

УДК 633.2.039:631.811:631.67

ОТЗЫВЧИВОСТЬ ТРАВСТОЕВ РАЗНОГО БОТАНИЧЕСКОГО СОСТАВА НА УДОБРЕНИЕ И ОРОШЕНИЕ

Н. Г. АНДРЕЕВ, И. В. КОБОЗЕВ
(Кафедра луговодства)

Данные по подбору травосмесей для лесостепной зоны довольно противоречивы [1, 10]. В литературе часто указывается на преимущество бобово-злаковых смесей, на их бóльшую отзывчивость на орошение и внесение азотных удобрений, чем однокомпонентных бобовых травостоев [2, 10], однако в южных районах лесостепи и в степной зоне предпочитают пока высевать люцерну в чистом виде [21], при этом часто под нее вносят азотные удобрения.

Установлено, что присутствие бобовых в травостое способствует не только накоплению в почве азота [9, 22], но и улучшает аминокислотный состав зеленой массы [10]. С другой стороны, включение злаков в бобовые травостой при сенокосном использовании создает более благоприятные условия для сушки [10, 21], а при пастбищном — уменьшает опасность заболевания скота тимпанитом [1, 2, 10, 21]. Внесение азотных удобрений приводит к выпадению люцерны из травосмесей, хотя ее желательно сохранять как можно дольше в фитоценозе.

Определение взаимоотношений между компонентами фитоценозов позволяет правильно выбрать состав травосмеси, нормы ее орошения и удобрения для конкретных условий [11].

В данном сообщении приведены результаты изучения влияния злаковых компонентов и сорняков на рост и развитие люцерны в смесях в зависимости от орошения и внесения удобрений, на формирование ее симбиотического аппарата, приводятся также данные о продуктивности разных травостоев и отзывчивости их на орошение и внесение минерального азота. Конечной целью являлся подбор наиболее высокопродуктивной травосмеси, хорошо реагирующей на удобрение и орошение.

Условия, объекты исследований и методика

Опыты проводили в колхозе «Октябрь» Знаменского района Кировградской области (1973—1976 гг.) и в колхозе «50 лет Октября» Александровского района Ставропольского края (1979—1980 гг.), [2, 5, 7]. Объектами исследований были травостой, в состав которых входили следующие виды: люцерна Зайкевича (*Medicago sativa* L.), овсяница луговая Курская местная (*Festuca pratensis* Huds), житняк широкококосый Днепровский (*Agropyron pectinoforme* Retzsch), пырей бескорневищевый Карабалыкский (*Roegneria trachycaulon* Newski), костер безостый Краснодарский 74 (*Zerna inermis* Lindm.), пырей ползучий (*Elytriga repens* (L.) Newski). Семена пырея ползучего естественной популяции были собраны в пойме р. Дона в Верхне-Донском районе Ростовской области с целью изучения возможности его применения для создания долгодетных травостоев.

Почва в колхозе «Октябрь» обыкновенный чернозем. Содержание легкогидролизуемого азота по Тюрину — Кононовой — 4,8—5,3 мг, P_2O_5 по Чирикову — 8,6, K_2O по Масловой — 15 кг на 100 г сухой почвы.

В колхозе «50 лет Октября» — чернозем обыкновенный солонцеватый, содержание гумуса — 5,0—6,3 %, P_2O_5 по Мачигину — 6,8 кг, K_2O по Масловой — 24—30 мг в 100 г сухой почвы.

Урожай, ботанический состав, накопление корневой массы, количество клубеньков определяли по общепринятым методикам. В колхозе «Октябрь» использование травостоев сенокосно-пастбищное, в колхозе «50 лет Октября» — сенокосное. Нормы удобрений показаны в табл. 1—7.

Схема производственного опыта по подбору наиболее продуктивного травостоя для орошаемого участка в колхозе «Октябрь» представлена в табл. 1. Площадь делянки 2,5 га. Травы высеяны под покров ячменя в 1973 г. Так как урожайность люцерно-злаковой смеси часто ниже, чем люцерны в чистом виде, рекомендуется в травосмеси высевать люцерну полной нормой [21]. Правильность этих рекомендаций подтвердил и опыт колхоза «Октябрь» [2, 5].

Для изучения влияния разных злаков на развитие люцерны, а также для сравнения отзывчивости травостоев на орошение и внесение минерального азота в колхозе «Октябрь» был заложен микроделяночный опыт (2×3 м) в 4-кратной повторности по схеме, представленной в табл. 2—6. Нормы посева выбраны с учетом рекомендаций [2, 12, 21]. Травы сеяли беспокровно, в год посева внесли 40N60P90K, в последующие годы осенью и весной — по 50P80K и под каждый укос по 60N. Поскольку травостой в первый год сильно засорился, сорняки уничтожали вручную, и для выявления более четких закономерностей исследования начинали со 2-го года жизни трав (1974). Подробнее условия и методика исследований приведены в работах [3, 5, 7].

Отзывчивость травостоев на орошение и азотные удобрения

Наибольшей урожайностью отличались люцерна в чистом виде и люцерно-костровая смесь (табл. 1, 2). В богарных условиях в засушливый год наибольшей продуктивностью обладала травосмесь, в со-

Урожай многолетних трав (ц сухого вещества на 1 га) по укосам
в засушливом 1975 (числитель) и во влажном 1976 г. (знаменатель).
Производственный опыт в колхозе «Октябрь»

Вариант травосмеси	Без орошения				Орошение (85—100% ППВ)				
	1-й	2-й	3-й	всего	1-й	2-й	3-й	4-й	всего
Люцерна	30,5	19,9	10,0	60,4	49,7	33,5	30,5	28,0	141,7
	59,0	40,9	22,0	121,9	61,5	53,3	33,4	22,7	170,9
Люцерна + костер без- остый	30,5	20,0	7,5	58,0	55,0	30,4	28,1	28,7	145,2
	60,8	45,6	20,0	126,4	70,6	52,6	30,6	28,5	182,3
Люцерна + овсяница луговая (5,1 кг/га) + костер безостый	31,6	16,5	7,9	56,0	50,0	29,6	20,5	19,9	120,0
	59,0	40,7	15,3	115,0	70,3	51,0	19,6	27,4	168,3
Люцерна + овсяница лу- говая (10,5 кг/га, 5,6 млн/га)	31,5	10,0	7,5	49,0	46,0	12,0	10,5	17,5	86,0
	55,2	23,0	14,0	92,2	60,6	39,0	19,4	20,8	139,8
Люцерна + житняк (10 кг/га, 5 млн/га)	32,5	21,5	7,6	61,6	47,4	23,7	15,2	21,3	107,6
	61,9	43,6	22,0	127,5	62,5	45,9	20,4	20,5	155,3
Люцерна + костер без- остый + житняк (5 кг/га)	32,8	20,5	12,4	65,7	53,6	28,4	29,0	25,3	136,3
	60,9	46,8	25,3	132,0	67,6	50,0	25,5	26,0	169,1

Примечания. 1. Норма посева люцерны составила 14,2 кг, или 7,5 млн. всхожих семян на 1 га, костра безостого — 10,2 кг/га, или 3,1 млн/га. 2. Удобрения вносили из расчета 80Р60К и под каждый укос 68N.

став которой входили люцерна, костер безостый и житняк, при этом люцерну высевали полной нормой. Овсяница на богаре, как показали исследования, малоэффективна в травосмеси, но при орошении может быть дополнительным, но не основным злаковым компонентом, так как у люцерно-овсянической травосмеси урожайность меньше, чем у чистого посева люцерны и люцерно-костровой смеси (табл. 1, 2). Это объясняется следующим. Овсяница луговая, обладающая мощной поверхностной корневой системой, начинает весной развиваться гораздо раньше люцерны. Поэтому в данный период она является сильным конкурентом люцерны и вытесняет ее из посевов (табл. 3), летом же овсяница подвергается значительной депрессии, плохо отрастает и слабее реагирует на орошение и удобрение.

Житняк может входить в травосмесь при создании неорошаемых люцерно-злаковых сенокосов и пастбищ, поскольку хорошо приспособлен к условиям лесостепной и степной зон, но на полив он реагирует слабее, чем люцерна и костер (табл. 1).

Исследования многих авторов свидетельствуют о том, что при внесении азота люцерна вытесняется из травосмесей злаками. На основании этого возникло предположение о целесообразности раздельного посева злаков и люцерны. Однако, как показал опыт, однокомпонентные злаковые травостой в значительной степени уступают по урожайности люцерне и люцерно-злаковым смесям даже при внесении азотных удобрений. Поэтому при создании культурных пастбищ на части площади можно высевать люцерну в чистом виде, а на части — люцерно-злаковую травосмесь, которая может страиваться даже утром и в дождливую погоду, когда поедание скотом чистой люцерны может вызвать у него тимпанит [5].

В чистых посевах люцерна более отзывчива на минеральный азот, чем пырей ползучий и овсяница луговая (табл. 4). Она хорошо пере-

Таблица 2

Урожайность многолетних трав (ц сухого вещества на 1 га)
по укосам при орошении и внесении удобрений

Вариант удобрения	Без орошения				При орошении (85—100% ППВ)				
	1-й	2-й	3-й	всего	1-й	2-й	3-й	4-й	всего
Люцерна (14,2 кг/га, 7,5 млн/га)									
100P160K	29,2	20,3	14,5	64,0	33,9	29,1	25,0	19,5	107,5
	49,3	40,8	21,5	111,6	51,4	46,4	25,6	17,5	140,9
240N100P160K	35,9	24,0	15,9	75,8	46,2	37,4	30,0	27,7	141,3
	58,4	45,3	21,4	125,1	62,5	53,7	33,6	23,5	173,3
Костер безостый (20 кг/га, 6,3 млн/га)									
100P160K	16,9	8,3	9,7	29,9	20,5	12,4	8,9	16,3	58,1
	29,5	14,0	9,9	53,4	32,5	16,4	10,9	15,4	75,2
240N100P160K	17,8	12,9	6,9	37,6	33,7	20,6	12,0	20,5	86,8
	39,8	20,7	14,5	75,0	45,3	28,3	19,4	20,8	113,8
Овсяница луговая (18 кг/га, 9,5 млн/га)									
100P160K	18,7	6,0	3,1	27,8	22,9	7,9	6,2	8,6	45,6
	30,3	9,9	4,3	44,5	37,3	14,3	8,5	12,0	72,1
240N100P160K	19,5	8,1	4,6	32,2	29,5	12,6	6,9	13,8	62,8
	38,7	12,3	6,5	57,5	46,3	20,4	10,2	16,1	93,0
Пырей ползучий (16 кг/га, 6,0 млн/га)									
100P160K	19,5	9,9	4,8	34,2	20,3	11,5	6,7	9,4	47,9
	29,4	15,0	6,8	51,2	32,8	16,5	8,9	14,9	73,1
240N100P160K	24,3	12,5	6,7	43,2	26,1	13,7	12,4	9,8	62,0
	39,5	18,3	8,8	66,6	33,5	24,4	16,3	10,3	84,5
Люцерна (14,2 га/га) + костер безостый (10,2 кг/га)									
100P160K	32,5	19,5	13,2	65,2	35,4	30,5	22,2	21,6	109,7
	54,5	43,8	18,7	117,0	58,6	44,9	23,7	18,5	145,7
240N100P160K	37,0	25,0	14,8	76,8	48,3	38,0	30,1	28,6	144,0
	64,4	46,0	20,6	132,0	74,8	53,6	32,0	28,5	188,9
Люцерна (14,2 кг/га) + овсяница луговая (10,5 кг/га)									
100P160K	31,2	16,8	10,3	58,9	36,0	25,6	19,4	20,8	101,8
	56,0	29,4	16,0	101,4	59,0	30,3	20,5	20,2	130,0
240N100P160K	38,6	20,1	11,4	70,1	48,5	29,6	23,7	20,4	122,2
	60,5	23,0	14,2	97,7	61,8	39,5	19,3	20,6	141,2
Люцерна (14,2 кг/га) + пырей ползучий (9 кг/га)									
100P160K	30,6	19,2	11,4	61,2	35,9	28,3	22,0	20,2	106,4
	50,5	29,0	18,0	97,5	49,6	29,7	26,2	20,4	125,9
240N100P160K	32,7	19,8	12,4	64,9	44,4	32,3	23,9	22,7	123,3
	51,7	29,9	19,4	101,0	53,3	29,0	23,4	25,0	130,7

НСП₀₅ по травосмесям в 1974 г.—3,1 ц/га; в 1976 г.—2,9 ц/га.

Примечание. 1. В числителе — 1974, в знаменателе — 1976 г. 2. Данные, полученные в 1975 г., близки к данным 1974 г. Исключение составил вариант травосмеси люцерна + овсяница луговая. В 1975 г. урожайность ее была почти на 20 ц/га ниже, чем в 1974 г.

Таблица 3

Содержание основных компонентов в травосмесях в 1-м (числитель)
и во 2-м укосах (знаменатель)

Вариант удобрения	Содержание, %					
	люцерны			злака		
	1974	1975	1976	1974	1975	1976
Без орошения						
Люцерна + костер безостый						
100P160K	<u>79,8</u>	<u>77,0</u>	<u>71,3</u>	<u>16,2</u>	<u>17,8</u>	<u>25,1</u>
	<u>85,7</u>	<u>84,5</u>	<u>72,6</u>	<u>9,7</u>	<u>10,0</u>	<u>20,9</u>
240N100P160K	<u>80,3</u>	<u>69,5</u>	<u>51,7</u>	<u>16,9</u>	<u>24,8</u>	<u>42,5</u>
	<u>84,0</u>	<u>80,9</u>	<u>58,0</u>	<u>11,4</u>	<u>13,6</u>	<u>35,1</u>
Люцерна + овсяница луговая						
100P160K	<u>77,0</u>	<u>74,1</u>	<u>59,1</u>	<u>18,9</u>	<u>20,4</u>	<u>34,9</u>
	<u>86,9</u>	<u>87,0</u>	<u>74,0</u>	<u>8,1</u>	<u>6,9</u>	<u>20,9</u>
240N100P160K	<u>76,1</u>	<u>67,0</u>	<u>48,2</u>	<u>19,4</u>	<u>27,1</u>	<u>46,9</u>
	<u>86,7</u>	<u>86,2</u>	<u>64,2</u>	<u>8,9</u>	<u>7,3</u>	<u>29,4</u>
Люцерна + пырей ползучий						
100P160K	<u>83,9</u>	<u>73,9</u>	<u>60,0</u>	<u>14,2</u>	<u>24,0</u>	<u>38,0</u>
	<u>86,1</u>	<u>85,2</u>	<u>70,1</u>	<u>11,3</u>	<u>11,9</u>	<u>26,6</u>
240N100P160K	<u>81,0</u>	<u>67,2</u>	<u>42,2</u>	<u>16,1</u>	<u>29,7</u>	<u>53,1</u>
	<u>84,5</u>	<u>85,0</u>	<u>53,1</u>	<u>13,3</u>	<u>12,4</u>	<u>42,0</u>
При орошении						
Люцерна + костер безостый						
100P160K	<u>79,9</u>	<u>70,3</u>	<u>54,0</u>	<u>16,0</u>	<u>24,0</u>	<u>41,7</u>
	<u>81,1</u>	<u>79,0</u>	<u>58,4</u>	<u>13,2</u>	<u>15,1</u>	<u>36,5</u>
240N100P160K	<u>76,7</u>	<u>65,0</u>	<u>44,3</u>	<u>18,5</u>	<u>30,2</u>	<u>49,8</u>
	<u>69,2</u>	<u>72,1</u>	<u>52,0</u>	<u>15,6</u>	<u>23,4</u>	<u>40,6</u>
Люцерна + овсяница луговая						
100P160K	<u>76,2</u>	<u>72,1</u>	<u>52,6</u>	<u>18,5</u>	<u>23,4</u>	<u>40,7</u>
	<u>87,3</u>	<u>86,0</u>	<u>68,1</u>	<u>8,5</u>	<u>7,6</u>	<u>25,1</u>
240N100P160K	<u>74,3</u>	<u>64,2</u>	<u>37,2</u>	<u>20,9</u>	<u>29,9</u>	<u>58,4</u>
	<u>83,1</u>	<u>84,8</u>	<u>48,9</u>	<u>12,0</u>	<u>9,2</u>	<u>43,5</u>
Люцерна + пырей ползучий						
100P160K	<u>80,2</u>	<u>70,2</u>	<u>52,8</u>	<u>15,0</u>	<u>24,4</u>	<u>41,6</u>
	<u>83,0</u>	<u>75,2</u>	<u>58,7</u>	<u>12,4</u>	<u>19,3</u>	<u>34,8</u>
240N100P160K	<u>77,2</u>	<u>56,0</u>	<u>29,9</u>	<u>18,7</u>	<u>38,9</u>	<u>63,5</u>
	<u>80,0</u>	<u>71,5</u>	<u>38,9</u>	<u>14,6</u>	<u>23,7</u>	<u>56,1</u>

носит низкую влажность и высокую температуру воздуха и быстро от-растает, особенно при орошении. Люцерна лучше, чем злаки, реагирует на поливы: окупаемость 1 м³ оросительной воды прибавкой урожая у нее в 1,5—2,0 раза выше (табл. 5).

Костер безостый — единственный злак в нашем опыте, у которого на 3-й и 4-й годы жизни прибавка сухого вещества на 1 кг внесенного азота была больше, чем у люцерны. Наибольшая отзывчивость на орошение и внесение азотных удобрений наблюдалась у люцерно-костровой смеси (табл. 1—4). Эти два вида в посевах дополняют друг друга и между ними складываются более «мягкие» взаимоотношения, чем

Таблица 4

Прибавка сухого вещества многолетних трав на 1 кг внесенного N (кг)

Вариант травостоя	Без орошения				При орошении (85—100% ППВ)			
	1974	1975	1976	в среднем	1974	1975	1976	в среднем
Люцерна	6,6	3,4	7,5	5,8	14,1	13,9	13,5	13,8
Костер безостый	4,3	4,1	12,0	6,8	12,0	15,0	16,1	14,4
Овсяница луговая	2,4	2,6	7,2	4,1	7,2	4,4	8,7	6,8
Пырей ползучий	5,0	2,1	8,6	5,2	5,9	5,8	4,8	5,5
Люцерна + костер безостый	6,4	6,7	8,3	7,1	14,3	14,2	18,0	15,5
Люцерна + овсяница луговая	6,2	-1,2	-2,0	1,0	8,5	1,8	4,6	5,0
Люцерна + пырей ползучий	2,1	-0,6	1,8	1,1	5,6	3,8	2,0	3,8

Таблица 5

Оросительная норма и прибавка сухого вещества на 1 м³ поливной воды в зависимости от состава травостоя

Травостой	Оросительная норма, м ³ /га				Прибавка сухого вещества на 1 м ³ , кг			
	1974	1975	1976	в среднем	1974	1975	1976	в среднем
Люцерна синегибридная	2950	4250	1950	3050	1,47	1,06	1,50	1,34
					20,2	1,71	2,47	2,13
Костер безостый	2860	4100	1800	2920	9,9	0,66	1,21	0,95
					1,72	1,36	2,16	1,74
Овсяница луговая	2780	3980	1800	2853	0,64	0,53	1,53	0,90
					1,10	0,68	1,97	1,25
Пырей ползучий	2700	3950	2000	2883	0,51	0,56	1,10	0,72
					0,70	0,82	0,90	0,81
Люцерна + костер безостый	3050	4400	2000	3150	1,46	1,20	1,44	1,37
					2,22	1,70	2,34	2,25
Люцерна + овсяница луговая	3000	4300	1980	3093	1,43	0,73	1,44	1,20
					1,74	0,89	2,20	1,61
Люцерна + пырей ползучий	2950	4200	2060	3070	1,53	0,92	1,38	1,18
					1,97	1,16	1,44	1,52

Примечание. В числителе — 100P160K, в знаменателе — 240N100P160K.

у люцерны с овсяницей и пыреем ползучим [11]. В данном случае сочетаются растения с разными типами кущения: кустовой — у люцерны и ярко выраженное корневищевое побегообразование у костра безостого [2, 10, 11]. Кроме того, последний начинает развиваться весной почти одновременно с люцерной и образует в отличие от овсяницы и пырея меньше прикорневых листовых побегов. Известно, что чем больше прикорневых листьев у вида, тем он более устойчив к частому отчуждению, тем более конкурентоспособен при орошении и внесении азота [3, 5, 11, 20].

Так как в люцерно-овсяницево-люцерно-пырейной травосмеси под влиянием орошения и азотных удобрений высокопродуктивная люцерна вытесняется низкопродуктивными овсяницей и пыреем, то и отзывчивость у них на поливы и внесение минерального азота меньше

не только, чем у люцерны в чистом посеве и у люцерно-костровой смеси, но и у однокомпонентных злаковых посевов (табл. 3—5), так как в однокомпонентных травостоях такой замены высокопродуктивных видов низкопродуктивными при внесении удобрений и орошении нет. Интересно отметить, что под действием азотных удобрений при сильном вытеснении люцерны овсяницей и пыреем урожайность люцерно-овсяничевого и люцерно-пырейного травостоев может даже снизиться (табл. 3, 4). Вероятно, это послужило причиной для утверждения о нецелесообразности внесения минерального азота под бобовые и бобово-злаковые травостои.

Анализируя водный режим и эффективность использования поливной воды на разных травостоях, следует отметить, что для поддержания одной и той же влажности почвы (85—100 % ППВ в слое 0—70 см) оросительная норма тем выше, чем выше продуктивность травостоя (табл. 5). Однако эта разница невелика, так как при большей урожайности трав меньше физическое испарение влаги из почвы.

Коэффициент суммарного водопотребления у овсяницы луговой и пырея ползучего самый высокий, поэтому окупаемость оросительной воды в их однокомпонентных посевах меньше, чем у люцерны, ковра безостого и травосмесей. Наибольшая окупаемость поливной воды была в посевах люцерно-костровой смеси и люцерны, у которых больше листовая поверхность и меньше подверженность летней депрессии (табл. 4).

Орошение повышало эффективность азотных удобрений (табл. 3), в свою очередь последние способствовали наиболее экономному использованию поливной воды. Эта закономерность отмечена на всех травостоях (табл. 4, 5), но степень ее проявления зависела от взаимоотношений, которые складывались между люцерной и злаками, а также от биологических особенностей трав.

Основную роль во взаимоотношениях между растениями в фитосенозах играет конкуренция за питательные вещества, свет и влагу [11, 16, 20]. Кроме того, здесь могут иметь значение и продукты разложения корневых остатков [16], в частности фенольные соединения, содержание которых в корнях и корневищах пырея ползучего особенно высокое. Данные соединения при окислении превращаются в вещества, обладающие бактерицидным действием [4, 17]. Фенольные соединения, играя огромную роль в приспособлении растений к неблагоприятным условиям [6] и в формировании их устойчивости к болезням [23], обеспечивают высокую конкурентоспособность пырею ползучему [6]. Это, по всей вероятности, является одной из причин формирования чистопырейных естественных травостоев в пойме р. Дона и хорошего развития пырея ползучего на осушенных торфяниках Барабинской низменности. Данное предположение подтверждается данными микроделяночного опыта, проведенного нами [7]. Под пырейным травостоем была самая низкая микробиологическая активность почвы. В люцерно-пырейном травостое под действием азотных удобрений не наблюдалось явного повышения микробиологической активности почвы в отличие от вариантов с посевами других трав. Следует отметить, что пырей ползучий люцерну вытеснял интенсивнее, чем другие травы, что объясняется не только его высокой конкурентоспособностью, но и тем, что в почве накапливаются остатки корневищ и корней, в результате разложения которых образуются токсические вещества, отрицательно действующие на развитие симбиотического аппарата люцерны (табл. 5, 6). Об этом свидетельствуют, в частности, результаты модельного опыта с чистой люцерной, проведенного в 1979—1980 гг. и включающего в себя следующие варианты: 1 — контроль; 2 — внесение отобранных высушенных корневищ и корней пырея ползучего из расчета 40 ц воздушно-сухого вещества на 1 га; 3 — внесение 10 ц размолотой

дубовой коры на 1 га. Последняя характеризуется высоким содержанием дубильных веществ и других фенольных соединений.

В контроле на одном растении общее количество клубеньков составило 86, а эффективных — 72. Под действием разложения подземной массы пырея эти показатели уменьшились соответственно в 1,2 и 1,4 раза, а дубовой коры — в 1,3 и 1,4, в двух последних случаях содержание эффективных клубеньков уменьшилось на 10—20 %.

Следует отметить, что под влиянием орошения и азотных удобрений снижается концентрация фенольных соединений в подземных органах растений. У пырея такая тенденция выражена в меньшей степени, чем у других видов [6], при этом уменьшение содержания фенольных соединений с избытком компенсируется увеличением массы корней и корневищ. Например, концентрация фенольных соединений в подземных органах у пырея под влиянием орошения и внесения азота уменьшилась в 1,42 раза, а общая масса корней и корневищ возросла в 2,41 раза (табл. 6). Следовательно, в почве под люцерно-пырейным травостоем накопление фенольных соединений при орошении и внесении азота увеличивалось в 1,7 раза. По всей вероятности, это и привело к сильному подавлению развития и образования клубеньков и леггемоглобина в них, а также к быстрому выпадению люцерны из люцерно-пырейного травостоя (табл. 6).

Т а б л и ц а 6

Развитие симбиотического аппарата люцерны в травосмесях в зависимости от их состава и содержания фенольных соединений в корнях и корневищах злаков (1-й укос 1976 г.)

Травостой	Воздушно-сухая масса подземных органов, ц/га		Содержание фенольных соединений в воздушно-сухом веществе корней и корневищ злаков, %	Количество клубеньков на 1 растение люцерны		Масса клубеньков на 1 растение люцерны, мг		Содержание леггемоглобина, мг в 1 г сухой массы клубеньков
	всего травостоя	злаков		общее	в т. ч. эффективных	всех	эффективных	
Без орошения								
Люцерна	86,9	—	—	86	70	772	750	22,3
	91,3	—	—	56	28	334	278	19,5
Люцерна + костер безостый	92,8	23,4	2,8	73	56	586	558	19,7
	107,9	54,4	1,9	46	19	214	173	18,0
Люцерна + овсяница луговая	90,5	30,6	2,0	49	34	319	288	18,3
	102,6	58,5	1,3	27	7	90	61	14,5
Люцерна + пырей ползучий	93,1	34,5	5,1	40	26	233	210	15,7
	112,8	69,9	4,0	22	5	57	32	9,5
При орошении (85—100 % ППВ)								
Люцерна	96,4	—	—	132	121	1912	1888	25,3
	104,0	—	—	88	53	913	850	21,6
Люцерна + костер безостый	99,5	39,2	2,4	80	58	901	853	19,8
	112,9	69,8	1,6	47	22	328	286	18,4
Люцерна + овсяница луговая	93,7	39,6	1,8	4,8	33	456	430	17,5
	108,8	79,6	1,2	2,9	6	104	70	10,3
Люцерна + пырей ползучий	99,0	46,5	4,6	39	26	321	292	12,5
	114,5	82,0	3,6	18	4	68	33	8,0

Примечание. 1. В числителе — 100P160K, в знаменателе — 100P160K240N. 2. Масса корней отбиралась в слое 0—70 см, по видам она определена приближенно.

Орошение повышало количество и процент эффективных клубеньков и их массу, а также содержание в них леггемоглобина. Внесение же азотных удобрений снижало эти показатели, особенно в травосмесях. Орошение и удобрения повышали конкурентоспособность злаковых компонентов, но отрицательное влияние на люцерну костра безостого было заметно слабее, чем пырея и овсяницы (табл. 6).

При некачественной уборке люцерно-злаковой травосмеси ухудшался рост трав, в первую очередь люцерны.

Некоторые авторы [4] отмечают, что отдельные растения выделяют вещества, обладающие ингибирующим действием на другие виды. Как правило, в естественных условиях концентрация веществ, обладающих аллелопатическим действием, невелика, а сами вещества быстро разрушаются. Это характерно и для корневых выделений, которые при хорошей обеспеченности влагой и питательными веществами под действием ризосферных микроорганизмов подвергаются быстрой детоксикации [16]. Однако иногда, чаще всего при отсутствии оптимальных условий развития растений и микрофлоры почвы, полной детоксикации данных соединений не наступает. Нами такое явление наблюдалось в условиях Ставропольского края на засоленных почвах в посевах люцерны при нарушении поливного режима [7]. В этом случае создавался фитоценотический оптимум для развития сорняков. Отмечено, что на корнях люцерны, находящейся рядом с ядовитыми сорняками (амброзия, паслен колючий, гулявник лезелев, дескурения софии, крестовник обыкновенный), развивается в 2—3 раза меньше клубеньков, чем у растущей на расстоянии 60—70 см от них. Под действием неядовитых сорняков гречишки вьюнковой, щирцы, щетинника, проса куринового количество клубеньков уменьшалось всего в 1,1—1,5 раза. При этом в первом случае процент эффективных клубеньков снижался в 1,37—1,64 раза, а в последнем — в 1,07—1,12 раза.

Для того чтобы понять, как влияют те или иные факторы, в том числе антибиотические соединения, на развитие симбиотического аппарата люцерны и азотфиксацию, необходимо более подробно рассмотреть суть этого процесса и его взаимосвязь с дыханием в бактериоидах (клубеньковой ткани) и фотосинтезом в зеленых органах.

Прежде всего следует отметить, что для восстановления молекулярного азота $N \equiv N$ до аммиака NH_3 необходимы приток электронов и энергия, заключенная в АТФ, источником которых является дыхание [8].

Для увеличения интенсивности азотфиксации необходимо усилить приток к клубенькам ассимилятов, что достигается в результате улучшения условий фотосинтеза и транспорта пластических веществ, наблюдаемого при орошении и внесении минеральных удобрений под люцерну [3, 13, 15]. При улучшении обеспеченности люцерны фосфором, калием, влагой увеличились не только масса, количество и процент эффективных клубеньков, но и содержание в них леггемоглобина, а при внесении минерального азота, наоборот, они снизились (табл. 6). Поскольку азотные удобрения способствуют развитию злаков в травостоях, особенно при орошении, и усилению потребления ими РК и других элементов, минеральное питание люцерны ухудшается и тормозится развитие ее симбиотического аппарата. Содержание леггемоглобина в клубеньках в этом случае в 1,1—1,5 раза меньше, чем в чистых посевах (табл. 6).

Следует отметить, что при усилении развития в травостое злаков ухудшаются не только обеспеченность влагой и элементами минерального питания, но и освещенность люцерны, что приводит к замедлению фотосинтеза и транспорта пластических веществ к бактериоидам. Поэтому развитие клубеньков в смешанных посевах при внесении азота ухудшается в большей степени, чем в чистых (табл. 6).

Чтобы понять, почему тормозится развитие симбиотического аппарата люцерны и ослабляется микробиологическая активность почвы под действием фенольных соединений (люцерно-пырейный травостой) и антибиотических веществ, выделяемых некоторыми ядовитыми растениями [7, 13], необходимо рассмотреть связь дыхания с азотфиксацией.

Согласно хемиосмотической теории дыхания П. Митчелла, в процессе дыхания образуется избыток положительных зарядов и H^+ по одну сторону мембраны митохондрии. Этот избыток ионов водорода потребляется при синтезе АТФ [14, 18, 19], причем создающаяся при дыхании разность электрохимических потенциалов водородных ионов $\Delta\mu H$ уменьшается.

Если повысить проницаемость мембран митохондрий для ионов H^+ , то разность потенциалов $\Delta\mu H$ уменьшится, синтез АТФ не будет осуществляться и вся энергия окислительных реакций превратится в тепло или будет направлена на деструкцию мембран и белков. Установлено, что многие вещества, в том числе и фенольные соединения, обладающие антибиотическим действием, повышают протонную проводимость мембран и являются разобщителями фосфорилирования [18, 19, 23]. При постоянном действии разобщителей фосфорилирования энергетические ресурсы клетки при дыхании постепенно истощаются, так как все биологические процессы, направленные на их восполнение, заторможены из-за отсутствия химической энергии АТФ. В результате клетки постепенно отмирают. Вероятно, вещества, выделяемые ядовитыми сорняками, и фенольные соединения, образующиеся при разложении корневищ пырея ползучего, являются своеобразными разобщителями фосфорилирования, под действием которых постепенно уменьшается микробиологическая активность почвы, в том числе и клубеньковых бактерий, и ухудшается развитие люцерны и ее симбиотического аппарата (табл. 3, 6), что ведет к быстрому ее выпадению (табл. 3) [7].

В ранее опубликованной работе [11] показано, что роль корневых выделений во взаимоотношениях между люцерной и злаками (костром безостым и овсяницей луговой) определяется значением их как питательной среды для развития той или иной почвенной и ризосферной микрофлоры — фактора усиления конкурентоспособности отдельных видов микроорганизмов, а через посредство их — и растений.

Засоренность люцернового травостоя

Чистота люцернового травостоя уменьшается при орошении и внесении азотных удобрений, так как эти факторы способствуют прорастанию семян сорняков и улучшают рост небобовых трав (табл. 7).

Т а б л и ц а 7

Чистота люцернового травостоя (содержание люцерны, % абсолютно сухого вещества). 1973—1975 гг.

Вариант удобрения	Без орошения			Орошение (85—100 % ППВ)		
	1973	1974	1975	1973	1974	1975
Без удобрений	95,6	96,4	95,9	95,8	96,3	93,8
100P160K	94,9	96,4	95,6	95,2	95,9	94,5
240N100P160K	95,2	96,1	94,8	94,7	95,2	92,7

Засоренность посевов люцерны снижалась при внесении фосфорно-калийных удобрений (табл. 7) и молибдена [3, 5].

В производственных условиях ряда хозяйств Ставропольского края при орошении и 3—4-кратном скашивании люцерны значительно засо-

ряется и изреживается на 4—5-й год жизни в отличие от посевов на богарных участках, где производится один укос. Вероятнее всего, к основным причинам этого относятся несвоевременность уборки, что ведет к обсеменению и распространению сорняков, и нарушение поливного режима [7]. При регулярных поливах и своевременной уборке даже 4—6-кратное скашивание не приводило к существенному изреживанию травостоя, о чем свидетельствуют данные полевого (табл. 7) и производственного опыта колхоза «Октябрь». Следует отметить, что в чистых посевах люцерны сорняков содержалось больше, чем в травосмесях [3].

Эффективность азотных удобрений в посевах люцерны в большей степени зависит от вида сорняков и степени засоренности травостоя. Наблюдения за производственными посевами хозяйств Ростовской, Кировоградской областей и Ставропольского края свидетельствуют о том, что внесение азота и орошение дают наибольший эффект при слабой засоренности травостоя, т. е. когда предшественниками люцерны являются сахарная свекла, подсолнечник, кукуруза на зерно или картофель. При сильной засоренности польнями, мышеем сизым и ядовитыми сорняками урожайность люцерны значительно снижается, она выпадает из посевов. Увеличение норм азота приводит к усилению конкурентоспособности указанных сорняков.

Выводы

1. В условиях лесостепной и степной зон СССР орошение и применение азотных удобрений приводило к вытеснению люцерны из травосмесей злаками, особенно овсяницей луговой и пыреем ползучим. При внесении фосфорно-калийных удобрений этот процесс был выражен значительно слабее.

2. В южной части лесостепной зоны наибольшая урожайность при орошении и внесении азотных удобрений наблюдалась у люцерно-костровой смеси (в среднем за 3 года 158,8 ц сухого вещества на 1 кг/га и люцерны в чистых посевах (151,1 ц/га).

3. Наиболее универсальной является люцерно-костровая травосмесь. В богарных условиях в нее, кроме костра безостого, можно включать и житняк. Овсяница луговая сильно подвергается летней депрессии, поэтому даже при орошении она может быть только дополнительным, а не основным компонентом люцерно-злаковой смеси.

4. Урожайность чистых посевов злаковых трав даже при внесении азотных удобрений и орошении в 1,5—2,0 раза ниже, чем люцерно-злаковых травосмесей и чистых посевов люцерны. Отзывчивость люцерны на внесение азотных удобрений и орошение выше, чем у овсяницы луговой, пырея, житняка и двухкомпонентных люцерновых травосмесей с их включением.

При неправильном подборе состава травосмеси внесение азотных удобрений может снизить ее урожайность, так как люцерна быстро вытесняется из посева низкопродуктивным, но конкурентоспособным злаком.

5. Наиболее благоприятные взаимоотношения между компонентами складываются в люцерно-костровом травостое. В люцерно-овсяницевой и люцерно-пырейной смеси развитие люцерны и ее симбиотического аппарата подавляется сильнее, чем в люцерно-костровой.

6. Основная роль во взаимоотношениях между люцерной и злаками в травосмесях принадлежит конкуренции за свет, влагу и минеральные питательные вещества. Помимо этого, возможно ингибирующее влияние на травы корневых выделений. Так, в корнях и корневищах пырея ползучего содержатся фенольные соединения, образующие при окислении вещества, разобщающие фосфорилирование и препят-

ствующие образованию АТФ. Это отрицательно сказывается на активности симбиотического аппарата и росте люцерны в пырейно-люцерновых травосмесях.

7. При регулярном поддержании влажности почвы в слое 0—70 мм в пределах 85—100 % ППВ, внесении NPK и своевременной уборке люцерны даже при 4—5-кратном отчуждении на 4-й год жизни практически не изреживалась. При нарушении этих условий резко ускорялось вытеснение люцерны из посевов сорняками. Ядовитые сорняки (гулявник лезелев, дескурация, амброзия, крестовник, паслен) сильнее подавляли активность симбиотического аппарата люцерны, чем неядовитые (гречишка вьюнковая, щирцы, щетинник, просо куриное).

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев А. В. Культурные пастбища в южных районах. М.: Россельхозиздат, 1965. — 2. Андреев Н. Г. Луговое и полевое кормопроизводство. М.: Колос, 1975. — 3. 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. — 4. Кефели В. И. Природные ингибиторы роста и фитогормоны. М.: Наука, 1974. — 5. Кобозев И. В. Влияние орошения, макроудобрений и молибдена на формирование и продуктивность люцернового и люцерно-злакового травостоев при сенокосно-пастбищном использовании. — Автореф. канд. дис. М., 1977. — 6. Кобозев И. В. Формирование химического состава вегетативных органов многолетних трав в зависимости от условий произрастания как результат адаптивного синтеза органических веществ. — Тез. докл. V зон. конф. молодых ученых и специалистов сельск. хоз-ва 11—12 июля 1980 г. Тюмень, 1980, с. 106—107. — 7. Кобозев И. В. Влияние орошения и агротехнических приемов на процесс засоления почв. — Деп. рукоп. ВНИИТЭИСХ, 1980, № 122—80. Деп. — 8. Кретович В. Л. Биохимия растения. М.: Высшая школа, 1980. — 9. Кутузова А. А. Использование биологического азота бобовых трав на культурных пастбищах. — Обзор лит.-ры. Вып. 3. М.: ВИНТИ, 1967. 10. Ларин И. В. Луговоеводство и пастбищное хозяйство. М.: Колос, 1969. — 11. Максимов В. М., Кобозев И. В. Взаимоотношения компонентов люцерно-злакового травостоя и подбор высокопродуктивной травосмеси. — Докл. ТСХА, 1977, вып. 239, с. 86—91. — 12. Минина И. П. Луговые травосмеси. М.: Колос, 1972. — 13. Мишустин Е. Н., Шильникова В. К. Биологическая фиксация атмосферного азота. М.: Наука, 1968. — 14. Нобел П. Физиология растительной клетки (физ.-хим. подход). М.: Мир, 1973. — 15. Посыпанов Г. С., Чернов Б. А., Чернова В. И. Содержание леггемоглобина и активность дегидрогеназ в клубеньках люцерны в зависимости от условий выращивания. — Изв. ТСХА, 1980, вып. 5, с. 30—35. — 16. Работнов Т. А. Почвоведение. М.: Изд-во МГУ, 1974. — 17. Рубин Б. А., Арциховская Е. В., Аксенова В. А. Биохимия и физиология иммунитета растений. М.: Высшая школа, 1975. — 18. Скулачев В. П. Трансформация энергии в биомембранах. М.: Наука, 1973. — 19. Скулачев В. П. Протонный цикл. — Химия и жизнь, 1979, № 11, с. 18—37. — 20. Смелов С. П. Теоретические основы луговоговодства. М.: Колос, 1966. — 21. Тарковский М. И., Шанин С. С., Гладкий М. Ф., Миняева О. И. Люцерны. М.: Колос, 1964. — 22. Трепачев Е. В. Агрехимические аспекты проблемы биологического азота в земледелии. — Автореф. докт. дис. М., 1971. — 23. Харборн Дж. Биохимия фенольных соединений. М.: Мир, 1968.

Статья поступила 1 июля 1981 г.

SUMMARY

In the southern part of the forest-steppe zone (Kirovogradsky region) and in the steppe zone (Stavropolsky territory), the mixture of lucerne and brome grass and lucerne alone proved to be the most productive and universal for making cultivated haylands and pastures. Under dry farming, wheat-grass may be included into the grass mixture as an additional component.

Application of nitrogenous fertilizers suppresses the development of lucerne and decreases the efficiency of leguminous-rhizobial symbiosis, which is shown more distinctly in lucerne-fescue and lucerne-couch grass mixtures. Devil's grass may suppress the development of lucerne and of its symbiotic apparatus due to phenol compounds contained in its underground organs. Poisonous weeds suppress the development of nodules on lucerne roots 1.5—2 times more than non-poisonous ones.