

УДК 633.31:581.116

ТРАНСПИРАЦИЯ И ЭВАПОТРАНСПИРАЦИЯ ЛЮЦЕРНЫ В УСЛОВИЯХ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

И. С. ШАТИЛОВ, В. Л. КЛИМЕНКО

(Кафедра растениеводства)

Определены величины эвапотранспирации и транспирации люцерны посевной 1, 2 и 4-го годов жизни в Правобережье Саратовской области. Эвапотранспирация колебалась по годам от 920 до 1242 и транспирация — от 601 до 821 ед.

Люцерна посевная характеризуется довольно высокими засухоустойчивостью и влагоотзывчивостью [1—3, 6—8, 10, 11, 17, 19, 21 и др.].

Для получения хороших урожаев сена влажность метрового слоя почвы должна быть равной 75—85 % к наименьшей полевой влагоемкости. При снижении влажности почвы до 30—40 % НВ опадают листья и погибают отдельные растения. По мнению ряда авторов [4, 5, 8, 12, 15 и др.], транспирационный коэффициент люцерны колеблется от 350 до 1200 ед. Исследования, выполненные в 1934 г. В. Л. Голодковским и Р. Я. Иоффе, показали заметное различие транспирационных коэффициентов в течение вегетации люцерны. Как правило, данный коэффициент был самым высоким в период между I и II и самым низким в период между III и IV укосами.

Авторы провели также сравнительную оценку различных экотипов люцерны посевной. Оказалось, транспирационный коэффициент для чилийско-перуанского экотипа равнялся 969,7, а для гибрида синей и желтой люцерны — 1570,6 ед.

По данным [24], интенсивность транспирации у люцерны 1-го года жизни выше, чем у люцерны 2-го года. Самые высокие значения транспирации наблюдались в период бутонизация — цветение.

В юго-восточной зоне нашей страны водный режим люцерны изучен недостаточно. Ранее проведенные исследования [14, 18, 20 и др.] по водному режиму люцерны посевной выполнялись, как правило, в полевых условиях, с применением приборов или установок, не обеспечивающих достаточной точности измерений. Поэтому в литературе приводятся данные с огромной амплиту-

дой колебаний транспирационного коэффициента (в 4 раза и более). Ниже приводятся результаты определений транспирации и эвапотранспирации люцерны, полученные с использованием современных установок — весовых почвенных испарителей (ГГН-500-50) и гидравлического почвенного испарителя (ГПН, малая модель). С помощью гидравлического испарителя определяли эвапотранспирацию, а весовыми почвенными испарителями — потери влаги из почвы. По разности между суммарным испарением и испарением из почвы устанавливали транспирационный коэффициент. Приборы размещали в посевах изучаемой культуры.

Почва опытного участка — выщелоченный суглинистый чернозем, мощность гумусового горизонта — 34 см, содержание гумуса — 4,9 %, P_2O_5 по Кирсанову — 11,7, K_2O по Бровкиной — 21,4, легкогидролизуемого азота по Тюрину — 5,7 мг на 100 г. Наименьшая влагоемкость почвы — 25 %, влажность разрыва капиллярных связей (ВРК) — 17 %, влажность устойчивого завядания (ВЗ) — 8 %. Предшественник — яровая пшеница. Перед посевом внесли фосфорные и калийные удобрения (соответственно 60 и 45 кг/га). Люцерну сеяли без покровной культуры.

В годы проведения экспериментов (1979, 1980 и 1982) применялась общепринятая агротехника как на участке, занятом люцерной, так и на почвенном испарителе. Поэтому рост и развитие люцерны были практически одинаковыми как в поле, так и на монолите ГПН. Это позволяло брать растительные пробы с участка и определять влажность почвы на глубину 1 м недалеко от испарителя. Растительные пробы брали по фазам развития люцерны. Размер площадки 1 м², повторность 2-крат-

ная. Для учета выпадающих осадков на опыте был поставлен дождемер. Сумму эффективных температур воздуха ($>5^{\circ}C$), относительную влажность воздуха определяли по общепринятой методике. Показатели приборов снимали ежедневно.

Результаты

В табл. 1 представлены данные, характеризующие ход суммарного испарения влаги и испарение влаги люцерной 1-го года жизни. Суммарное испарение (эвапотранспирация) достигало 1560 ед. на формирование 1 г сухой массы люцерны, да и истинная транспирация была высокой. Четко прослеживается увеличение транспирационного коэффициента до фазы цветения включительно и затем некоторое его снижение ко времени формирования бобов. За вегетационный период суммарное испарение составило 1242, а транспирационный коэффициент — 821 ед.

1979 год характеризовался засушливой погодой. За вегетационный период выпало лишь 101 мм осадков (57 % нормы), гидротермический коэффициент (ГТК) был равен 0,7.

В период роста стебля (20/VI) дефицит влажности воздуха достиг 13 мб, минимальная относительная влажность воздуха равнялась 24 %, скорость ветра — 4,7 м/с, среднесуточная температура — 18,9 °С. В первой и второй декадах июня отмечено 12 суховейных дней. В начале цветения люцерны (10/VII) дефицит влажности воздуха был равен 13 мб, относительная влажность воздуха — 50 % (в отдельные дни 17 %), количество суховейных дней в первой декаде июля было 7, среднесуточная температура — 20 °С, скорость ветра — 12,3 м/с. Несомненно, метеорологические условия оказали сильное влияние на интен-

Таблица 1

Эвапотранспирация ($E_{\text{этр}}$) и транспирация ($E_{\text{тр}}$) люцерны 1, 2 и 3-го годов жизни

Период роста и развития, дата наступления	ГТК	Приrost сухой массы, г/м ²	Испарение, мм		Непродук- тивные испарение, % к $E_{\text{этр}}$	Расход воды по перио- дам, %		Коэффициент	
			$E_{\text{этр}}$	$E_{\text{тр}}$		$E_{\text{этр}}$	$E_{\text{тр}}$	$E_{\text{этр}}$	$E_{\text{тр}}$
1979 г., засушливый. Люцерна 1-го года жизни. Вскоды 10/V									
Рост стебля, 20/VI	0,4	46,6	72,7	23,9	67,1	21,9	10,9	1560	513
Начало цветения, 10/VII	0,2	93,8	112,9	94,0	16,4	34,0	43,1	1204	1006
Цветение, 23/VIII	3,6	60,7	79,0	62,0	21,5	23,8	28,2	1301	1021
Формирование бобов, 24/VIII	0,7	65,4	67,6	39,2	42,0	20,3	17,6	1034	828
За вегетацию	0,7	267,5	332,2	219,5	33,9	100,0	100,0	1242	821
1980 г., слабозасушливый. Люцерна 2-го года жизни. Начало вегетации 19/IV									
Ветвление, 12/V	0,7	122,7	61,0	37,5	38,5	15,8	13,3	541	333
Рост стебля, 20/V	3,9	86,0	61,9	52,7	14,9	16,0	18,7	720	613
Бутонизация, 30/V	1,6	43,0	47,1	30,6	35,0	12,2	10,8	1095	712
Начало цветения, 10/VI	0,8	56,7	60,6	47,5	21,6	15,7	16,1	1068	838
Цветение, 20/VI	0,8	40,8	46,0	36,2	21,3	11,9	12,8	1127	887
Продолжение цветения, 30/VI	0,7	40,0	52,7	47,6	9,7	13,1	16,9	1295	1169
Формирование бобиков: 10/VII	1,4	19,3	27,1	18,1	33,2	7,0	6,4	1404	938
20/VII	0,3	10,8	15,8	10,3	34,8	4,1	3,6	1463	954
Формирование бобов, 30/VII	0,3		11,2	1,8	83,9	2,9	0,6		
Созревание семян, 5/VIII	0,2		2,5			0,7			
За вегетацию	0,86	419,3	385,9	282,3	26,8	100,0	100,0	920	673
1982 г., влажный. Люцерна 4-го года жизни. Начало вегетации 11/IV									
Рост стебля, 15/V	1,8	148,2	88,2	48,2	45,2	18,4	16,6	594	325
Бутонизация, 5/VI	0,5	156,8	83,7	62,0	25,9	17,5	21,4	534	395
Цветение, 25/VI	2,9	109,8	89,0	55,5	37,6	18,6	19,1	811	506
Формирование бобиков, 15/VII	0,8	62,0	91,8	59,7	35,0	19,2	20,6	1480	963
Формирование бобов, 10/VIII	0,9	12,4	75,7	37,2	50,8	15,8	12,8	6105	300
Созревание семян, 15/VIII	0,8		50,4	27,7	45,0	10,5	9,5		
За вегетацию	1,2	483,2	478,8	290,3	39,4	100,0	100,0	991	601

Таблица 2

Характеристика погодных условий

	Метеорологические условия								Испарение воды, мм ²	При- рост сухой массы, г/см ²
	Макс. скорость ветра, м/с	Средняя декадная темпера- тура воздуха	Сумма темпе- ратур > 5 °С	Влаж- ность возду- ха, мб	Относ- тельная влажность воздуха, %	Кол-во сухих дней	Сумма осадков, мм	ГТК		
1979 г.										
Май										
I — посев (5)										
1 — посев (5)										
2 — всходы (10)										
I декада	6,5/11	16,5	159	10	56/17	7	17,5	1,1	14,5/2,0	
3									8,0/2,0	
4									22,5/4,0	
5	5,5/11	18,9	139	14	44/15	9	—	Засуха	9,9/4,4	
6 — нач. ветвления (29)									6,2/2,2	
III декада	5,1/8	19,3	157	17	34/13	11	—	Засуха	16,1/6,6	
Июнь										
1									6,7/2,6	
2	6,1/9	13,1	81	6	50/27	6	2,1	0,2	7,4/2,4	
3							6,5		14,1/5,0	
4										
II декада. Рост стебля (20)	4,7/7	18,9	139	13	64/24	6	6,5	0,5	20,0/8,5	46,6
5									16,2/10,2	
6	4,7/6	18,1	131	11	56/23	4	—	Засуха	31,1/25,1	
III декада									47,3/35,3	

		Июль								
1						5,5			38,9/34,9	
2									26,7/24,2	
3	I декада — нач. цветения (10)	150	13	50/17	7	5,5	0,4		65,6/59,1	
4						37,5			25,9/22,4	
						13,0			24,8/16,8	
5	II декада	138	7	53/14	1	50,5	3,6		50,7/39,2	
6	5 — цветение (23)								28,3/22,8	
						9,9			18,4/12,0	
	III декада	156	8	72/26	1	9,9	0,6		46,7/34,8	
Август										
1						2,6	1		12,9/6,9	
2						16,5			14,4/8,9	
3	I декада	154	10	65/34		19,1	1,2		27,3/15,8	
						1,4			10,3/4,3	
									3,8/2,8	
5	II декада	121	9	63/24	2	1,4	0,1		14,1/7,1	
6	5 — завязыв. бобов (24)	89				6,5			7,8/4,3	
	За вегетацию	1614	56			119,0	0,7		332,2/219,7	
1980 г.										
Апрель										
5	Нач. вегетации (19)								4,6/2,6	
6									14,2/6,2	
	III декада	91	8	56/19	4	—	Засуха			
Май										
1									13,6/7,6	
2	— вселение (12)				6				28,6/23,1	
3	I декада	87	8	52/16	6	6	0,7		61,0/37,5	
4	— рост стебля (20)					11,6			28,9/27,3	
5	II декада	66	6	64/3	4	14,6	3,9		33,0/25,3	
6	— бутонизация (30)					26,2			61,9/52,7	
						7,5			26,9/17,4	
						7,0			20,2/12,2	
	III декада	89	6	67/30	1	14,5	1,6		47,1/30,6	
									10,2	

Продолжение табл. 2

Пятидневка, декада		Метеорологические условия								Испарение воды, мм**	При- рост сухой массы, г/см ²
		Макс. скорость ветра, м/с*	Средняя темпера- тура воздуха	Сумма темпе- ратур >5 °С	Влаж- ность воздуха, мб	Относительная влажность воздуха, %*	Кол-во сухих дней	Сумма осадков, мм	ГТК		
Июнь											
1	— нач. цветения (10)										
2	I декада	5/13	18	130	9	59/24	2	11,1	0,8	30,5/24,5	56,7
3								8,8		60,6/47,5	
4	— цветение (20)									36,8/31,0	
5	II декада	4,6/7	15,5	105	8	60/31		8,8		9,2/5,2	40,8
6								1,7		46,0/36,2	
	III декада	4,3/12	20,2	152	9	64/34		9,4		34,5/30,8	40,7
								11,1	0,7	18,2/16,8	
										52,7/47,6	
Июль											
1								5,0		7,9/5,9	
2	I декада	5,7/10	19,3	163	8	60/34		18,0	1,4	19,2/12,2	19,3
3								23,0		27,1/18,1	
4	II декада	6,7/12	18,1	111	8	67/31		1,5		9,9/6,4	
5								2,0		5,9/3,9	10,1
6	III декада	5,9/9	21,2	175	13	52/22	4	3,5	0,3	15,8/10,3	
	Уборка на семена 5/VIII			133				3,1		11,2/1,8	
	За вегетацию			1305			21	2,5	0,86	2,5/0	
								111,6		385,9/382,3	419,3
1981 г.											
Апрель											
	Нач. вегетации (20)										91,0
6								3,5			
	III декада	7,5/10	5,4	4	4	64/25	4	3,5		14,2/3,2	

Май

1					14	15,6/7,6		
2						18,0/9,0		
3	I декада	6,6/8	14,2	83	7	61/18	5	1,6
4	II декада	5,8/9	8	30	7	46/14	7	0,3
5	III декада	5,4/6	17,7	140	13	43/11	8	0,3
6	— рост стебля (25)							
								102,6
								27,2/20,5

Июнь

1	— бутонизация (5)								
2	I декада	5,1/8	18,9	139	12	50/21	4	0,7	30,1/23,8
3	II декада	3,8/6	21,0	160	10	67/22	1	0,05	86,0
4	III декада								/21,9
5	— цветение (30)								35,9/31,8
6	За период наблюдений								29,3/20,9
	Влагозарядковый полив								34,6/29,6
									28,4/24,4
									132,9
									340,9/256,0
									321,5

Июль

1	— отрастание								
2	I декада	5,4/10	22,8	178	12	61/29	2	26,6	16,0/4,2
3	II декада	3,5/6	21,4	160	10	67/31	2	16,0	19,8/11,6
4	III декада							42,6	2,4
5								18,0	29,3/19,8
6								18,0	28,7/21,2
									1,1
									30,9/26,9
									34,8/30,8
									Засуха

Питиdневка, декада	Метеорологические условия								Испарение воды, мм*	Прирост сухой массы, г/см²	
	Макс. скорость ветра, м/с*	Средняя декадная температура воздуха	Сумма температур > 5 °С	Влажность воздуха, %	Относительная влажность воздуха, %*	Кол-во суховейных дней	Сумма осадков, мм	ГТК			
Август											
1										14,4/4,4	
2										15,0/11,5	
I декада — образование бутонов	5,4/8	21,1	161	11	63/22	1	57,5	3,6		14,8/2,2	
II декада	3,8/6	20,7	157	12	56/28	3	2,7	0,6		203,7/132,6	161,0
За период наблюдений			883			16	120,8	1,37			
1982 г.											
Апрель											
Начало вегетации (11)										14,1/9,6	10,2
5							11,8			16,5/4,5	
6							7,0				
III декада	5,1/8	11	86	4	79/35		18,8	2,1			
Май											
1										16,6/5,1	
2							1,5			17,8/14,3	
I декада	5,3/8	13,2	82	6	69/33		16,5			34,4/19,4	
3							18,0			23,2/14,7	
4										88,2/48,2	148,2
II декада	5,4/7	12,2	79	8	55/22	5	—		Засуха	15,7/9,2	
5							2,2			38,9/23,9	
6										18,7/16,5	
III декада	4,9/7	14,2	101	9	56/25	5	2,2	0,2		31,3/21,3	
1 — бутонизация (5)										50,0/37,8	
2										18,0/5,0	156,8
							7,0			83,7/62,0	
							6,5				

I декада	6,4/10	13,5	85	9	55/19	5	13,5	1,6	45,3/30,8
3							6,8		15,8/41,8
4							20,5		22,8/13,3
II декада	7,1/10	14,6	96	8	60/16	5	27,3	2,8	38,6/15,1
5							20,5		23,1/14,6
Цветение (25)									89,0/55,5 109,8
6							2,5		14,7/9,7
III декада	4,4/10	16,4	114	5	78/41	2	23,0	2,0	37,8/24,3
Июль									
1							10,0		12,8/5,3
2							11,9		31,3/23,9
I декада	6,0/10	20,8	158	9	69/28	1	21,9	1,4	44,1/29,2
3							1,2		33,0/20,8
Формирование бобов (15)									91,8/59,7
4									22,9/17,9
II декада	6/10	21,0	160	13	53/23	4	1,2	0,07	55,9/38,7
5							8,0		17,3/11,3
6							8,0		15,2/7,2
III декада	5,4/9	17,6	139	7	70/22	1	8,0	0,6	32,5/18,5
Август									
1							16,0		14,8/0,8
2							5,5		6,5/1,0
I декада	4,5/9	17,2	122	6	73/34	—	21,5	1,8	20,3/0,8
Побурение бобов (10)									75,7/37,2
3							14,0		12,8/6,8
4							2,7		7,0/3,3
II декада	4,6/10	16	110	5	75/11	0	16,7	1,5	19,8/10,1
5									15,5/7,5
6									15,1/10,1
III декада	5,4	21,6	183	14	52/16	6	—	Засуха	30,6/17,6
Полная спелость семян. Уборка									50,4/27,7
За вегетацию			1424			32	172,1	1,2	478,8/290,3 483,2

Примечание. * Числитель — средняя, знаменатель — за декаду; ** — числитель — суммарное (эвапотранспирация), знаменатель — люцерной.

сивность испарения влаги из почвы и через устьичный аппарат растений.

Данные о люцерне 2-го и 4-го годов жизни показывают, что у хорошо развитых растений в первые фазы развития эвапотранспирация и транспирация не превышали 600—350 ед. В период полного цветения эти величины достигали 1480 и 963 ед., а затем снова уменьшались. Средние значения эвапотранспирации и транспирации составили у люцерны 4-го года жизни соответственно 991 и 601 ед.

В 1980 г. люцерна 2-го года жизни испытывала острый недостаток влаги. От отрастания до скашивания (I укос) выпало 47 мм осадков (42 % нормы), ГТК был равен 0,6, дефицит влажности воздуха в большинстве случаев — 8—9 мб, относительная влажность воздуха колебалась от 52 до 67 %.

В 1981 г. люцерна 3-го года жизни за период апрель — июнь эвапотранспирация равнялась 1060 и истинная транспирация — 796 ед. на 1 г сухой массы люцерны. После I укоса был проведен влагозарядковый полив из расчета 130 мм, или 1300 т/га. Кроме этого, за период июль — середина августа выпало 120,8 мм осадков. Суммарное испарение во 2-й год жизни равнялось 1265 и истинная транспирация — 824 г на 1 г сухой надземной массы.

Люцерна 4-го года жизни не испытывала таких жестких погодных условий. За вегетационный период выпало 172 мм осадков. ГТК был равен 1,2, дефицит влажности воздуха в течение шести декад не превышал 6 мб, относительная влажность воздуха колебалась от 52 до 79 %.

Более подробные данные о метеорологических условиях представлены в табл. 2. Они свидетельствуют о четкой обратной зависимости

между значением гидротермического коэффициента и транспирационным коэффициентом. С возрастом дефицита влажности воздуха увеличился и расход воды на транспирацию. Однако следует особо подчеркнуть о размерах непродуктивного испарения влаги из почвы. Как показывают наши данные, испарение влаги с поверхности почвы в посевах люцерны 1-го года жизни составило 33,9 % (112,7 мм), 2-го года жизни — 26,8 % (103,6 мм) и 4-го года жизни — 39,4 % (188,5 мм), т. е. за вегетационный период с каждого гектара травостоя непродуктивное испарение влаги достигало 1030—1880 т. Если бы удалось агротехническими приемами наполовину уменьшить непродуктивное испарение влаги, то это обеспечило бы повышение урожайности сена на 5—10 ц/га в год.

Анализ значений транспирационных коэффициентов у люцерны 1, 2 и 4-го годов жизни показывает, что расход влаги на формирование урожая у нее примерно в 2,5—3,0 раза больше, чем, например, у озимой пшеницы, выращиваемой в этих же условиях. Чем объяснить такие различия? По нашему мнению, это обусловлено прежде всего разной мощностью корневой системы. Если у озимой пшеницы масса корневой системы составляет примерно 27—30 % к надземной массе, то у люцерны — 70—100 %. А ведь расход воды на формирование органической массы идет независимо от того, куда затем направляются ассимиляты — в стебель, листья или корень. В этом следует видеть объяснение более значительной транспирации у люцерны 1-го года жизни, когда идет интенсивное формирование корневой системы. Надо полагать, повышенная транспирация у люцерны связана также с более высоким содержанием белковых ве-

ществ по сравнению с озимой или яровой пшеницей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Байгулов Д.* Люцерна на богаре.— *Земледелие*, 1967, № 6, с. 25.— 2. *Гончаров П. Л.* Люцерна в Восточной Сибири. Иркутск, 1975.— 3. *Гончаров П. Л., Лубенец П. А.* Биологические аспекты возделывания люцерны. Новосибирск: Наука, 1985.— 4. *Джалилов А. Ш., Исламов И.* Эффект сочетания режимов орошения и минерального питания люцерны на каменистых почвах.— *Тр. Тадж. НИИ почвоведения*, 1978.— Т. 19, с. 129—136.— 5. *Дронова Т. Н.* Люцерна на орошении.— *Степные просторы*, 1980, № 8, с. 53—54.— 6. *Жаринов В. И., Клей В. С.* Люцерна. Киев: Урожай, 1983.— 7. *Иванов А. Ф., Медведев Г. А.* Возделывание люцерны в условиях орошения.— М., Россельхозиздат, 1977.— 8. *Караханов О. М.* Влияние удобрений и режима полива на накопление азота корнями люцерны и урожай сена.— *Химия в сельск. хоз-ве*, 1975, № 8, с. 15—18.— 9. Коллектив авторов. Люцерна. М.: Колос, 1964.— 10. *Корякина В. Ф.* Особенности роста и развития многолетних кормовых растений. М.— Л.: Наука, 1964.— 11. *Ларионов А. Г., Михайлова Ю. Б.* Кормовые культуры на орошаемых землях.— *Степные просторы*, 1980, № 8, с. 39—42.— 12. *Литвинов Н.* Кормовые культуры Таджикистана: Ирон, 1978.— 13. *Лубенец П. А.* Люцерна. М.— Л.: Сельхозгиз, 1956.— 14. *Можав*

ев Н. И. Расход почвенной влаги многолетними травами в зависимости от агротехники.— *Корма*, 1979, № 2, с. 9—10.— 15. *Мушинский А. С.* Влияние режима орошения и системы удобрений на продуктивность кострово-люцерновой травосмеси.— В кн.: *Агротехника с.-х. культур и повышение эффективности земледелия*. Уфа, 1981, с. 83—89.— 16. *Самыкин В. Н.* Орошение люцерны стоками ферм крупного рогатого скота.— *Корма*, 1979, № 3, с. 28—29.— 17. *Собко А. А., Остапов В. И.* Эффективность выращивания кормовых культур на орошаемых землях юга Украины.— В сб.: *Зрошуване — Землеробство*. 1973, вып. 16, с. 3—8.— 18. *Соколов А. А., Овчинников Б. В., Макас М. Ф.* Люцерна.— М.— Л.: Сельхозгиз, 1934.— 19. *Тарковский М. И.* Люцерна в Нечерноземной полосе.— М.: Сельхозгиз, 1959.— 20. *Филатов Ф. И.* Многолетние травы на юго-востоке.— *Приволжское кн. изд-во*, 1966.— 21. *Филимонов М. С., Мамин В. Ф.* Кормовые культуры на орошаемых землях.— М.: Россельхозиздат, 1983.— 22. *Фроленко Н. А.* Продуктивность бобовых трав на поливе.— *Науч.-техн. бюл. СибНИИ кормов*, 1979, вып. 6, с. 11—12.— 23. *Шевченко П. Д., Кобзарь В. И.* Интенсивное использование орошаемых земель, 1982.— 24. *Тяскова М.*— *Rostl. Viroba*, г. 26, с. 2.

Статья поступила
25 апреля 1990 г.

SUMMARY

The values of evapotranspiration and transpiration in 1, 2 and 4 year creeping alfalfa in Pravoberezhje (Saratov region) have been determined. Evapotranspiration ranged in different years from 920 to 1242, and transpiration — from 601 to 821 units.