

УДК 633.11:[581.113+631.432.21

**ТРАНСПИРАЦИЯ И ЭВАПОТРАНСПИРАЦИЯ ОЗИМОЙ
И ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ САРАТОВСКОГО
ПРАВОБЕРЕЖЬЯ**

И. С. ШАТИЛОВ, В. Л. КЛИМЕНКО
(Кафедра растениеводства)

Пшеница, как и большинство степных светолюбивых растений, транспирирует очень много воды; в течение суток, по усредненным данным, она испаряет воды примерно в 1,3—1,5 раза больше, чем масса ее надземной части. Это составляет 90—95 % поглощенной воды [1—16]. Наблюдения показывают, что транспирация часто может быть сокращена не только без вреда для растения, но и с пользой для него [8].

Потребление воды на единицу урожая пшеницы зависит от многих

условий: температуры и влажности почвы и воздуха, обеспеченности растений элементами минерального питания, сортовых особенностей и фаз развития [4, 11, 12, 20]. Важное значение имеет свет; зеленый лист в среднем поглощает 80—90 % суммарной ФАР, отражает 5—10 % и пропускает примерно столько же. Из поглощенной растениями ФАР на фотосинтез идет лишь небольшая часть (2—6 %), остальная затрачивается на испарение воды [9, 13, 15].

При расчете энергии, использованной растениями на транспирацию и водопотребление, необходимо учитывать поглощенную растениями и почвой не только фотосинтетически активную, но и инфракрасную радиацию, составляющую 50—55 % светового потока.

Познание закономерностей транспирации и водопотребления растений в разнообразных условиях среды открывает возможности для управления этим процессом [2, 3, 6, 7, 10, 14, 17, 19].

В засушливой степи Саратовской области уменьшение транспирационного и прежде всего непродуктивного испарения имеет первостепенное значение для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Чтобы найти пути снижения испарения, необходимо располагать данными не только о суммарном испарении, но и о его составных частях, а также о влияющих на него факторах.

В наших опытах изучалась зависимость суммарного и транспирационного испарения посевом озимой и яровой пшеницы от гидротермических условий и фаз развития.

Методика и условия проведения опытов

Полевые опыты заложены в 1970 г. на опытном поле экспериментальной базы Тимирязевской академии «Муммовское».

Почва опытного участка выщелоченный суглинистый чернозем, мощность гумусового слоя 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 сухой почвы. Наименьшая влагоемкость почвы (НВ) — 25 %, влажность разрыва капиллярных связей (ВРК) — 17 %, влажность устойчивого завядания (ВЗ) — 8 %.

Для изучения транспирации и эвапотранспирации (суммарного испарения) озимой пшеницы Мироновская 808 в 1970/71, 1974/75 и 1975/76 годы, яровой мягкой пшеницы Саратовская 46 в 1972, 1977 и 1978 гг., яровой твердой пшеницы Безенчукская 139 — в 1983 и 1984 гг. использовали гидравлический почвенный испаритель (ГПИ — малая модель) и весовые почвенные испарители. С помощью первого определяли суммарное испарение (растение+почва), а с помощью последних — испарение только почвой (непродуктив-

Т а б л и ц а 1

Сумма осадков (O_c , в мм) и сумма эффективных температур (T_c , $>5^\circ$) в годы опытов

Вегетационный год и характер погоды	Август—октябрь		Ноябрь—март	Апрель—май		Июнь—Июль		За вегетацию и зимний период	
	O_c	T_c	O_c	O_c	T_c	O_c	T_c	O_c	T_c

В годы опытов с озимой пшеницей

1970/71, умеренно засушливый	202	591	95	21	276	96	947	406	1814
1974/75, засушливый	90	675	147	15	628	130	1009	382	2312
1975/76, влажный	94	703	168	89	322	190	650	541	1675
Средняя многолетняя	116	623	122	69	316	104	830	411	1769

В годы опытов с яровой мягкой пшеницей

1972, засушливый			86	57	428	53	1051	196	1479
1977, умеренно влажный			171	72	466	124	892	367	1358
1978, влажный			179	86	276	139	670	404	946

В годы опытов с яровой твердой пшеницей

1983, влажный			258	74	540	143	805	475	1345
1984, засушливый			116	45	492	81	977	242	1469
Средняя многолетняя			122	69	316	104	830	295	1146

ное). По разнице между суммарным и непродуктивным испарением находили транспирацию растений.

Приборы размещались в посевах изучаемых культур. Применение одинаковой агротехники и доз удобрений на монолите почвенного испарителя позволило создать аналогичные или близкие условия для фотосинтетической деятельности растений к условиям, сложившимся в окружающих посевах.

Озимую пшеницу выращивали как в испарителе, так и на участке по черному пару. Дозы удобрений 60N60P40K. Предшественником яровой мягкой пшеницы была озимая; яровая твердая пшеница размещалась по пласту люцерны. Поле защищено лесными полосами посадки 1952 г. Опытный участок расположен к западу от лесной полосы, в 200 м от нее. Транспирационный коэффициент и продуктивность транспирации рассчитывали на урожай сухого вещества, а интенсивность транспирации — на фотосинтетический потенциал по фазам развития озимой и яровой пшеницы.

Показания приборов снимали ежедневно в определенное время. Для учета количества осадков использовали почвенный

дождемер. Сумму эффективных температур воздуха ($T_c > 5^\circ$), относительную влажность воздуха определяли по общепринятой методике [5].

Условия увлажнения по периодам роста озимой и яровой пшеницы выражали через гидротермические коэффициенты (ГТК) по Селянинову. Значение ГТК 1,2—1,4 свидетельствует об удовлетворительном увлажнении, ниже 0,6 — о засухе, выше 1,4 — о хорошем увлажнении [19].

Метеорологические условия в годы опытов были неодинаковыми (табл. 1). Вегетационный период озимой пшеницы 1970/71 г. характеризовался влажной осенью, умеренно засушливыми весной и летом, 1974/75 г. — близким к норме по количеству осадков осенью и исключительно засушливым весенне-летним периодом; 1975/76 г. — обычной осенью и дождливыми весной и летом. В период проведения опытов с яровой мягкой пшеницей в 1972 г. весна и лето были засушливыми, в 1977 г. — умеренно влажными, в 1978 г. — очень дождливыми при пониженных температурах; в опытах с яровой твердой пшеницей вегетационный период 1983 г. был теплым и влажным, 1984 г. — засушливым и жарким.

Результаты исследований

Озимая пшеница. Эвапотранспирационное и транспирационное испарение по периодам вегетации зависели от размера испаряющей поверхности растений, степени затенения ими почвы, а также метеорологических условий. Из табл. 2 следует, что осенью из-за высокой температуры и небольшой площади листьев суммарное испарение было значительным — 89,5 мм, или 22,4 % испарения за вегетацию (в среднем за 3 года). Доля непродуктивной потери влаги за это время равнялась 42,6 %, а при низких значениях ГТК в 1974 г. увеличивалась до 47,6, в 1975 — до 44,9 %.

До колошения озимой пшеницы шло возрастание суммарного испарения в результате развития листовой поверхности, нарастания вегетативной массы и повышения температуры воздуха. Вместе с тем с увеличением затенения почвы и подсыханием ее верхнего слоя доля непродуктивного испарения уменьшалась от 60,7 до 31,2 % и соответственно повышалась транспирация.

После фазы колошения при сокращении площади листовой поверхности и снижении фотосинтетического потенциала (табл. 3) уменьшилось затенение почвы, что привело к снижению интенсивности суммарного испарения и в то же время к повышению непродуктивного испарения, которое возросло с 36 до 62,7 %.

Большое количество влаги терялось на почвенное испарение: в умеренно засушливом году ((1970/71) — 38,8 % от суммарного, в засушливом (1974/75) — 35,1, во влажном (1975/76) — 49,1, а в среднем за 3 года — 41,6 % (табл. 2).

Снижение непродуктивного расхода влаги из почвы является существенным резервом повышения урожайности пшеницы, поэтому большое значение имеют применение разных способов уменьшения этого расхода и нахождение новых, более эффективных приемов.

Транспирационный коэффициент озимой пшеницы, как известно, зависит от ряда факторов, в частности от возраста и фаз развития растений и гидротермических условий. В наших опытах значения его были низкими в начале весеннего развития, когда растения еще слабо развиты, поверхность листьев невелика, а влажность воздуха высокая, и в период молочно-восковой спелости, когда уменьшается не только

Эвапотранспирационное (Ес) и транспирационное (Етр) испарение у озимой пшеницы в зависимости от возраста растений и гидротермических условий

Период роста и развития*	ГТК	Урожай сухо-го вещества, г/м ²	Испарение, мм		Непродук-тивный, % от Ес	Расход воды по пе-риодам, %		Коэффициент	
			Ес	Етр		Ес	Етр	Ес	Етр
1970/71 г., умеренно засушливый. Урожай зерна 365 г/м ² , коэффициент водопотребления 1400									
1	1,5	164	93,9	59,9	36,2	24,8	25,8	573	365
2	2,5	91	34,0	21,5	36,8	9,0	9,3	374	236
3	0,2	104	51,2	37,1	27,5	13,5	16,0	492	357
4	0,1	182	79,6	55,0	30,9	21,0	23,7	437	302
5	0,7	159	63,3	34,7	45,2	17,7	15,0	401	218
6	1,8	123	56,6	23,5	64,7	15,0	10,1	446	191
7	1,0	750	378,6	231,7	38,8	100,0	100,0	512	313
1974/75 г., засушливый. Урожай зерна 256 г/м ² , коэффициент водопотребления 1430									
1	0,6	116	79,0	41,4	47,6	21,5	17,4	681	357
2	0,24	22	34,0	8,4	75,3	9,3	3,5	1545	382
3	0,86	157	61,2	31,7	48,2	16,7	13,3	390	202
4	0,08	140	83,6	70,8	15,3	22,8	29,7	597	506
5	0,33	241	97,8	81,5	16,7	26,7	34,2	406	338
6		34	11,5	4,5	60,9	3,1	1,9	338	132
7	0,28	637	367,2	238,3	35,1	100,0	100,0	576	374
1975/76 г., влажный, урожай зерна 387 г/м ² , коэффициент водопотребления 1200									
1	0,4	162	95,8	52,8	44,9	21,2	22,9	591	326
2	3,6	72	35,7	10,9	69,5	7,9	4,7	496	151
3	0,7	66	25,6	10,8	57,8	5,6	4,7	388	164
4	2,9	272	130,8	76,5	41,5	28,9	33,2	481	282
5	2,9	281	126,8	67,9	46,5	28,0	9,5	451	242
6	1,4	—20	38,0	11,5	69,7	8,4	5,0		
7	1,8	823	452,7	230,4	49,1	100,0	100	550	280
Среднее за 3 года, урожай зерна 333 г/м ² , коэффициент водопотребления 1200									
1	0,7	147	89,5	51,4	42,6	22,4	22,0	615	349
2	0,5	62	34,6	13,6	60,7	8,7	5,8	805	256
3	1,6	109	46,0	26,5	42,4	11,5	11,3	423	241
4	1,5	198	98,0	67,4	31,2	24,5	28,9	505	363
5	1,1	227	96,0	61,4	36,0	24,0	26,3	419	266
6	1,2	79	35,4	13,2	62,7	8,9	5,7	392	162
7	0,95	737	399,5	233,5	41,6	100,0	100,0	546	322

Примечание. В табл. 2 и 3: 1 — всходы — уход в зиму, 2 — начало весенней вегетации — кущение, 3 — кущение — начало выхода в трубку, 4 — выход в трубку — колошение, 5 — колошение — молочная спелость, 6 — молочная спелость — восковая спелость, 7 — вегетационный период в целом.

листовая поверхность, но и интенсивность процессов жизнедеятельности растений. От фазы весеннего кущения до колошения значения транспирационных коэффициентов возрастали, затем снижались. В среднем за 3 года озимая пшеница до фазы колошения израсходовала 68,0 % воды, используемой на транспирацию в течение вегетации. Накопление сухого вещества за этот период составило лишь 56,4 %.

В засушливые годы транспирационные коэффициенты в течение вегетации были высокими, а во влажные годы значительно ниже. Так, если в среднем за 3 года транспирационный коэффициент озимой пшеницы за вегетационный период был равен 322, то в засушливом году (1974/75) — 374, во влажном (1975/76) — 280.

Существует обратная зависимость между ГТК и транспирационным коэффициентом (рис. 1 и 2).

Определяющим фактором интенсивности транспирации являлись метеорологические условия вегетационного периода, которые влияли не только на этот процесс, но и на формирование листовой поверхности.

Интенсивность (Итр) и продуктивность (Птр) транспирации у озимой пшеницы в зависимости от ФП и метеорологических условий

Период роста и развития	Метеорологические условия		ФП, тыс. см ² ·сут/м ²	Итр, л/м ² ·сут	Птр, г/л
	осадки, мм	число суховейных дней			
1970/71 г., умеренно засушливый					
1	85	1	374	1,6	2,7
2	13	0	163	1,3	4,2
3	5	3	288	1,3	2,8
4	3	2	378	1,4	3,3
5	35	6	239	1,5	4,5
6	43	3	84	2,8	5,2
7	184	15	1526	1,5	3,2
1974/75 г., засушливый					
1	4	34	25	1,6	2,8
2	3	9	125	0,7	2,6
3	15	17	487	0,6	4,9
4	1	14	288	2,5	1,9
5	13	18	210	3,9	2,9
6		9	12	3,7	7,5
7	36	101	1379	1,7	2,6
1975/76 г., влажный					
1	17	3	739	0,7	3,0
2	15	3	154	0,7	6,6
3	6	4	226	0,5	6,1
4	103	12	784	1,0	3,5
5	90	9	602	1,1	4,1
6	30	5	66	1,7	
7	261	36	2572	0,9	3,5

Так, в засушливом 1975 г. ФП озимой пшеницы был небольшим — 1379 тыс. см²·сут/м² (табл. 3), вместе с тем повышенные температуры и большое число суховейных дней (101) обусловили высокую интенсивность транспирации — 1,7 л/м²·сут. Наоборот, во влажном 1976 г. развилась большая листовая поверхность и ФП за вегетацию достиг 2572 тыс. см²·сут/м², а интенсивность транспирации снизилась до

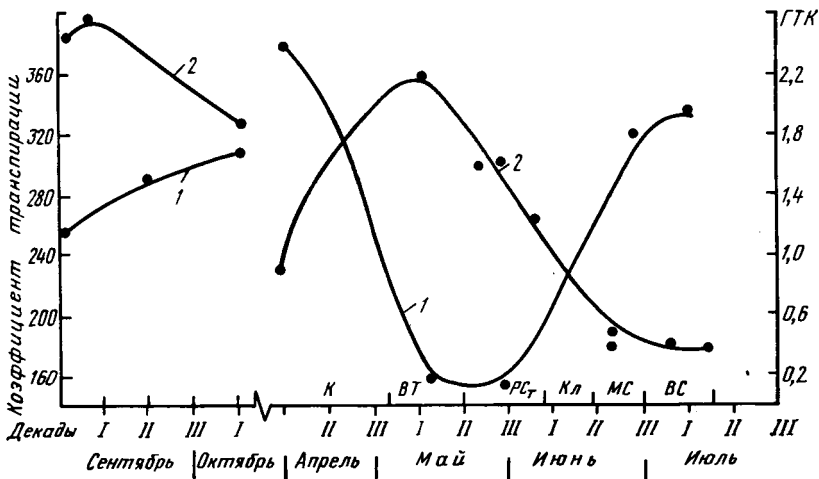


Рис. 1. Зависимость транспирации озимой пшеницы от ГТК (по данным 1970/71 г.).

1 — коэффициент транспирации; 2 — ГТК; К — кущение; ВТ — выход в трубку; РСт — рост стебля; Кл — колошение. МС — молочная спелость; ВС — восковая спелость.

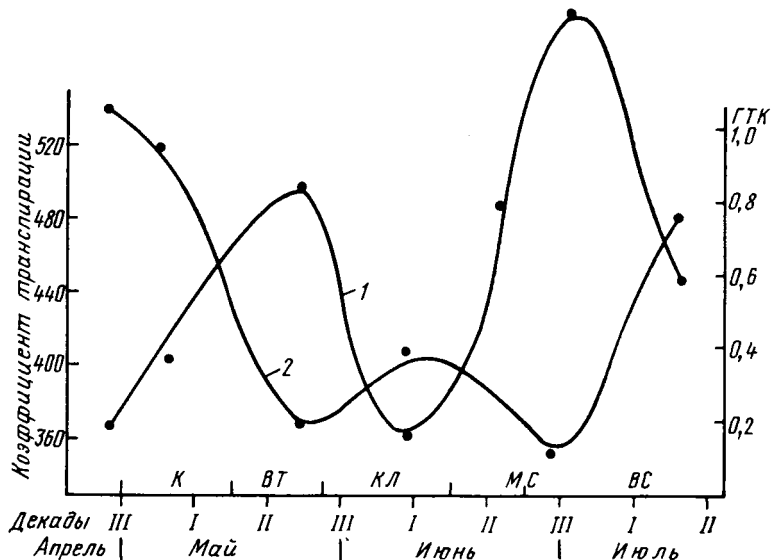


Рис. 2. Зависимость транспирации яровой пшеницы от ГТК (по данным 1972 г.).
Обозначения те же, что на рис. 1.

0,9 л/м²·сут вследствие затенения листьев, особенно нижних ярусов.

В умеренно засушливом 1971 г. ФП был немного выше, а интенсивность транспирации ниже, чем в 1975 г. (1526 тыс. см²·сут/м² и 1,5 л/м²·сут). В годы опытов интенсивность транспирации посевов была ниже в начальные фазы весеннего развития, а к молочно-восковой спелости она возрастала.

Яровая мягкая и твердая пшеница. Изменения суммарного испарения и транспирации в посевах яровой пшеницы по периодам вегетации во многом схожи с их изменениями у озимой и определяются теми же факторами и причинами. От всходов до формирования зерна у яровой пшеницы шло нарастание сухого вещества (табл. 4—6) и листовой поверхности (табл. 5, 6), в этот же период повышалась температура воздуха. Все это приводило к росту эвапотранспирации. С увеличением затененности почвы и подсыхания ее верхних слоев уменьшалась доля непродуктивного испарения по мягкой пшенице от 61,1 до 16,6 %, по твердой от 62,8 до 21,5. После колошения доля непродуктивного испарения стала увеличиваться.

Непродуктивное (почвенное) испарение больше в засушливые годы и в годы, когда верхний слой почвы в период вегетации хорошо увлажнен: по мягкой пшенице (табл. 4) — 105,9 и 140 мм соответственно в засушливом и влажном годах (30,8 и 34,6 % от суммарного) при 79,4 мм в умеренно влажном 1977 г. (25,9 % от суммарного); по твердой (табл. 6) — 98,1 и 112,5 мм (31,4 и 25,3 % от суммарного).

Максимальный расход воды на транспирацию 55—57 % приходится на сравнительно короткий период вегетации — выход в трубку — начало формирования зерна. Этот период совпадает с формированием наибольшей площади листьев и максимальной поглощающей поверхности корней. Период наибольшей чувствительности пшеницы к засухе совпадает по времени с максимальным расходом воды на транспирацию.

При возделывании озимой и яровой пшеницы в сравнительно одинаковых гидротермических и почвенных условиях показатели их транспирационных коэффициентов (табл. 2, 4, 6) были близкими между собой, однако оказались значительно ниже указанных для этих культур в монографиях и учебниках.

В наших опытах контролирующим показателем достоверности значений транспирационных коэффициентов являлись коэффициенты во-

Эвапотранспирационное (Ес) и транспирационное (Етр) испарение у яровой мягкой пшеницы в зависимости от возраста растений и гидротермических условий

Период роста развития*	ГТК	Урожай сухо- го вещества, г/м ²	Испарение, мм		Непродуктив- ное, % от Ес	Расход воды по пе- риодам, %		Коэффициент	
			Ес	Етр		Ес	Етр	Ес	Етр
1972 г., засушливый. Урожай зерна 198 г/м ² , коэффициент водопотребления 1737									
1	1	36,0	39,9	14,6	63,4	11,6	6,1	1108	406
2	0,2	183,0	106,8	86,7	18,8	31,0	36,4	584	474
3	0,4	183,0	84,9	67,4	26,6	24,7	28,3	464	368
4—5	0,1	107,0	74,0	58,0	21,6	21,5	24,4	692	542
6	0,9	23,0	38,4	11,4	70,3	11,2	4,8	1669	496
7	0,5	532,0	344,0	238,1	30,8	100,0	100,0	647	448
1977 г., умеренно влажный. Урожай зерна 313 г/м ² , коэффициент водопотребления 977									
1	0,2	37,6	49,7	20,0	52,3	16,3	8,8	1117	532
2	2,0	51,2	35,9	28,9	19,4	11,7	12,8	701	564
3	0,6	132,6	63,3	55,3	13,9	21,0	24,4	485	417
4	2,6	320,3	101,1	85,1	15,8	33,1	37,6	316	266
5	0,1	82,0	18,5	15,5	16,2	6,1	6,9	226	189
6	1,9	73,8	18,5	12,5	32,4	6,1	5,5	251	169
7	0,2	77,3	17,5	9,0	51,4	5,7	4,0	226	116
8	1,1	774,8	305,7	226,3	25,9	100,0	100,0	395	292
1978 г., влажный. Урожай зерна 406 г/м ² , коэффициент водопотребления 998									
1	3,4	38,0	42,3	9,0	70,1	10,5	3,4	795	237
2	1,1	80,0	73,3	44,8	38,8	18,0	16,9	916	560
3	2,2	149,0	52,1	37,1	28,7	12,9	14,0	350	249
4	2,8	399,0	138,1	112,5	18,5	34,1	42,5	346	282
5	1,6	197,0	53,2	38,2	28,1	13,1	14,5	270	194
6	0,7	163,0	34,2	20,2	40,9	8,5	7,6	210	124
7	0,05	—2,0	11,8	2,8	76,2	2,9	1,1		
8	1,8	1024,0	405,0	264,6	34,6	100,0	100,0	396	258
Среднее за 3 года. Урожай зерна 305,6 г/м ² , коэффициент водопотребления 1237									
1		37,2	39,3	14,5	61,1	11,3	6,0	1007	392
2		104,7	72,0	53,4	25,8	20,5	22,0	734	533
3		154,8	67,1	53,2	20,7	19,1	21,9	433	345
4		258,7	92,0	77,5	16,6	26,4	32,0	455	387
5		109,6	35,2	25,5	27,5	10,0	10,4	392	281
6		86,6	30,3	14,7	51,4	8,6	6,0	710	263
7		25,3	14,6	4,2	71,2	4,1	1,7		
8		776,9	351,5	243,0	30,8	100,0	100,0	480	333

* В табл. 4 и 5: 1 — посев — кушение, 2 — кушение — выход в трубку, 3 — выход в трубку — колошение, 4 — колошение — формирование зерна, 5 — формирование зерна — молочная спелость, 6 — молочная спелость — восковая спелость, 7 — восковая спелость — полная спелость, 8 — вегетационный период.

допотребления. Научкой и практикой с достаточной точностью установлено, что на производство 1 ц зерна и соответствующее количество соломы, мякины посевы пшеницы затрачивают 100—150 м³ воды, т. е. коэффициент водопотребления для формирования единицы урожая зерна равен 1000—1500. Аналогичные его значения получены нами (табл. 2, 4, 6): по озимой пшенице — 1200, яровой мягкой — 1237 (среднее за 3 года) и яровой твердой — 1318 (среднее за 2 года).

Яровая пшеница в одинаковых условиях вегетации развивает гораздо меньшую листовую поверхность, чем озимая. Это в основном обуславливает более высокую интенсивность транспирации у первой как по периодам вегетации, так и за весь вегетационный период.

Решающим фактором, влияющим на интенсивность транспирации, являются гидротермические условия (температурный режим, влажность почвы и воздуха). Листовая поверхность также играет немалую роль в

Таблица 5

Интенсивность (Итр) и продуктивность (Птр) транспирации у яровой мягкой пшеницы в зависимости от ФП и метеорологических условий

Период роста и развития	Метеорологические условия			ФП, тыс. см ² × сут/м ²	Итр, л/м ² · сут	Птр, г/л
	осадки, мм	T _c , °C	число суховейных дней			
1972 г., засушливый						
1	24	260	20	75,9	1,9	2,5
2	5	184	9	253,2	3,4	2,1
3	13	208	8	246,8	2,7	2,7
4—5	8	195	9	117,6	4,9	1,8
6	32	268	8	31,0	3,7	2,0
7	7	190	10			
8	79	1305	64	724,6	3,3	2,2
1977 г., умеренно влажный						
1	4	258	14	31,1	6,4	1,9
2	28	138	2	88,8	3,2	1,7
3	11	152	4	157,0	3,5	2,2
4	62	237	—	335,7	2,5	3,7
5	2	184	—	94,0	1,6	5,5
6	25	130	1	32,1	3,8	5,9
7	5	189	4			
8	136	1288	25	739,6	3,0	3,4
1978 г., влажный						
1	64	187	7	26,5	5,4	2,5
2	14	129	4	240,2	2,2	1,9
3	27	109	—	221,3	1,6	4,0
4	62	224	—	398,1	1,9	3,3
5	29	154	—	148,5	2,5	5,1
6	7	123	—	86,9	2,3	8,0
7	1	164	2			
8	204	1090	13	1140,7	2,3	3,8

Таблица 6

Эвапотранспирационное (Ес) и транспирационное (Етр) испарение у яровой твердой пшеницы в зависимости от возраста растений и гидротермических условий

Период роста и развития*	ГТК	Урожай сухого вещества, г/м ²	Испарение, мм		Непродуктивное, % к Ес	Расход воды по периодам, %		Коэффициент	
			Ес	Етр		Ес	Етр	Ес	Етр
1983 г., влажный. Урожай зерна 452, коэффициент водопотребления 986									
1	1,6	35,1	44,2	14,0	68,3	9,9	4,5	1259	399
2	1,1	122,5	79,8	59,9	24,9	17,9	18,0	651	489
3	0,5	173,2	113,0	90,6	19,8	25,4	27,0	652	495
4	0,8	515,2	172,3	146,9	14,8	38,7	44,0	334	293
5	7,0	114,0	31,0	22,0	29,0	7,0	6,6	272	193
6	1,7	960,0	445,3	332,8	25,3	100,0	100,0	464	347
1984 г., засушливый. Урожай зерна 189,1, коэффициент водопотребления 1650									
1	0,2	69,2	56,0	23,9	57,3	17,9	11,2	809,2	345,4
2	2,0	80,7	51,9	41,6	19,9	16,6	19,4	642,8	515,5
3	0,9	123,5	103,9	79,5	24,5	33,3	37,2	679,4	522,3
4	0,8	183,1	70,9	50,9	28,2	22,7	23,8	995,6	359,9
5	1,1	91,3	29,3	18,0	38,6	9,5	8,4	320,9	197,2
6	0,9	547,8	312,9	213,9	31,5	100,0	100,0	569,6	390,5
Среднее за 2 года. Урожай зерна 320,6, коэффициент водопотребления 1318									
1	0,9	52,2	50,1	19,0	62,8	13,9	7,8	1034,1	372,2
2	1,55	101,6	65,8	50,8	22,4	17,2	18,7	646,9	502,2
3	0,7	148,4	108,4	85,0	22,2	29,4	32,1	665,7	508,6
4	0,8	349,2	121,6	98,9	21,5	30,7	33,9	664,8	326,4
5	4,05	102,6	30,1	20,0	33,8	8,2	7,5	296,4	195,1
6	1,3	754,0	378,6	273,8	28,4	100,5	100,0	516,8	368,7

* В табл. 6 и 7: 1 — всходы — кущение, 2 — кущение — выход в трубку, 3 — выход в трубку — колошение, 4 — колошение — молочная спелость, 5 — молочная спелость — восковая спелость, 6 — за вегетационный период.

Интенсивность (Итр) и продуктивность (Птр) транспирации у яровой пшеницы в зависимости от ФП и метеорологических условий

Период роста и развития	Метеорологические условия			ФП, тыс. см ² ·сут/м ²	Итр, л/м ² ·сут	Птр, г/л
	осадки, мм	T _c , °C	Число су-ховейных дней			
1983 г., влажный						
1	37,4	280	6	33,7	4,1	2,5
2	17,0	260	2	124,4	4,8	2,0
3	13,2	178	1	363,9	2,4	2,0
4	26,8	384	1	343,9	4,4	3,4
5	128,8	269	1	35,0	6,3	2,5
6	223,3	1371	11	900,8	3,7	2,9
1984 г., засушливый						
1	7,6	309	26	91,8	2,6	2,9
2	36,3	183	12	118,8	3,5	1,9
3	23,9	267	11	124,1	6,4	1,5
4	27,5	357	7	155,3	3,3	3,6
5	20,8	193	3	26,5	6,7	5,0
6	116,1	1309	59	516,5	4,1	2,7

этом процессе, однако показатели ФП зависят опять же от гидротермических условий.

Продуктивность транспирации (количество сухого вещества, образующегося при расходовании растением литра воды) зависит от тех же условий среды, что и транспирационный коэффициент. По периодам роста и развития озимой и яровой пшеницы значение этого показателя варьировало от 1,7 до 8,0 г/л, а в целом за вегетацию (среднее за 3 года) составило у озимой пшеницы 3,1, у яровой мягкой — 3,1, у яровой твердой (среднее за 2 года) — 2,8 г/л.

Выводы

1. Транспирационное испарение у озимой и яровой пшеницы возросло с начала весеннего развития до колошения, затем снижалось и в фазу восковой спелости прекращалось. Непродуктивное испарение с поверхности почвы, наоборот, было высоким в начальные и конечные фазы развития, когда почва меньше затенялась листьями. Непродуктивное испарение было значительным и за вегетационный период (в среднем за 3 года) составило: по озимой пшенице — 166 мм, или 41,6 % от эвапотранспирации; яровой мягкой пшенице — 108,5 мм, или 30,8 %; яровой твердой (среднее за 2 года) — 104,8 мм, или 27,6 %.

2. Возраст растений и гидротермические условия влияли на значения транспирационных коэффициентов. Они были высокими в начальные фазы до колошения, а затем уменьшались. По периодам вегетации озимой и яровой пшеницы наблюдалась обратная зависимость между значениями гидротермических и транспирационных коэффициентов.

Транспирационные коэффициенты по годам колебались у озимой пшеницы от 280 до 374, у яровой мягкой — от 258 до 448, у яровой твердой — от 347 до 369.

3. Интенсивность транспирации озимой и яровой пшеницы зависела от гидротермических условий (температуры, влажности почвы и воздуха) и фотосинтетического потенциала. В более влажные годы она уменьшалась с развитием большой листовой поверхности. В среднем за 3 года значение этого показателя по озимой пшенице составляло 1,38 л/м²·сут; яровой мягкой — 2,87, яровой твердой (среднее за 2 года) — 3,9 л/м²·сут.

4. Уменьшение непродуктивного испарения на 50 % позволило бы в условиях Правобережья Саратовской области повысить урожай зерна озимой пшеницы на 7—8 ц/га, яровой мягкой и твердой пшеницы — на 4—5 ц/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варасова Н. Н., Шустова А. П. Физиология растений. М.: Колос, 1969, с. 40. — 2. Генкель П. А., Андреева И. Н., Ермакова К. Г., Цветкова И. В. — Изв. АН СССР, 1957, вып. 4, с. — 3. Зайцев К. Н. — Докл. ВАСХНИЛ, 1940, вып. 19. — 4. Иванов П. К. Яровая пшеница. М.: Колос, 1971. — 5. Клименко В. Л., Попова С. В. Фотосинтетическая деятельность посевов озимой пшеницы при разных предшественниках и уровнях питания. — Изв. ТСХА, 1973, вып. 2, с. 29—37. — 6. Куликов Ю. Н., Структура испарения и пути ее регулирования. — В кн.: Водный баланс СССР и его преобразование. М.: Наука, 1969, с. 262—270. — 7. Максимов Н. А. Краткий курс физиологии растений. М.: Сельхозгиз, 1948. — 8. Ничипорович А. А. О путях повышения продуктивности фотосинтеза в посевах. — В кн.: Фотосинтез и вопр. продуктивности растений. М.: Изд-во АН СССР, 1953, с. 5—35. — 9. Носатовский А. И. Пшеница. М.: Сельхозгиз, с. 335—340. — 10. Пруцков Ф. М. Озимая пшеница. М.: Колос, 1970. — 11. Сабин Д. А. Физиологические основы питания растений. М.: Изд-во АН СССР, 1965. — 12. Светлицкий И. И. Энергия и растения. М.: Знание, 1970. — 13. Тимирязев К. А. Собр. соч. Т. 2. М.: Сельхозгиз, 1948. — 14. Устенко Г. П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах как основа формирования высоких урожаев. — В кн.: Фотосинтез и вопр. продуктивности растений. М.: Изд-во АН СССР, 1963, с. 37—70. — 15. Физиология с.-х. растений. Т. 4. М.: Изд-во МГУ, 1969, с. 225—231. — 16. Физиология с.-х. растений. Т. 5. М.: Изд-во МГУ, 1969. — 17. Шарпов Н. И., Смирнов В. Л. Климат и качество урожая. Л.: Гидрометеоиздат, 1966. — 18. Шатилов И. С., Замираев А. Г., Чаповская Г. В., Баринов А. И. Водопотребление и формирование урожая озимой пшеницы при разном уровне минерального питания. — Изв. ТСХА, вып. 4, с. 34—42. — 19. Шатилов И. С. Водопотребление и транспирация растений в полевых условиях. Научные основы программирования урожаев с.-х. культуры. М.: Колос, 1978, с. 53—66.

Статья поступила 13 мая 1985 г.

SUMMARY

Water regime of winter and spring wheat has been studied for 9 years on the experimental field of the training farm "Mummovskoye" of the Timiryazev Academy (the Saratov region). Evapotranspiration and transpiration in plants have been determined with the help of hydraulic and soil evaporators.

Values of transpiration coefficients of winter and spring wheat have appeared to be considerably lower than those given in textbooks and special works on the subject, viz. 322 in winter wheat, 333 in soft spring wheat, 369 in hard spring wheat. The reduction of unproductive evaporation of soil moisture at least by 50 % would result in the increase in yielding capacity of winter wheat by 7—8 and that of spring wheat by 4—5 centners/ha under the same conditions.