариантами всех режимов увлажнения в первом цикле стравливания были незначительными. В последующих циклах она резко уменьшалась при режиме А в вариантах 3 и 4, опускаясь ниже урожайности в варианте 2, т. е. от недостатка влаги более всего страдали травостой, сформировавшиеся при высоком уровне минерального питания.

Урожайность пастбища при разных уровнях увлажнения и минерального питания
(ц сухого вещества на 1 га)

№ варианта	Вариант	1974 г.	1975 г.	1976 г.	В среднем за 3 года
Без полива (режим А)					
1	Без удобрений	41,4	25,6	43,7	36,8
2	N ₁₂₀ P ₁₁₀ K ₉₀	63,8	41,9	60,4	55,4
3	N ₃₃₀ P ₂₇₀ K ₂₅₀	89,2	59,3	82,4	77,0
4	N ₅₅₀ P ₄₃₅ K ₄₀₀	93,0	63,3	84,6	80,3
Полив при 70% ППВ (режим Б)					
1	Без удобрений	41,1	33,9	52,5	42,5
2	N ₁₂₀ P ₁₁₀ K ₉₀	59,6	59,5	72,2	63,7
3	N ₃₃₀ P ₂₇₀ K ₂₅₀	88,6	86,8	93,3	89,6
4	N ₅₅₀ P ₄₃₅ K ₄₀₀	87,6	86,2	93,4	89,1
Полив при 85% ППВ (режим В)					
1	Без удобрений	39,2	42,3	48,3	43,3
2	N ₁₂₀ P ₁₁₀ K ₉₀	54,6	61,6	64,6	60,2
3	N ₃₃₀ P ₂₇₀ K ₂₅₀	87,6	102,5	90,8	93,6
4	N ₅₅₀ P ₄₃₅ K ₄₀₀	86,8	100,7	89,5	92,3
	HCP ₀₅	10,8	3,8	5,6	4,0
	HCP ₀₅ для орошения	5,0	1,9	2,8	2,3
	HCP ₀₅ для удобрения	5,8	2,2	3,2	1,8

Следовательно, чем выше уровень минерального питания, тем более высокой должна быть предполивная влажность почвы.

При оценке поступления пастбищного корма мы основывались на данных о среднесуточном приросте сухой массы травостоя в период между подкашиванием растительных остатков и на данных об урожае (табл. 4). Это позволяло проследить за динамикой биологической продуктивности трав в период их вегетации.

Т а б л и ц а 4

Среднесуточный прирост сухой массы травостоя в период отрастания в среднем за 1974 — 1976 гг. (кг/га)

№ варианта	Вариант	Стравливание				
		1-е	2-е	3-е	4-е	5-е
Без полива (режим А)						
1	Без удобрений	19	43	29	28	15
2	N ₁₂₀ P ₁₁₀ K ₉₀	31	64	39	38	26
3	N ₃₃₀ P ₂₇₀ K ₂₅₀	50	69	52	57	41
4	N ₅₅₀ P ₄₃₅ K ₄₀₀	57	68	48	63	43
Полив при 70% ППВ (режим Б)						
1	Без удобрений	23	49	34	28	18
2	N ₁₂₀ P ₁₁₀ K ₉₀	39	70	48	39	29
3	N ₃₃₀ P ₂₇₀ K ₂₅₀	52	92	66	65	43
4	N ₅₅₀ P ₄₃₅ K ₄₀₀	55	84	65	65	45
Полив при 85% ППВ (режим В)						
1	Без удобрений	18	56	32	32	20
2	N ₁₂₀ P ₁₁₀ K ₉₀	30	73	42	44	29
3	N ₃₃₀ P ₂₇₀ K ₂₅₀	51	91	74	66	50
4	N ₅₅₀ P ₄₃₅ K ₄₀₀	56	90	63	67	49

В среднем за 3 года максимум среднесуточного прироста наблюдался во 2-м стравливании. Затем прирост снижался, причем в каждом из стравливаний в разной степени.

По темпам нарастания надземной массы вегетационные периоды разных лет несколько различались. Для 1974 г. было характерно устойчивое снижение продуктивности от 2-го к 5-му стравливанию. В 1975 г. в условиях орошения при сохранении общей тенденции к снижению среднесуточного прироста от 2-го к 5-му стравливанию в вариантах 3 и 4 в 4-м стравливании по сравнению с 3-м наблюдалось некоторое увеличение прироста. Снижение урожая в 3-м стравливании было вызвано летней депрессией кущения злаков.

Продолжительный недостаток влаги в верхних слоях почвы при режиме А в 1975 г. вызвал резкое снижение продуктивности трав во 2-м и

Т а б л и ц а 5

Изменение ботанического состава травостоя по вариантам в 1975 г. (%)

Виды трав	Режим А				Режим В			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1-е стравливание								
Ежа сборная	13,7	36,6	36,8	49,1	4,7	12,5	22,6	34,2
Овсяница луговая	73,1	57,5	53,7	40,8	83,3	77,2	77,0	57,6
Прочие злаки	6,3	4,2	7,1	9,6	2,2	1,8	0,4	6,2
Клевер белый	3,5	0,1	—	—	5,9	2,8	—	—
Разнотравье	3,4	1,6	0,4	0,6	3,7	5,2	—	—
5-е стравливание								
Ежа сборная	33,6	34,2	65,5	74,9	26,3	25,4	52,2	58,0
Овсяница луговая	52,3	48,2	30,0	23,8	47,0	43,0	38,2	37,7
Прочие злаки	2,8	4,1	1,3	0,1	1,4	2,4	0,3	0,6
Клевер белый	5,4	7,8	—	—	18,9	25,8	—	—
Разнотравье	5,9	5,7	3,2	1,2	6,4	3,4	0,2	3,7

3-м стравливании и отрицательно сказался на последующем их отрастании.

В 1976 г. дополнительное увлажнение не способствовало существенному росту продуктивности пастбищных трав.

Ботанический состав травостоя. Гидрологические условия поймы и биологические ритмы развития отдельных видов трав обуславливали сезонную изменчивость фитоценоза, которая зависела также от доз удобрений, орошения и пастбищного способа использования травостоя.

Влияние орошения и сезонная изменчивость были особенно заметными в 1975 г. (табл. 5). Как в вариантах без орошения, так и с орошением наблюдалась тенденция к снижению доли участия овсяницы луговой в формировании урожая от 1-го к 5-му стравливанию. Одновременно возрастало участие в травостое ежи сборной с максимумом в 4-м или 5-м стравливаниях. При орошении доля ежи сборной в урожае была несколько меньше, чем без орошения.

Близкое к поверхности почвы расположение почвенно-грунтовых вод весной способствовало распространению овсяницы луговой, но отрицательно сказалось на развитии ежи сборной (наиболее отзывчивой на азотное питание). Это является одной из причин отсутствия роста урожайности при увеличении нормы азота до 550 кг/га.

Содержание клевера белого в травостое к осени возрастало. Без орошения в 1975 г. его доля составила в 5-м стравливании в варианте 1 5,4%, в варианте 2 — 7,8, в то время как при орошении (режим В) — со-

ответственно 18,9 и 25,8%. В подавляющем большинстве случаев максимум содержания клевера белого в травостое отмечался в 5-м стратификации.

Наряду с общими тенденциями сезонных изменений ботанического состава отмечены его различия по годам в зависимости от погодных условий и в связи с постепенным изменением пищевого режима вследствие постоянного внесения удобрений.

Применение удобрений и пастбищное использование привели к незначительному увеличению в травостое всех вариантов содержания ежи сборной при некотором уменьшении доли овсяницы луговой.

Наблюдалось и неуклонное повышение процента клевера белого в вариантах 1 и 2, вызванное переходом от сенокосно-пастбищного использования травостоя к регулируемому стратификации.

Химический состав травостоя. Существенные различия в уровнях минерального питания определили разницу в химическом составе корма.

С увеличением норм удобрений возрастала его оводненность, уменьшалось содержание сырой клетчатки и БЭВ, увеличивалось содержание в сухом веществе сырого протеина, жира, золы, общего азота, калия. В вариантах 1 и 4 отмечено более высокое, чем в других, содержание фосфора (0,45—0,47 против 0,42%).

В вариантах 3 и 4 при естественном увлажнении клетчатки было несколько меньше (26,64 и 25,59%), чем в условиях повышенной влажности при режиме В (27,15 и 26,50%). С увеличением уровня увлажнения возрастала зольность корма.

Внесение $N_{550}P_{435}K_{400}$ в большинстве случаев приводило к увеличению содержания нитратного азота в корме выше допустимого предела — 0,07%.

Коэффициенты использования элементов питания из удобрений и почвы

Урожайность как интегрирующий показатель отражает степень использования элементов питания из почвы и удобрений в зависимости от многих условий, которые при расчетах трудно учесть.

В нашем опыте рассчитанные по выносу урожаем в контрольном варианте коэффициенты использования элементов питания из почвы в среднем за 3 года по трем режимам увлажнения были следующими: лег-

Таблица 6

Коэффициенты использования элементов питания из удобрений

№ варианта	Режим А			Режим Б			Режим В		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2	54,2	13,7	74,8	51,2	15,5	98,0	60,0	15,8	74,2
3	54,4	12,8	62,0	58,6	15,7	78,6	60,2	19,1	80,5
4	38,6	10,8	43,7	40,1	11,0	53,0	42,1	11,3	56,2

когидролизующий N по Тюрину — Кононовой — 33, P₂O₅ по Труогу — 18, K₂O по Масловой — 32%. С увеличением уровня увлажнения коэффициенты использования элементов питания из почвы и удобрений, как правило, увеличивались.

Коэффициенты использования удобрений рассчитаны разностным методом (табл. 6). При уровнях минерального питания, обеспечивавших рост урожайности травостоя (варианты 2 и 3), они были довольно близки и составляли в среднем для азота 56%, фосфора — 15, калия — 74%.

В варианте с $N_{550}P_{435}K_{400}$ наблюдалось незначительное увеличение выноса элементов питания с урожаем; использование их резко снижа-

лось, что свидетельствует об экономической нецелесообразности внесения такой нормы удобрений под старовозрастной травостой, сформировавшийся на черноземно-луговой почве и состоящий преимущественно из овсяницы луговой.

Экономическая эффективность различных уровней увлажнения и удобрений

При внесении удобрений совместно с орошением было получено 9040 корм. ед. с 1 га, а в контроле — только 2920 корм. ед. с 1 га.

Наибольшую прибавку обеспечивали удобрения. Применение нормы $N_{550}P_{435}K_{400}$ и орошение без удобрений по всем экономическим показателям оказались нецелесообразны.

Дополнительный чистый доход без орошения при норме азота 120 кг/га был почти таким же, как и при орошении с нижним пределом увлажнения почвы 70% ППВ. Поскольку орошение гарантирует более равномерный выход корма в годы с недостаточным количеством осадков, более высокую прибавку кормовых единиц с 1 га и способствует сохранению в травостое клевера белого, при такой и несколько большей норме азота оно целесообразно.

Внесение азотных удобрений в количестве до 330 кг/га было экономически выгодно при всех режимах увлажнения. В варианте с $N_{330}P_{270}K_{250}$ в условиях полива при влажности почвы 85% ППВ был получен наибольший дополнительный чистый доход (около 200 руб/га), себестоимость 1 корм. ед. составила 2,77 коп.

Выводы

1. Водный режим пастбищных трав, произрастающих на черноземно-луговых почвах в условиях Тамбовской области, определяется взаимодействием многих факторов и в первую очередь количеством осадков и их распределением в течение вегетации, уровнем почвенно-грунтовых вод и потенциальной испаряемостью.

2. По запасам влаги в метровом слое почвы (в годы с достаточной влажностью они достигают 300 мм) нельзя судить о степени обеспеченности растений водой, так как значительному иссушению подвергается лишь слой 0—20 см.

3. Потребность в поливе появляется при снижении уровня почвенно-грунтовых вод примерно до 120 см, когда капиллярная кайма не достигает поверхности почвы. Норма полива при снижении влажности почвы до 70% ППВ составляет около 400 м³/га, до 85% ППВ — 200 м³/га.

Число поливов определяется погодными условиями, и в сухие годы может достигать трех при нижнем пределе увлажнения 70% ППВ и семи — при 85% ППВ.

4. Коэффициенты водопотребления очень сильно зависели от погодных условий и уровней минерального питания и колебались от 358 до 1866 м³/т сухого вещества, а суммарное водопотребление — от 328 до 570 мм.

5. Увеличение норм азота до 330 кг/га при внесении соответствующих количеств фосфора и калия приводило к усилению роста трав, уменьшению массы подземных органов, увеличению площади листовой поверхности.

6. В первом и втором сравнениях в травостое лучше развивалась овсяница луговая, во второй половине вегетации увеличивалась доля участия ежи сборной и клевера белого в формировании урожая. Причиной этого было подтопление почвенно-грунтовыми водами в весенний период. Наиболее отзывчива на орошение овсяница луговая, на удобрение — ежа сборная.

7. Клевер белый сохранялся в травостое при внесении 120 кг азота на 1 га (до 25,8% в конце вегетационного периода при нижнем пределе увлажнения 85% ППВ). При 330 и 550 кг/га он выпадал из травостоя и одновременно увеличивалось содержание ежи сборной.

8. С ростом уровня минерального питания в пастбищном корме снижалось содержание сухого вещества, сырой клетчатки, БЭВ, кальция и возрастало содержание сырого жира, сырого протеина, золы, общего азота и калия. При норме азота 550 кг/га в большинстве травливаный наблюдался избыток нитратного азота (свыше 0,07%).

При орошении увеличивалось содержание клетчатки и фосфора в злаковых травостоях.

9. С повышением уровня увлажнения возрастали коэффициенты использования элементов питания из почвы и удобрений.

10. Планировать продуктивность травостоев определенного ботанического состава и возраста необходимо с учетом конкретных почвенно-гидрологических условий и в пределах, не превышающих их урожайности при максимальных экономически оправданных дозах удобрений и уровнях увлажнения. Максимальная урожайность старовозрастного травостоя (с преобладанием овсяницы луговой) на черноземно-луговой почве была получена при нижнем пределе увлажнения 85% ППВ и норме удобрений $N_{330}P_{270}K_{250}$ (в среднем за 3 года 93,6 ц сухого вещества на 1 га). Увеличение нормы до $N_{550}P_{435}K_{400}$ не привело к росту урожайности.

11. Совместное применение орошения и удобрений обеспечило увеличение продуктивности старовозрастного травостоя на черноземно-луговых почвах более чем в 3 раза (до 9040 корм. ед/га). Решающую роль при этом играли удобрения. Без применения их орошение оказалось неэффективным. Наибольший дополнительный чистый доход был получен при внесении 330 кг азота на 1 га с соответствующим количеством фосфора и калия при поливе с нижним пределом увлажнения 85% ППВ (200 руб/га). Себестоимость корм. ед. в этом варианте составила 2,77 коп.

12. Под старовозрастные травостои с преобладанием овсяницы луговой на черноземно-луговых почвах следует вносить не более 330 кг азота на 1 га с соответствующим количеством фосфора и калия.

Режим увлажнения таких травостоев необходимо устанавливать в зависимости от уровней минерального питания. При среднем уровне азота (120 кг/га) и соответствующих фосфора и калия полив следует производить при снижении влажности почвы до 70% ППВ, при высоком (330 кг/га) — до 85% ППВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алпатьев А. М. Влагооборот культурных растений. Л., Гидрометеоздат, 1954. — 2. Алпатьев С. М. Поливной режим с.-х. культур в Южной части Украины. Киев, 1965. — 3. Андреев Н. Г., Спасов В. П. Водный режим и водопотребление лугопастбищных трав в связи с применением азотных удобрений. «Докл. ТСХА», 1970, вып. 159 с. 129—133. — 4. Андреев Н. Г., Тюльдюков В. А., Прудников А. Д. Оптимальный водный режим для агрофитоценозов пастбищ в нечерноземной зоне РСФСР. «Вестн. с.-х. науки», 1975, № 8, с. 23—30. — 5. Бойко С. И. Прогноз водопотребления орошаемых культур на основе потенциальной эвапотранспирации. Автореф. канд. дис. М., 1974. — 6. Велич-

ко Е. Б. Поливной режим культурных пастбищ в Краснодарском крае. В сб.: Биолог. основы орошаемого земледелия. М., «Наука», 1974, с. 119—123. — 7. Вильямс В. Р. Почвоведение. М., Сельхозиздат, 1940. — 8. Дорохов А. П. Режим орошения многолетних трав в ЧЦП. «Гидротехн. и мелиор.», 1975, № 5, с. 62—72. — 9. Иванов Н. Н. Мировая карта испаряемости. Л., Гидрометеоздат, 1957. — 10. Каюмов М. К., Тюльдюков В. А. Расчет доз удобрений на планируемый урожай орошаемых пастбищ. «Вестн. с.-х. науки», 1973, № 3, с. 109—111. — 11. Климов А. А., Листопад Г. Е., Устенко Г. П. Программирование урожая. Тр. Волгоградского с.-х. ин-та, 1971, т. 36. —

12. Лысогоров С. Д., Сухорук В. Ф. О программировании уржающей с.-х. культур на поливных землях. В сб.: Биологические основы орошаемого земледелия. М., «Наука», 1974, с. 249—257. — 13. Марков Е. С. Мелиорация заболоченных пойм. М., Сельхозиздат, 1958. — 14. Маслов Б. С. Районирование норм увлажнения для Центральной нечерноземной зоны. «Гидротехника и мелиорация», 1974, № 15, с. 33—40. — 15. Молдау Х., Росс Ю., Тооминг Х., Ундла И. Географическое распределение фотосинтетически активной радиации (ФАР) на территории европейской части СССР. В сб.: Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. М., изд-во АН СССР, 1963, с. 149—158. — 16. Николаев А. В. К теории поливных режимов сельскохозяйственных культур. Душанбе, 1956. — 17. Ничипорович А. А. Некоторые принципы комплексной оптимизации деятельности и продуктивности растений. В кн.: Важнейшие проблемы фотосинтеза в растениеводстве, М., «Колос», 1970, с. 6—23. — 18. Пенман Х. Л. Растения и влага. Л., Гидрометеоздат, 1968. — 19. Петин Н. С. Физиология орошаемых сельскохозяйственных растений. М., изд-во АН СССР, 1962. — 20. Петин Н. С. Вопросы физио-

логических основ орошения сельскохозяйственных культур. В сб.: Проблемы борьбы с засухой и рост производства с.-х. продукции. М., «Колос», 1974, с. 143—149. — 21. Ринькис Г. Я. Оптимизация минерального питания растений. Рига, «Зинатне», 1972. — 22. Свистис П. Об оценке эффективности регулирования водного режима почв сельскохозяйственных угодий в условиях временного избыточного увлажнения. В кн.: Вопр. регулирования водного режима избыточно увлажненных земель». Елгава, 1974, с. 3—22. — 23. Собко А., Литвин Н. Создание и использование культурных долголетних пастбищ на орошаемых землях Украины. «Вестн. с.-х. науки», 1971, № 12, с. 25—32. — 24. Гамм В. В. Водопотребление и поливной режим дождеваемых культурных пастбищ на минеральных почвах Эстонской ССР. Автореф. канд. дис. Таллин, 1975. — 25. Хэген Р. М., Ваадиа И. Основы орошаемого земледелия. В кн.: Растение и вода. Л., Гидрометеоздат, 1967, с. 227—244. — 26. Шатилов И. С. Принципы программирования урожайности полевых культур. В сб.: Биологические основы орошаемого земледелия, М., «Наука», 1974, с. 65—73.

Статья поступила 30 августа 1977 г.

SUMMARY

The results of the trial conducted in 1974—1976 on the Kalinin educational farm (Tambov region) on chernozem-meadow soil are considered in the paper. The maximum yield on the pasture (up to 93.6 centners of dry matter per 1 hectare) was under application of $N_{330}P_{270}K_{250}$, the higher rate—up to $N_{550}P_{435}K_{400}$ —did not contribute to the further increase of the yield.

In the period before the second grazing it was meadow fescue that did best in the grass stand, while cock's-foot grass and white clover did best in the second half of the growing season.

Much moisture in the layer of 1 metre (up to 300 mm) does not show that there is enough water for plants, as it is only the soil layer from 0 to 20 cm that dries up considerably.

If N_{120} is applied, it is economically advisable to irrigate the soil when the moisture content is as low as 70% of maximum field capacity, while if N_{330} is applied the irrigation is recommended when the moisture content is reduced up to 85% of maximum field capacity.