

УДК 633.31+633.2.039.6]:631.816.3:631.51

ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЮЦЕРНЫ И ЛЮЦЕРНО-ЗЛАКОВОГО ТРАВСТОЯ ПРИ ОРОШЕНИИ И РАЗНЫХ СПОСОБАХ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

И. В. КОБОЗЕВ

(Кафедра луговодства)

В настоящее время широко распространено совмещение внесения удобрений с культивацией под пропашные культуры [5, 14] и при широкорядном посеве семенников трав [9, 10]. Однако на долгодетных травостоях и лугах удобрения в основном вносят поверхностно [1, 9]. Вместе с тем исследования, проведенные в засушливых зонах [2, 12, 14], свидетельствуют, что в этом случае травостой обычно плохо используют удобрения, особенно фосфорно-калийные, которые, как правило, закрепляются в верхних быстро высыхающих слоях почвы. Эффективность удобрений можно повысить, обеспечив более равномерное их распределение в почве. Если в полевых опытах поверхностное внесение за один раз 360N приводило к угнетению корневой системы, то в вегетационных опытах при перемешивании той же дозы удобрений с почвой наблюдалось хорошее развитие растений [13, 14]. О благоприятном воздействии равномерного распределения удобрений свидетельствуют результаты ряда исследований [8, 13, 16]. К приемам, повышающим эффективность удобрений в посевах трав, относится также рыхление почвы. В условиях Ставропольского края рыхление способствовало увеличению проницаемости почвы для влаги и удобрений, улучшало аэрацию и удаление CO₂, что уменьшало опасность содового засоления. Кроме того, при улучшении аэрации усиливались процессы нитрификации, что приводило к уменьшению щелочности почвы и повышению подвижности кальция [3, 7]. Данный прием увеличил урожайность люцерны, а чем больше масса травостоев, тем медленнее протекают процессы засоления. Правильный выбор способа

Сбор сухого вещества (ц/га) люцерны в зависимости от способа
внесения удобрений (фактор А), их доз (фактор В) и орошения (фактор С)
(в числителе — 1975 г., в знаменателе — 1976 г.)

Сбор	Без орошения (С ₀)			При орошении (С ₁)						
	прибавка		эффект АВ	Сбор	прибавка			эффект		
	от А	от В			от А	от В	от С	АВ	АС	ВС
Поверхностное										
Без удобрений										
46,7	—	—	—	87,6	—	—	40,9	—	—	—
98,1	—	—	—	104,0	—	—	10,9	—	—	—
100Р160К										
49,0	—	2,3	—	103,3	—	9,0	47,6	—	—	6,7
103,1	—	10,0	—	128,1	—	17,0	18,0	—	—	7,0
100Р160К240N										
62,7	—	16,0	—	130,8	—	29,6	54,5	—	—	13,6
127,4	—	34,3	—	159,7	—	39,6	16,1	—	—	5,2
Поверхностное с культивацией										
Без удобрений										
46,0	-0,7	—	—	95,2	3,1	—	44,7	—	3,8	—
93,6	0,5	—	—	113,9	5,2	—	15,6	—	4,7	—
100Р160К										
48,5	-0,3	2,8	0,4	110,7	3,4	9,0	51,2	0,2	4,6	6,5
105,0	1,2	10,7	0,7	138,5	5,7	17,5	22,4	0,5	4,4	6,8
100Р160К240N										
60,6	-1,4	15,3	-0,7	142,5	4,2	30,2	60,0	0,6	5,5	15,3
129,0	1,0	34,9	0,5	172,0	6,1	45,9	26,6	6,3	10,5	11,0
При культивации										
100Р160К										
50,1	0,2	3,2	0,9	115,5	5,0	11,5	54,3	1,5	6,7	9,6
110,0	3,7	15,2	3,2	141,0	7,6	19,4	21,8	2,4	3,8	6,2
100Р160К240										
66,6	1,6	18,3	2,3	146,9	6,8	32,8	62,1	3,2	7,6	17,4
139,8	6,4	40,3	6,0	173,2	9,1	46,4	26,5	6,8	10,4	10,9
50 % РК+50 % РК										
100Р160К										
50,0	0,3	13,2	1,9	116,7	5,6	11,1	53,0	2,1	5,4	8,3
110,2	3,8	13,3	3,3	141,5	10,5	19,8	21,4	2,8	3,4	5,8
50 % N+100 % РК и 50 % N										
100Р160К240N										
66,8	1,7	18,4	2,4	157,1	9,3	35,5	63,6	5,9	9,1	18,9
140,2	6,6	40,5	6,2	186,6	12,5	52,3	27,5	12,7	11,4	11,9
НСР ₀₅										
5,0	1,6	1,6	1,6	5,0	1,6	1,6	1,4	1,6	1,4	1,4
7,2	2,3	2,3	2,3	7,2	2,3	2,3	1,9	2,3	1,9	1,9

внесения удобрений, обработки почвы, а также режима орошения имеет особое значение при эрозийной опасности и на засоленных почвах.

В связи с изложенным нами изучалось влияние рыхления почвы, способов внесения удобрений и орошения на продуктивность люцерновых и люцерно-злаковых травостоев.

Сбор сухого вещества люцерно-злакового травостоя в зависимости от способа внесения удобрений (фактор А), их доз (фактор В) и орошения (фактор С) в 1975 г. (числитель) и в 1976 г. (знаменатель)

Без орошения (C ₀)				При орошении (C ₁)						
сбор	прибавка		эффект АВ	сбор	прибавка			эффект		
	от А	от В			от А	от В	от С	АВ	АС	ВС
Поверхностное										
Без удобрений										
$\frac{41,7}{91,5}$	—	—	—	$\frac{70,2}{103,1}$	—	—	$\frac{28,5}{11,6}$	—	—	—
100P160K										
$\frac{43,0}{96,2}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{1,3}{4,7}$	—	$\frac{76,0}{123,1}$	—	$\frac{3,5}{6,2}$	$\frac{30,8}{13,2}$	—	—	$\frac{2,2}{1,5}$
100P160K240N										
$\frac{49,3}{125,7}$	—	$\frac{7,6}{34,2}$	—	$\frac{103,0}{162,4}$	—	$\frac{20,2}{46,7}$	$\frac{41,1}{24,2}$	—	—	$\frac{12,6}{12,5}$
100P160K360N										
$\frac{51,0}{132,6}$	—	$\frac{9,3}{41,1}$	—	$\frac{109,3}{170,8}$	—	$\frac{24,2}{54,4}$	$\frac{43,4}{24,9}$	—	—	$\frac{14,9}{13,3}$
П р и к у л ь т и в а ц и и										
Без удобрений										
$\frac{40,3}{92,3}$	$\frac{-1,4}{0,8}$	—	—	$\frac{78,1}{114,9}$	$\frac{3,2}{6,2}$	—	$\frac{33,2}{17,1}$	—	$\frac{4,6}{5,4}$	—
100P160K										
$\frac{42,9}{102,6}$	$\frac{-0,8}{3,6}$	$\frac{2,0}{7,5}$	$\frac{0,6}{2,8}$	$\frac{93,7}{138,3}$	$\frac{6,0}{8,5}$	$\frac{6,3}{14,6}$	$\frac{37,5}{24,2}$	$\frac{2,8}{8,4}$	$\frac{6,7}{11,0}$	$\frac{4,3}{7,1}$
100P160K240N										
$\frac{51,3}{138,3}$	$\frac{0,3}{3,2}$	$\frac{9,3}{4,3}$	$\frac{1,7}{2,5}$	$\frac{129,7}{178,4}$	$\frac{8,8}{10,3}$	$\frac{25,8}{50,8}$	$\frac{49,6}{27,8}$	$\frac{5,6}{4,1}$	$\frac{8,5}{3,6}$	$\frac{16,4}{10,7}$
100P160K360N										
$\frac{53,7}{144,6}$	$\frac{0,6}{6,4}$	$\frac{11,4}{46,7}$	$\frac{2,0}{5,6}$	$\frac{142,7}{189,8}$	$\frac{10,7}{10,9}$	$\frac{31,6}{59,0}$	$\frac{53,4}{29,4}$	$\frac{7,4}{4,6}$	$\frac{10,0}{4,5}$	$\frac{20,2}{12,3}$
50 % N+100 % PK и 50 % N										
100P160K240N										
$\frac{50,6}{140,2}$	$\frac{-0,1}{4,9}$	$\frac{9,0}{35,3}$	$\frac{1,3}{4,2}$	$\frac{134,1}{182,6}$	$\frac{9,7}{11,8}$	$\frac{26,7}{52,3}$	$\frac{50,9}{28,3}$	$\frac{6,5}{5,6}$	$\frac{9,8}{15,1}$	$\frac{17,7}{11,2}$
100P160K360N										
$\frac{53,8}{145,8}$	$\frac{2,6}{7,0}$	$\frac{9,5}{47,3}$	$\frac{1,8}{6,2}$	$\frac{149,0}{195,9}$	$\frac{10,3}{12,7}$	$\frac{33,2}{60,8}$	$\frac{55,0}{30,6}$	$\frac{9,0}{6,4}$	$\frac{11,6}{5,7}$	$\frac{21,8}{13,2}$
HCP ₀₅										
$\frac{5,6}{6,0}$	$\frac{2,0}{3,0}$	$\frac{2,0}{3,0}$	$\frac{2,0}{3,0}$	$\frac{5,6}{6,0}$	$\frac{2,0}{3,0}$	$\frac{2,0}{3,0}$	$\frac{1,4}{1,5}$	$\frac{2,0}{3,0}$	$\frac{1,4}{3,0}$	$\frac{1,4}{1,5}$

Основные исследования проводились в колхозе «Октябрь» Знаменского района Кировоградской области в 1973—1976 гг. Часть результатов, а также условия опытов освещены в ранее опубликованных работах [2, 6]. В данном сообщении приводятся результаты полевого опыта с люцерновым и люцерно-злаковым травостоями в засушливом

1975 г. и во влажном 1976 г. Участки расположены горизонтально, почва — глубокий среднегумусный чернозем. Схема опыта отражена в табл. 1 и 2.

Способы внесения удобрений: поверхностное без рыхления (условно поверхностное); поверхностное с последующей культивацией (поверхностное с культивацией); на глубину 15 см при культивации; 50 % РК поверхностно без рыхления +50 % РК при культивации (50 % РК +50 % РК); 50 % N поверхностно +100 % РК и 50 % N при культивации (50 % N+100 % РК и 50 % N). В дальнейшем для краткости способы внесения удобрений будем называть условно. Два последних варианта позволяли достигнуть более равномерного распределения удобрений в почве, чем другие способы.

Рыхление почвы на глубину 15 см через 45 см проводили весной, осенью и после каждого скашивания культиватором КРН-4,2, у которого для лучшего заглубления лапы-растениепитатели специально заточились. Половину нормы фосфорно-калийных удобрений вносили осенью, остальное — весной. Травостой скашивали 4 раза.

Были также проведены исследования эффективности 100P160K240N на участке, расположенном на южном склоне ($i=0,038$). Удобрения вносили поверхностно без рыхления и одновременно с культивацией поперек склона на глубину 15 см. Площадь опытной делянки 5 га. Почва — обыкновенный малогумусный глубокий среднесуглистый чернозем. Содержание легкогидролизуемого азота по Тюрину—Кононову — 3—3,5, K_2O по Масловой — 10—13 и P_2O_5 по Кирсанову — 6—8 мг на 100 г почвы. В условиях такого большого склона полив производили небольшими нормами — 150 м³/га на глубину 20—30 см и крупными — 450—600 м³/га на глубину 50—70 см. При этом последние давали прерывисто мелкими дозами, т. е. поливали до появления стока, что соответствовало примерно 100—150 м³/га, затем полив прекращали на 3—6 ч и снова возобновляли.

В данной статье приведены также результаты испытания внесения азотных удобрений одновременно с поливной водой с помощью гидроподкормщика дождевальной машины ДДН-45. Методики исследований описаны в [2, 6].

Эффективность орошения, рыхления почвы и способов внесения удобрений

Производственный опыт колхоза «Октябрь» и полевые исследования показали, что в засушливые годы люцерна более отзывчива на орошение и удобрение, чем люцерно-злаковая травосмесь (люцерна + костер безостый + овсяница луговая). Люцерна наиболее приспособлена к высокой температуре и низкой влажности воздуха и имеет более глубокую корневую систему. Овсяница луговая в данной зоне значительно уступает по всем показателям коостре безостому и особенно люцерне.

Во влажные годы, каким был 1976 г., при орошении и внесении высоких доз азота на фоне РК некоторое преимущество по урожайности имел люцерно-злаковый травостой (табл. 1 и 2). Следует отметить, что он превосходил люцерну по этому показателю только в 1-м укосе, так как злаки, в том числе и овсяница луговая, начинают раньше отрастать, чем люцерна. К тому же весной злаки лучше реагируют на внесение минеральных удобрений (табл. 3, 4, 5). В летние же периоды овсяница луговая подвержена депрессии, в результате чего люцерно-злаковый травостой в целом обладает меньшей отавностью, чем люцерна, которая способна в данной зоне при соблюдении всех агротехнических приемов в условиях орошения давать в последующие укосы почти такие же урожаи, как и в 1-м. Поэтому в производствен-

Т а б л и ц а 3

Окислительно-восстановительный потенциал (Еh) почвы (1976 г.) в 1-й и 3-й укосы при поверхностном внесении удобрений (в числителе) и одновременно с культивацией (в знаменателе)

Удобрение	Люцерна				Люцерна + злаки			
	без орошения		при орошении		без орошения		при орошении	
	1-й	3-й	1-й	3-й	1-й	3-й	1-й	3-й
Без удобрений	400	510	380	500	380	510	380	480
	420	510	410	510	410	510	410	510
100P160K240N	380	510	370	480	370	500	360	460
	420	510	410	500	410	510	400	490

ных посевах урожайность зеленой массы люцерно-злакового травостоя в 1976 г. в 1-м укосе при внесении 100P160K360N (по 72 кг N под укос) составила 350 ц/га, а люцерны — 280 ц/га. Но в другие годы урожайность травосмеси была меньше, чем люцерны, даже при 1-м укосе.

Рыхление почвы существенно увеличивало урожайность люцерны и люцерно-злакового травостоя только при достаточном увлажнении почвы. Поэтому наиболее эффективным оно было во влажном 1976 г. и при орошении (табл. 1 и 2). Рыхление способствовало улучшению аэрации почвы, повышению окислительно-восстановительного потенциала последней [14] и усилению развития симбиотического аппарата люцерны (табл. 3).

Под действием удобрений и орошения усиливается развитие корней в верхнем слое почвы [2, 15, 16], особенно в люцерно-злаковом травостое, что приводит к ухудшению аэрации и снижению окислительно-восстановительного потенциала почвы. В этом случае ярче прояв-

Т а б л и ц а 4

Количество эффективных клубеньков (в числителе) и их общее число (в знаменателе) в 1-й и 3-й укосы (1976 г.) при различных способах внесения удобрений

Удобрение	Люцерна				Люцерна + злаки			
	без орошения		при орошении		без орошения		при орошении	
	1-й	3-й	1-й	3-й	1-й	3-й	1-й	3-й
Поверхностное								
Без удобрений	34	6	40	45	15	2	10	5
	46	16	49	60	28	9	25	9
100P160K	48	14	100	97	30	4	26	10
	60	32	127	130	48	30	40	34
100P160K240N	25	4	30	26	10	0	6	4
	61	20	80	72	23	12	20	15
При культивации								
Без удобрений	40	6	51	59	18	3	14	7
	50	15	68	78	32	9	32	13
100P160K	61	16	123	119	40	6	37	18
	73	30	141	150	69	32	54	49
100P160K240N	36	5	43	40	17	2	12	8
	69	21	87	91	32	10	30	23

Ботанический состав люцерно-злакового травостоя (% сухого вещества) в 1976 г. в зависимости от способа внесения удобрений при орошении

Травы	Поверхностное			При культивации		
	без удобрений	100Р160К	100Р160К240Н	без удобрений	100Р160К	100Р160К240Н
Люцерна	52,7	60,3	42,3	60,9	67,8	51,3
Костер безостый	26,4	22,9	32,0	27,8	23,2	36,1
Овсяница луговая	20,3	16,4	25,3	10,5	8,3	12,0
Прочие	0,6	0,4	0,5	0,8	0,7	0,6

ляется положительное действие глубокого внесения удобрений по сравнению с поверхностным (табл. 3). Ослабляя конкурентоспособность злаков, рыхление почвы и глубокое внесение удобрений способствуют увеличению общего количества клубеньков на корнях люцерны, особенно эффективных. Так, значения этих показателей в смешанных посевах увеличились при глубоком внесении удобрений соответственно в 1,5 и 2, а в чистых посевах — в 1,2 и 1,5 раза (табл. 4).

На люцерно-злаковом травостое эффект от рыхления почвы выражен сильнее, чем на люцерне (табл. 1, 2), особенно при совмещении с внесением удобрений. Это объясняется тем, что рыхление почвы способствует сохранению в травостое люцерны и костра безостого, требующих лучшей аэрации, чем овсяница луговая. В данном случае также повышается окислительно-восстановительный потенциал почвы, что очень благоприятно влияет на бобовые и корневищевые злаки типа костра безостого и меньше действует на овсяницу. Кроме того, при рыхлении кусты овсяницы луговой частично вырываются из почвы. В результате всего этого сильнее развивались более высокопродуктивные костер безостый и люцерна, которые лучше приспособлены к климату лесостепной и степной зон, чем овсяница луговая (табл. 5). Таким образом, рыхление почвы на глубину 15 см является одним из способов замедления вытеснения люцерны злаками.

Полевой опыт и наблюдения за производственными посевами в колхозе «Октябрь» Кировградской области, а также в хозяйствах Ростовской области и Ставропольского края показали, что при недостатке влаги глубокое рыхление почвы бесполезно. Поэтому в засушливые годы в богарных условиях следует ограничиться весенним и осенним рыхлением.

Рыхление почвы после поверхностного внесения удобрений с последующим поливом способствовало поступлению питательных веществ в более глубокие слои почвы и лучшему впитыванию воды, что хорошо согласуется с данными [10]. Однако лучше всего использовались удобрения, особенно фосфорно-калийные, при внесении их одновременно с культивацией, что обеспечивало распределение элементов питания в хорошо увлажненном слое почвы. При поверхностном внесении удобрения использовались значительно хуже (табл. 6), так как даже в условиях орошения самый верхний слой почвы периодически пересыхает [6].

Следует отметить, что орошение, удобрение и рыхление почвы взаимно усиливали действие друг друга (см. эффект от АВ, АС, ВС в табл. 1 и 2). Поэтому сумма прибавок урожаев от действия отдельных приемов существенно меньше суммарного эффекта применения их в сочетании. Например, сумма прибавок отдельно от орошения, куль-

Вынос питательных веществ люцерной (в числителе — в 1975 г., в знаменателе — в 1976 г.) в зависимости от способа внесения удобрений

Удобрение	Без орошения					При орошении				
	вынос, кг/га			коэффициент использования, %		вынос, кг/га			коэффициент использования, %	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
Поверхностное										
Без удобрений	113	21	98	—	—	243	53	236	—	—
	237	45	243	—	—	292	67	274	—	—
100P160K	120	23	123	2	16	297	68	287	15	32
	271	52	281	7	24	398	88	363	21	55
100P160K240N	170	29	164	8	41	406	85	356	32	75
	378	65	357	20	71	517	110	413	43	37
Поверхностное с культивацией										
Без удобрений	113	21	97	—	—	268	59	255	—	—
	240	46	253	—	—	323	76	322	—	—
100P160K	122	24	126	3	18	327	77	303	18	30
	284	57	297	11	28	436	105	405	29	52
100P160K240N	169	31	160	10	39	465	100	380	41	78
	358	68	372	22	74	557	129	473	53	94
При культивации										
100P160K	129	26	138	5	26	348	84	330	25	47
	298	62	310	16	36	452	116	414	40	58
100P160K240N	190	34	183	13	54	486	109	391	50	85
	401	77	391	31	86	582	139	478	63	98
50 % PK+50 % PK										
100P160K	125	26	110	5	8	348	83	328	24	46
	292	60	309	14	35	451	109	415	33	58
50 % N+100 % PK и 50 % N										
100P160K240N	186	36	185	15	55	527	118	396	59	88
	408	75	393	29	88	644	142	479	66	98

тивации и внесения 100P160K240N на люцерно-злаковом травостое составила в 1975 г. 34,7, в 1976 г. — 46,4 ц/га, а суммарный эффект совместного применения этих факторов — соответственно 88,0 и 86,9 ц/га. Таким образом, за счет взаимодействия этих приемов получено дополнительно 53,3 и 40,3 ц/га. На люцерне сумма прибавок от каждого приема составила в 1975 г. 53,3, в 1976 — 40,3 ц сухого вещества с 1 га, а при совместном их применении соответственно — 100,2 и 80,1 ц, т. е. прибавка за счет взаимодействия этих факторов равнялась 57,7 и 34,4 ц/га. Эффект от рыхления и глубокого (на 15 см) внесения удобрений в богарных условиях проявлялся сильнее во влажный год (1976). В засушливом 1975 г. почва в слое 0—30 см пересыхала до влажности устойчивого завядания и сильнее, и действие этого агроприема было слабым.

В условиях орошения эффект взаимодействия рыхления почвы, орошения и глубокого внесения удобрений был выше в засушливом 1975 г., чем в 1976 г. В первом случае верхний слой 0—5 см даже при орошении периодически пересыхал, поэтому внесение удобрений одновременно с культивацией на глубину 15 см сыграло большую роль, чем

в 1976 г., когда верхние слои имели относительно высокую влажность (табл. 1 и 2).

Интересно отметить, что относительное увеличение урожайности под действием рыхления и глубокого внесения удобрений на люцерно-злаковом травостое выражено сильнее, чем на люцерне. Например, при орошении одновременное рыхление почвы и внесение 100Р160К240N на глубину 15 см в 1975 г. повысило урожайность люцерно-злаковой травосмеси в 1,39, в 1976 г. — в 1,17 раза, а люцерны — соответственно в 1,12 и 1,08 раза. Это объясняется тем, что при рыхлении и глубоком внесении удобрений в люцерно-злаковой травосмеси содержание люцерны выше, чем при поверхностном.

Наши исследования показали преимущество вариантов внесения фосфорно-калийных удобрений на глубину 15 см и 50 % дозы N перед рыхлением, а 50 % N — одновременно с культивацией (табл. 1). Соединения фосфора и калия относительно малоподвижны, и основное количество их доступных форм и без того сосредоточено в самых верхних слоях почвы. Поэтому вносить эти элементы, особенно фосфор, лучше в более влажные и менее насыщенные ими горизонты.

Азот — более подвижный элемент, он лучше передвигается по профилю, и с глубиной его содержание изменяется не так резко, как фосфора [3, 5, 6]. Следовательно, в условиях орошения часть азотных удобрений лучше всего вносить поверхностно перед рыхлением, а часть — одновременно с рыхлением (табл. 1 и 2). Если же внести все три элемента на одинаковую глубину, то из-за разной подвижности их соотношение будет менее благоприятным, чем при внесении части азотных удобрений в верхние слои почвы.

Таблица 7

Выход сухого вещества и сырого протеина люцерны (кг на 1 кг д. в. удобрений) в 1975 г. (числитель) и 1976 г. (знаменатель)

Способ внесения удобрений	Без орошения			При орошении		
	100Р160К	100Р160К240N		100Р160К	100Р160К240 N	
	PK	NPK	N	PK	NPK	N
Сухое вещество						
Поверхностное	0,9 3,9	3,2 6,9	5,7 10,0	6,0 9,2	8,6 11,1	11,5 13,1
Поверхностное с культивацией	1,0 4,4	2,9 7,1	5,0 10,0	6,0 9,5	9,5 11,6	12,5 14,0
При культивации	1,6 6,3	4,1 9,2	6,9 12,4	8,7 12,0	10,5 11,9	13,1 13,5
50 % РК+50 % РК	1,5 6,4	—	—	8,3 10,4	—	—
50 % N+100 % РК и 50 % N	4,6 6,3	4,2 9,2	6,9 12,6	8,7 12,0	12,4 14,5	17,3 19,0
Сырой протеин						
Поверхностное	0,17 0,81	0,71 1,77	1,28 2,80	1,30 2,55	2,03 2,81	2,82 3,09
Поверхностное с культивацией	0,20 1,07	0,69 1,48	1,22 1,92	1,42 2,69	2,47 2,93	3,61 3,20
При культивации	0,37 1,40	0,96 2,02	1,60 4,21	1,94 3,11	2,73 3,24	3,50 3,39
50 % РК+50 % РК	0,28 1,26	—	—	1,94 3,10	—	—
50 % N+100 % РК и 50 % N	0,37 1,40	0,91 2,10	1,49 2,86	1,94 3,11	3,25 4,02	4,66 5,00

Таблица 8

Выход сухого вещества люцерно-злакового травостоя (кг на 1 кг. д. в. удобрений) в 1975 г. (числитель) и в 1976 г. (знаменатель)

Способ внесения удобрений	100P160K		100P160K240N		100P160K360N	
	на 1 кг					
	PK	NPK	N	NPK	N	
	Без орошения					
Поверхностное	0,5	1,6	2,6	1,5	2,1	
	2,2	6,8	12,3	6,6	10,1	
При культивации	1,0	2,2	3,5	2,2	3,0	
	4,0	9,2	14,9	8,4	11,6	
50 % N + 100 % PK и 50 % N	1,0	2,1	3,2	2,2	3,0	
	4,0	9,7	15,6	8,5	14,9	
	При орошении					
Поверхностное	2,2	6,6	11,2	6,3	9,2	
	7,7	11,9	16,4	7,6	13,2	
При культивации	6,0	10,3	15,0	10,4	13,6	
	9,0	12,7	16,7	12,0	14,3	
50 % N+100 % PK и 50 % N	6,0	11,2	16,8	11,4	15,4	
	9,0	13,5	18,5	13,1	16,0	

Особый интерес представляет то, что дифференцированное внесение удобрений позволяет увеличить дозы азота и повысить выход продукции на 1 кг действующего вещества удобрений (табл. 7, 8). При этом окупаемость 1 кг азота при увеличении его доз снижается в меньшей степени, чем при внесении всей нормы N на одну глубину. Например, в условиях орошения при повышении нормы азота с 240 до 360 кг/га окупаемость азота уменьшилась при поверхностном внесении в 1,22—1,24 раза, при внесении 100 % всех удобрений на глубину 15 см — в 1,10—1,17, а при дифференцированном внесении — в 1,09—1,16 раза (табл. 8).

Таблица 9

Сбор сырого протеина люцерны (кг/га) при орошении и внесении удобрений в 1975 г. (числитель) и 1976 г. (знаменатель)

Способ внесения удобрений	Без орошения			При орошении		
	без удобрений	100P160K	100P160K240N	без удобрений	100P160K	100P160K240N
Поверхностное без рыхления	708	753	1061	1519	1858	2536
	1481	1692	2364	1825	2488	3230
Поверхностное с культивацией	708	760	1054	1673	2041	2907
	1497	1775	2236	2017	2716	3484
При культивации	708	804	1187	1673	2178	3036
	1497	1862	2508	2017	2826	3639
50 % PK+50 % PK	—	781	—	—	2178	—
	—	1825	—	—	2822	—
50 % N+100 % PK и 50 % N	1081	805	1161	1673	2178	3296
	1497	1862	2548	2017	2826	4027

Действие условий вегетационного периода, орошения, рыхления почвы, удобрений и способа их внесения на сбор сырого протеина выражено сильнее, чем на урожайность (ср. данные табл. 1 и табл. 9). Это объясняется тем, что орошение и удобрение, особенно при рыхлении почвы и внесении их под культивацию и дифференцированном применении, улучшая минеральное питание растений, повышают содержание протеина.

Интересно отметить, что одновременно с увеличением концентрации сырого протеина в люцерне повышалось содержание каротина (табл. 9). По всей вероятности, в синтезе каротиноидов участвуют белки-ферменты, кроме того, при орошении и улучшении минерального, особенно азотного, питания увеличивается облиственность растений [9], что также способствует накоплению каротина. При недостатке влаги в условиях засушливого года (1975) облиственность растений уменьшалась, ухудшалось минеральное питание, поэтому содержание протеина и каротина уменьшалось. Кроме того, каротин разлагался под действием высокой солнечной активности.

Самое высокое содержание фосфора и калия в люцерне было при внесении их одновременно с культивацией (табл. 10).

Таким образом, наибольшие урожайность, сбор сырого протеина и концентрация сырого протеина и каротина в корме наблюдались при

Таблица 10

Содержание сырого протеина, каротина, P_2O_5 , K_2O в сухом веществе люцерны в 1975 г. (числитель) и в 1976 г. (знаменатель)

Удобрение	Без орошения				При орошении			
	протеин, %	каротин, мг/кг	P_2O_5 , %	K_2O , %	протеин, %	каротин, мг/кг	P_2O_5 , %	K_2O , %
Поверхностное								
Без удобрений	15,16	165	0,46	2,10	17,34	211	0,60	2,69
	15,91	172	0,48	2,61	17,55	206	0,64	2,64
100P160K	15,37	170	0,47	2,52	17,99	212	0,66	2,73
	16,41	191	0,50	2,73	19,42	216	0,69	2,84
100P160K240N	16,92	195	0,47	2,62	19,39	213	0,65	2,72
	18,56	200	2,80	2,80	20,23	228	0,69	2,59
Поверхностное с культивацией								
Без удобрений	15,39	169	0,46	2,10	17,57	200	0,62	2,68
	15,99	175	0,49	2,70	17,71	208	0,67	2,83
100P160K	15,67	175	0,50	2,60	18,44	206	0,70	2,74
	16,90	196	0,54	2,83	19,61	212	0,76	2,93
100P160K240N	17,39	109	0,51	2,64	20,40	225	0,70	2,67
	17,33	211	0,53	2,89	20,26	229	0,75	2,75
При культивации								
100P160K	16,05	174	0,51	2,76	18,66	203	0,73	2,88
	16,93	195	0,56	2,82	20,04	214	0,82	2,94
100P160K240N	17,82	203	0,51	2,75	20,67	236	0,74	2,66
	17,94	210	0,55	2,80	21,00	249	0,80	2,76
50 % PK+50 % PK								
100P160K	15,62	171	0,51	2,19	18,66	203	0,71	2,81
	16,56	170	0,55	2,80	19,94	215	0,77	2,93
50 % N+100 % PK и 50 % N								
100P160K240N	17,38	200	0,52	2,77	20,98	249	0,75	2,52
	18,17	211	0,54	2,80	21,58	262	0,76	2,56

орошении и внесении РК и 50 % N одновременно с культивацией, а 50 % N — поверхностно перед культивацией.

На рыхление почвы затрачивается 5 руб/га, и оно окупается, если дает прибавку более 1 ц корм. ед. На одновременное внесение удобрений и культивацию люцернового и люцерно-злакового травостоев затраты составили около 9 руб/га, а сбор сухого вещества увеличился на 10—40 ц/га (табл. 1). Следовательно, применение данного агроприема экономически вполне оправданно.

Внесение удобрений одновременно с культивацией поперек склона способствовало задержанию влаги и лучшему использованию удобрений. При этом урожай сухого вещества люцерно-злакового травостоя был выше на 20—40 ц/га, чем при поверхностном внесении. Опыты показали, что для лучшего промачивания почвы поливную норму 450—600 м³/га необходимо давать не за один прием, а за несколько — по 100—150 м³/га через 3—6 ч. Глубокое промачивание, как и в [6], позволяло экономить воду, а такое орошение — предотвращать сток и эрозию почвы. Эффективность орошения возрастала в 1,2—1,4 раза.

Внесение азотных удобрений одновременно с поливной водой

В настоящее время имеются рекомендации по внесению азотных удобрений одновременно с поливной водой с помощью гидроподкормщиков оросительных машин [1, 4, 11]. Но в производстве данным способом почти не пользуются. В связи с этим был проведен полевой и производственный опыты, целью которых являлось выяснение эффективности внесения удобрений одновременно с поливной водой с помощью гидроподкормщика дождевальной машины ДДН-45. Результаты свидетельствуют, что в опытах с небольшими делянками такой способ дает явное преимущество перед внесением удобрений с помощью разбрасывателей РМГ-4 и РУМ-3 (табл. 10). Это объясняется тем, что растворенные азотные удобрения проникают в почву по трещинам и порам глубже и распределяются равномернее, чем внесенные поверхностно. Однако с увеличением площади делянок эффективность внесения удобрений с помощью гидроподкормщика уменьшается, так как из-за низкой производительности дождевальной машины ДДН-45 на полив поля 30 га одним агрегатом требуется около 10 дней. За этот период возможно выпадение дождей, но эффект от естественных осадков на удобренной площади меньше, чем на удобренной. Следовательно, на больших полях целесообразнее рано весной и сразу после

Т а б л и ц а 11

Результаты полевого и производственных опытов по внесению азотных удобрений разбрасыванием с последующим поливом (в числителе) и одновременно с поливной водой при помощи ДДН-45 (в знаменателе)

Опыт	Урожайность зеленой массы, ц/га		Себестоимость 1 ц зеленой массы, коп.		Затраты, руб/га		Условный доход, руб/га	
	1975	1976	1975	1976	1975	1976	1975	1976
Полевой опыт:								
площадь делянок 200 м ²	615	810	71	39	439,2	312,7	178,3	494,1
	<u>705</u>	<u>860</u>	<u>63</u>	<u>37</u>	<u>444,4</u>	<u>317,7</u>	<u>260,8</u>	<u>541,8</u>
Производственный опыт:								
площадь делянки 5 га (полив 2 дня)	620	800	71	39	439,2	312,7	179,8	488,0
	<u>700</u>	<u>840</u>	<u>63</u>	<u>38</u>	<u>444,4</u>	<u>317,8</u>	<u>259,0</u>	<u>520,8</u>
площадь делянки 30 га (полив 10 дней)	600	780	73	40	439,2	312,7	162,0	468,0
	<u>580</u>	<u>710</u>	<u>77</u>	<u>45</u>	<u>444,4</u>	<u>317,8</u>	<u>133,4</u>	<u>390,5</u>

каждого скашивания вносить удобрения с помощью разбрасывателя РМГ-4 или РУМ-3, производительность которых составляет 20—30 га за смену.

При поливе высокопроизводительными дождевальными установками, а также на культурных пастбищах, когда загон имеет площадь, которую можно полить за 1—2 дня, внесение удобрений с помощью гидроподкормщика, особенно в засушливые годы, дает высокий экономический эффект (табл. 11). Следует отметить, что коэффициент эффективности полива у всех дождевальных машин радиального действия не более 0,7, что свидетельствует о неравномерности внесения удобрений с помощью гидроподкормщика. Однако, по нашему мнению, в засушливых районах этим можно пренебречь, поскольку в более увлажняемые места попадает с оросительной водой и больше удобрений, что способствует эффективному использованию влаги и питательных веществ растениями. Но во влажных районах неравномерное внесение удобрений даже на травах нежелательно. В частности, в наших исследованиях эффективность применения гидроподкормщика во влажные годы была ниже, чем в засушливые (табл. 11).

Выводы

1. Наибольшая прибавка сырого протеина, сухого вещества и кальция, наилучшее использование влаги и вносимых элементов питания на люцерновом и люцерно-злаковом травостоях были при орошении, рыхлении почвы на глубину 15 см долотообразными лапами через 45 см и дифференцированном применении NPK (50 % азота перед культивацией, а 100 % фосфора и калия и остальной азот одновременно с культивацией).

2. При использовании высоких доз азота в условиях достаточного увлажнения почвы целесообразно часть удобрений вносить поверхностно перед рыхлением, а остальную часть — одновременно с культивацией.

3. При внесении удобрений одновременно с культивацией в люцерно-злаковой смеси лучше, чем при поверхностном внесении без рыхления почвы, развиваются люцерна и костер безостый, хуже — овсяница луговая. При рыхлении повышается окислительно-восстановительный потенциал и улучшается аэрация почвы, усиливается развитие симбиотического аппарата люцерны. Наиболее ярко эти процессы выражены в люцерно-злаковом травостое при внесении NPK и орошении.

4. Рыхление почвы дает положительный эффект только при хорошей обеспеченности почвы влагой и внесении NPK, в богарных условиях следует ограничиться весенним и осенним рыхлением с одновременным внесением удобрений.

5. На склоновых землях эффективность удобрений повышается при внесении их одновременно с культивацией поперек склона. При этом орошение должно обеспечивать промачивание почвы на глубину 50—70 см, для чего поливную норму 450—600 м³/га следует давать дробно по 100—150 м³/га с перерывами 3—6 ч.

6. Применение удобрений одновременно с поливной водой при помощи гидроподкормщика дает эффект только на небольших площадях или в том случае, если дождевальная машина обеспечивает быстрый полив и, следовательно, быстрое внесение удобрений на всем поле. В противном случае лучше вносить удобрения сразу после скашивания с помощью высокопроизводительных сеялок или разбрасывателей, что способствует увеличению эффективности использования вносимых питательных веществ и почвенной влаги естественных осадков, выпавших после уборки. Эффективность применения гидроподкормщика уменьшается во влажные годы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Н. Г. Орошаемые культурные пастбища. М.: Колос, 1970. — 2. Андреев Н. Г., Максимов В. М., Кобозев И. В. Эффективность орошения и удобрения люцернового и люцерно-злакового травостоев. — Изв. ТСХА, 1978, вып. 3, с. 50—60. — 3. Кауричев И. С. Почвоведение. М.: Колос, 1975. — 4. Клапп Э. Сенокосы и пастбища. М.: Сельхозгиз, 1961. — 5. Клечковский В. М., Петербургский А. В. Агрохимия. М.: Колос, 1967. — 6. Кобозев И. В. Водный и пищевой режим люцернового и люцерно-злакового травостоев. — Изв. ТСХА, 1980, вып. 6, с. 37—49. — 7. Кобозев И. В. Влияние способов использования земель на процессы засоления в пойме р. Дон и р. Тихая. — Докл. ТСХА, 1980, вып. 259, с. 24—28. — 8. Колосов И. И. Поглонительная деятельность корневых систем растений. М.: Изд-во АН СССР, 1962. — 9. Ларин И. В. Луговое хозяйство и пастбищное хозяйство. М.: Колос, 1969. — 10. Линьков В. Ф., Сидоренко В. Н. Щелчевание почвы при выращивании многолетних трав на орошаемых землях юга Украины. — Вестн. с.-х. науки, 1975, № 8, с. 47—51 (на укр. яз.). — 11. Лысогород С. Д. Орошаемое земледелие. М.: Колос, 1971. — 12. Максимов В. М., Вакилов Б. М., Кобозев И. В. Потребление азота естественным травостоем и азотный режим лугово-черноземной пойменной почвы в зависимости от орошения и удобрений. — Изв. ТСХА, 1980, вып. 5, с. 56—64. — 13. Марченко В. К. Роль бобовых трав и минерального азота в повышении продуктивности смесей многолетних трав на эродированных склонах балок в условиях левобережной лесостепи Украины. Автореф. канд. дис. М., 1979. — 14. Синягин И. И. Агротехнические условия высокой эффективности удобрений. М.: Россельхозиздат, 1968. — 15. Смелов С. П. Теоретические основы лугового хозяйства. М.: Колос, 1966. — 16. Станков Н. З. Корневая система полевых культур. М.: Колос, 1964.

Статья поступила 1 сентября 1980 г.

SUMMARY

Investigations were conducted on the state farm "Oktyabr" (Znamensky district, Kirovogradsky region) in 1973—1976.

Application of fertilizers at the time of cultivation to the depth of 15 cm every other 45 cm before each aftergrowing of grass improved oxidative-reductive soil properties, contributed to development of symbiotic apparatus in alfalfa, increased its percentage in grass mixture, made higher the efficiency of fertilizers and irrigation on alfalfa stand and especially on alfalfa-grass mixtures. The highest yield of grasses was obtained with irrigation and applying 50 % of N before loosening and 50 % of N+100 % of PK at the time of cultivation to the depth of 15 cm. Nitrogenous dressing with irrigation water by hydrodresser is efficient if the irrigation machine capacity provides rapid irrigation and rapid application of fertilizers over the entire area. In humid years efficiency of hydrodressing is lower.