

Параметры моделей погодных факторов для формирования фотосинтетических показателей яровой твёрдой пшеницы в степи Оренбургского Зауралья

*А.Г. Крючков, д.с.-х.н., профессор,
ФГБНУ Оренбургский НИИСХ*

На современном этапе развития научных исследований в сельском хозяйстве становится недостаточным лишь накопление экспериментальных данных по технологии возделывания различных культур. Необходимы их обобщение и анализ с помощью методов математического моделирования, установления связей, зависимостей их от факторов внешней среды и наработанных приёмов возделывания в целях углублённого понимания потребностей и возможностей на территориях землепользования и совершенствования технологий и селекционных перестроек самих растений для лучшей их адаптации к зональному климату и почвам.

Особую значимость при этом имеет совершенствование фотосинтетического аппарата и корневых систем растений. В связи с этими обстоятельствами нами решалась задача по установлению параметров фотосинтетических показателей яровой твёрдой пшеницы, которые могут быть положены в основу будущей модели конструкции создаваемых посевов этой культуры в условиях Оренбургского Зауралья.

Материал и методы исследования. Были проанализированы результаты наблюдений и учётов в полевом опыте с тремя сроками сева, тремя нормами высева яровой твёрдой пшеницы сорта Оренбургская 10 на двух фонах: пар почвозащитный без удобрений и пар почвозащитный + P_{40} кг д.в. на 1 га за 2001–2003 гг. Анализ зависимостей проведён с применением нелинейного корреляционно-регрессионного анализа [1] на ПЭВМ с помощью программы Statgrafiks. Погодные факторы были взяты из бюллетеней Оренбургского гидрометеоцентра по АГМС «Адамовка» и «Айдырля», а также МП «Адамовка» [2]. Расчёты показателей и коэффициентов погодных факторов за период посев – колошение выполнены по С.С. Синицыну ПА3-1 [3], А.М. Алпатьеву (коэффициент влагообеспеченности) [4] и авторским оригинальным методикам (коэффициент засушливости, дискомфортности, технологической нагрузки и оптимальности).

Результаты исследования. На базе выявленных зависимостей фотосинтетических показателей от изученных погодных факторов и коэффициентов, отражающих их взаимодействие, нами разработаны параметры моделей этих факторов для яровой твёрдой пшеницы, возделываемой по почвозащитным парам на чернозёме южном в засушливой степи Оренбургского Зауралья (табл. 1).

Анализ полученных параметров моделей указывает на наличие специфики действия изученных факторов на отдельные фотосинтетические показатели яровой твёрдой пшеницы и её ответной реакции.

Растения яровой твёрдой пшеницы на фоне почвозащитного пара создавали площадь фотосинтезирующей поверхности своих листьев независимо от действия среднесуточной t воздуха в пределах $14,6 \div 17,9^\circ\text{C}$, суммы температур воздуха от посева до колошения $869 \div 1109,4^\circ\text{C}$, относительной W воздуха $62,1 \div 67,4\%$, коэффициента влагообеспеченности $0,74\text{--}1,30$ ед., суммарного испарения $180,3 \div 287,2$ мм и коэффициента технологической нагрузки $0,714\text{--}3,84$ ед.

Наращиванию её способствовали выпадение $44,8$ мм осадков, запас влаги в метровом слое почвы $135,8$ мм, сумма влаги $180,6$ мм, невысокий показатель атмосферной засушливости – $64,4$ мм, коэффициент засушливости $0,47$ ед., коэффициент дискомфортности $0,5596$ ед. и коэффициент оптимальности $0,343$ ед. В этих случаях формировалась наиболее высокая площадь фотосинтезирующей поверхности листьев.

Площадь ФП стеблей определялась осадками – $97,6$ мм, суммой влаги – $253,5$ мм, относительной W воздуха – $67,4\%$, пониженным ПА3-1, равным $10,4$ мм, коэффициентом засушливости – $0,07$ ед., коэффициентом дискомфортности – $0,0635$ ед., коэффициентом оптимальности – $0,0203$ ед. и повышенным коэффициентом технологической нагрузки – $3,84$ ед. В этих случаях она формировалась наибольшей ($46,37\text{--}69,83$ тыс. m^2 на 1 га). Отклонение от этих показателей факторов сопровождалось снижением ФП стеблей (до $26,63\text{--}34,55$ тыс. m^2 на 1 га).

Площадь ФП колосьев не зависела от суммы температур, осадков, относительной W воздуха, коэффициента влагообеспеченности, коэффициента технологической нагрузки и коэффициента оптимальности в изученных пределах их величин. Уравнения были не адекватными.

Лучшие результаты ($5,31\text{--}6,40$ тыс. m^2 на 1 га) были достигнуты под воздействием среднесуточной t воздуха – $16,7^\circ\text{C}$, суммы влаги – $180,6$ мм, ПА3-1 – $64,4$ мм, коэффициента засушливости – $0,47$ ед., суммарного испарения – $180,3$ мм и коэффициента дискомфортности – $0,5596$ ед.

Суммарная ФП растений определялась влиянием наращивания среднесуточной t воздуха до $17,9^\circ\text{C}$, но при условии более низкой суммы температур – 869°C ($61,56$ и $58,23$ тыс. m^2 на

1. Параметры моделей фотосинтетических показателей яровой твёрдой пшеницы при воздействии различных погодных факторов и их взаимодействии за период посев – колошение в Оренбургском Зауралье (2001–2003 гг.)

Погодные факторы и их взаимодействие	ФП листьев, тыс. м ² /га			ФП стеблей, тыс. м ² /га			ФП колосьев, тыс. м ² /га					
	min	сред.	max	min	сред.	max	min	сред.	max			
Пар почвозащитный без удобрений												
Среднесуточная t воздуха, °C	14,6 16,5 17,9 11,1±4,5*			14,6 16,5 17,9 36,259±7,519*			14,6	16,7	17,9	2,69	5,31	4,44
Сумма T воздуха, °C	869 988 1109,4 11,188±4,96*			869 988 1109,4 36,026±6,303*			869 983 1109,4 4,863±1,022*					
Осадки, мм	44,8 19,38	–	97,6 6,26	–	65,4 30,46	97,6 50,77	44,8 66,0 95,9 4,718±1,036*					
Запас влаги в почве (0–100 см) к севу, мм	135,8 151,4 169,0 21,7 – 6,55			135,8 151,4 169,0 35,667±7,27*			135,8 150,0 169,0 4,699±1,094*					
Сумма влаги, мм	186,6 23,95	–	253,5 5,84	–	193,7 31,86	253,5 42,24	180,6 6,12	–	253,5 4,13			
Относительная W воздуха, %	62,1 65,0 67,4 15,5±1,74*			–	63,2 28,9	67,4 51,15	62,1 65,0 67,4 4,662±1,041*					
ПАЗ-1, мм	27,5 6,48	–	64,4 22,47	10,4 69,83	–	64,4 34,55	–	24,2 3,67	64,4 6,06			
Коэффициент засушливости, ед	0,19 4,55	–	0,47 24,83	0,07 46,5	0,32 31,6	–	–	0,1566 3,87	0,47 6,40			
Коэффициент влагообеспеченности, ед	0,74 1,01 1,30 10,930±5,423*			0,74 1,01 1,30 36,421±7,268*			0,74 1,01 1,30 4,661±1,117*					
Суммарное испарение, мм	180,3 220,4 287,2 11,418±4,354*			180,3 220,4 287,2 35,903±6,896*			180,3 6,18	–	287,2 3,21			
Коэффициент дискомфортности, ед.	0,0988 6,48	–	0,5596 22,47	0,0635 46,37	–	0,5596 32,63	–	0,160 4,29	0,5596 5,95			
Коэффициент технологической нагрузки, ед	0,714 2,0 3,84 11,418±4,354*			0,714 26,63	–	3,84 40,84	0,714 2,0 3,84 4,666±0,782*					
Коэффициент оптимальности, ед.	0,0203 5,036	0,3430 16,0	0,4958 13,636	0,0203 58,81	–	0,4958 30,85	0,0203 0,1647 0,4958 4,721±0,874					
Погодные факторы и их взаимодействие	ΣФП растений, тыс. м ² /га			ФСР растений, тыс. м ² /га · суток			ЧПФ растений, г/м ² /сутки					
	min	opt	max	min	opt	max	min	opt	max			
Пар почвозащитный без удобрений												
Среднесуточная t воздуха, °C	14,6 33,65	–	17,9 61,56	14,6 16,5 17,9 2617,6±580,4*			14,6	15,45	17,9	4,07	4,28	2,57
Сумма T воздуха, °C	869 58,23	–	1109,4 41,72	869 988 1109,4 2616,7±357,3*			869 978,8 1109,4 3,75±0,53*					
Осадки, мм	44,8 64,39	72,4 45,47	97,6 60,81	44,8 3193,3	72,4 2273,0	97,6 3041,0	44,8 3,49	65,2 4,38	97,6 2,13			
Запас влаги в почве (0–100 см) к севу, мм	135,8 151,4 169,0 53,803±9,61*			135,8 151,4 169,0 2644,6±480,7			135,8 150,7 169,0 3,78±0,73*					
Сумма влаги, мм	180,6 217,0 249,9 52,127±7,607*			180,6 219,6 253,5 2629,0±304,05*			180,6 3,87	203,5 4,23	253,5 2,52			
Относительная W воздуха, %	62,1 55,06	64,1 44,536	67,4 67,85	62,1 2753,3	64,2 2222,1	67,4 3375,6	62,1 5,08	–	67,4 2,67			
ПАЗ-1, мм	10,4 62,4	35,7 37,68	64,4 67,14	10,4 3025,8	35,7 1884,2	64,4 3357,0	10,4 2,54	42,4 4,56	64,4 3,60			
Коэффициент засушливости, ед	0,07 55,51	0,235 42,7	0,47 68,86	0,07 2779,6	0,235 2135,9	0,47 3443,1	0,07 2,59	–	0,47 4,17			
Коэффициент влагообеспеченности, ед	0,74 1,01 1,30 51,388±10,297*			0,74 1,01 1,30 2601,4±464,7			0,74 1,01 1,30 3,76±0,72*					
Суммарное испарение, мм	180,3 206,9 287,2 53,497±8,620*			180,3 220,4 287,2 2608,05±450,99*			180,3 206,9 287,2 3,81±0,72*					
Коэффициент дискомфортности, ед.	0,0115 57,39	0,15 46,46	0,5596 61,42	0,0635 2818,3	0,220 2484,2	0,5596 3211,8	0,0635 2,51	–	0,5596 4,23			
Коэффициент технологической нагрузки, ед	0,714 40,07	–	3,84 58,37	0,714 2002,1	–	3,84 2922,2	0,714 4,40	–	3,84 3,46			
Коэффициент оптимальности, ед.	0,0203 0,152 0,354 53,24±9,058*			0,0203 0,1647 0,4758 2648,16±443,3*			0,0203 2,13	–	0,4958 4,25			

Примечание: * – уравнения не отвечают критерию Фишера

1 га). Запасы влаги к севу, сумма влаги, коэффициент влагообеспеченности, суммарное испарение и коэффициент оптимальности в изученных пределах не позволили получить адекватные уравнения.

Что же касается действия осадков, то их количество 44,8 мм обеспечило повышенную Σ ФП растений (64,39 тыс. м² на 1 га), при 72,4 мм она снизилась до 45,47 тыс. м² на 1 га, а в дальнейшем при 97,6 мм вновь возросла до 60,81 тыс. м² на 1 га. Подобное снижение Σ ФП растений характерно и для других изученных факторов (относительной W воздуха, ПАЗ-1, коэффициента засушливости и коэффициента дискомфорта) с той лишь разницей, что при их более высоких показателях она была наибольшей.

Подобное явление вызвано тем, что УФП растений складывается из различного соотношения площадей ФП листьев, ФП стеблей и колосьев в разные по условиям годы при разных сроках сева и нормах высева. Тем не менее повышение коэффициента технологической нагрузки с 0,714 до 3,84 ед. позволяет последовательно наращивать Σ ФП растений с 40,07 до 58,37 тыс. м² на 1 га.

В то же время фотосинтетический потенциал (ФСП) суммарной площади ФП растений не был связан достоверными связями со среднесуточной t воздуха, суммой температур воздуха, запасами влаги в почве, суммой влаги, коэффициентом влагообеспеченности, суммарным испарением и коэффициентом оптимальности в пределах значений названных факторов.

Действие осадков, относительной W воздуха, ПАЗ-1, коэффициентов засушливости и дискомфорта на параметры моделей ФСП аналогично действию на суммарную ФП растений. При начальных (меньших) величинах ФСП повышенный (2753,3–3193,3 тыс. м²/га·сут.) снижается при средних до 1884,2–2484,2 тыс. м²/га·сут., а при наибольших возрастает до максимальных величин (3041,0–3443,1 тыс. м²/га·сут.). Увеличение коэффициента технологической нагрузки с 0,714 до 3,84 ед. приводит к наращиванию ФСП растений с 2002,1 до 2922,2 тыс. м²/га·сут.

На параметры чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) не оказали своего влияния суммы температур воздуха (869–1109,4°С), запасы влаги к севу (135,8–169 мм), коэффициент влагообеспеченности (0,74–1,30 ед.) и суммарное испарение (180,3–287,2 мм).

В одном направлении на них действовали среднесуточная t воздуха, количество осадков и сумма влаги. Они по мере своего увеличения с 14,6 до 15,45°С, с 44,8 до 65,2 мм и со 180,6 до 203,5 мм способствовали наращиванию ЧПФ растений с 4,07 до 4,28 г/м²/сут., с 3,49 до 4,38 и с 3,87 до 4,23 г/м²/сут., а в дальнейшем при 17,9°С, 97,6 мм и 253,5 мм снижению её соответственно до 2,57; 2,13 и 2,52 г/м²/сут.

Реакция растений по величинам ЧПФ на другие факторы была противоречивой, ЧПФ снижалась с 5,08–4,40 до 2,67–3,46 г/м²/сут и коэффициента технологической нагрузки с 0,714 до 3,84 ед., но по мере повышения относительной W воздуха с 62,1 до 67,4%, наоборот, возрастала с 2,59 до 4,17; 2,51 до 4,23 и с 2,13 до 4,25 г/м²/сут с увеличением коэффициентов засушливости с 0,07 до 0,47 ед., с 0,0635 до 0,5596 ед. и оптимальности с 0,0203 до 0,4958 ед. Рост ПАЗ-1 с 10,4 до 42,4 мм сопровождается увеличением ЧПФ с 2,54 до 4,56 г/м²/сут, а затем снижением до 3,60 г/м²/сут при 64,4 мм.

Для формирования площади ФП стеблей достаточны среднесуточная t воздуха, сумма температур, осадки, ПАЗ-1 и суммарное испарение в изученных пределах. Полезными же для её наращивания, в отличие от площади листьев, является увеличение запасов влаги в почве до 169 мм, суммы влаги до 253,5 мм, относительной W воздуха до 67,4%, коэффициента влагообеспеченности до 1,3 ед. и коэффициента технологической нагрузки до 3,84 ед. Площадь ФП стеблей в этих случаях достигает 43,63–53,4 тыс. м² на 1 га.

Действие коэффициентов засушливости, дискомфорта и оптимальности, напротив, было более полезным при минимальных значениях (0,07, 0,0635 и 0,0201 ед.). Площадь ФП стеблей в этих случаях была наибольшей (48,46–51,89 тыс. м² на 1 га).

На фоне удобренного пара путём внесения 40 кг д.в. на 1 га P₂O₅, в отличие от неудобренного пара, из числа достаточных факторов, которые не влияли на площадь ФП листьев, осталось лишь пять. Относительная W воздуха перешла в число действующих. Среди них лучшие параметры площади ФП листьев обеспечили осадки в количестве 44,8 мм, запас влаги в почве 135,8 мм, сумма влаги 250,6 мм, относительная W воздуха 62,1% в размере 21,13–24,54 тыс. м² на 1 га. Увеличение их значений приводило к снижению её до 5,01–10,43 тыс. м² на 1 га при 97,6 мм, 161,7 мм, 253,5 мм и 66,1% соответственно (табл. 2).

Показатели ПАЗ-1 от 27,5 до 64,4 мм, коэффициента засушливости от 0,18 до 0,47 ед, коэффициента дискомфорта от 0,0635 до 0,5596 ед., наоборот, способствовали её наращиванию с 5,78–6,92 до 23,51–28,09 тыс. м² на 1 га. Полезное действие коэффициента оптимальности обнаружилось при его увеличении до 0,37 ед. (18,88 тыс. м² на 1 га).

Площадь ФП колосьев растениями формировалась независимо от среднесуточной t воздуха, её суммы, осадков, относительной W воздуха, суммарного испарения и коэффициента оптимальности. В указанных пределах их величин растения решали эту задачу в силу своей биологии.

Достаточной величиной для ФП колосьев было 180,6 мм суммы влаги (6,88 тыс. м² на 1 га). Наращивание её до 253,5 мм снижало площадь ФП колосьев до 4,24 тыс. м² на 1 га, но повышение

2. Параметры моделей фотосинтетических показателей яровой твёрдой пшеницы при воздействии различных погодных факторов и их взаимодействии за период посев – колошение в Оренбургском Зауралье (2001–2003 гг.)

Погодные факторы и их взаимодействие	ФП листьев, тыс. м ² /га			ФП стеблей, тыс. м ² /га			ФП колосьев, тыс. м ² /га		
	min	opt	max	min	opt	max	min	opt	max
Пар почвозащитный + P ₄₀ кг д.в. на 1 га									
Среднесуточная t воздуха, °C	14,6 16,5 17,9 13,053±4,921*			14,6 16,5 17,9 39,23±7,19*			14,6 16,5 17,9 4,81±1,07*		
Сумма T воздуха, °C	869 987,5 1109,4 13,140±5,74*			869 987,5 1109,4 39,44±6,47*			869 988 1109,4 4,820±1,091*		
Осадки, мм	44,8 22,93	–	97,6 6,62	44,8 67,2 97,6 39,262±6,539*			44,8 68,3 97,6 4,898±0,92*		
Запас влаги в почве (0–100 см) к севу, мм	135,8 22,56	–	161,7 8,990	135,8 30,72	–	169,0 50,12	135,8 150,7 169,0 4,893±1,168*		
Сумма влаги, мм	180,6 24,54	–	253,5 5,190	180,6 33,78	–	253,5 46,80	180,6 6,88	–	253,5 4,24
Относительная W воздуха, %	62,1 21,13	–	66,1 10,43	–	63,0 31,11	67,4 53,40	62,1 64,9 67,4 4,841±0,848*		
ПАЗ-1, мм	27,5 5,78	–	64,4 23,51	10,4 40,3 64,4 31,353±6,353*			10,4 5,08	33,18 3,63	64,4 6,98
Коэффициент засушливости, ед	0,18 5,84	–	0,47 28,09	0,07 48,46	–	0,47 35,77	0,07 5,25	0,23 3,33	0,47 7,37
Коэффициент влагообеспеченности, ед	0,74 1,01 1,30 12,89±5,48*			0,74 30,74	–	1,30 50,77	0,74 5,53	1,01 4,29	1,30 5,84
Суммарное испарение, мм	180,3 220,4 287,2 13,386±4,828*			180,3 220,4 287,2 38,799±7,649*			180,3 220,4 287,2 4,824±0,835*		
Коэффициент дискомфорта, ед.	0,0635 6,92	–	0,5596 25,007	0,0635 49,72	–	0,5596 35,77	0,0635 4,96	0,240 3,72	0,5596 7,26
Коэффициент технологической нагрузки, ед	0,714 2,0 3,84 13,059±2,90*			0,714 29,96	–	3,84 43,63	0,714 3,71	–	3,65 5,59
Коэффициент оптимальности, ед.	0,0203 6,206	0,37 18,88	0,4958 17,687	0,0203 51,89	–	0,4958 30,57	0,0203 0,1647 0,4958 4,884±0,635*		
Погодные факторы и их взаимодействие	ΣФП растений, тыс. м ² /га			ФСП растений, тыс. м ² /га · суток			ЧПФ растений, г/м ² /сутки		
	min	opt	max	min	opt	max	min	opt	max
Пар почвозащитный + P ₄₀ кг д.в. на 1 га									
Среднесуточная t воздуха, °C	14,6 38,69	–	17,9 64,38	14,6 1931,42	17,6 3218,36	–	14,6 5,85	–	17,9 2,76
Сумма T воздуха, °C	869 68,68	–	1109,4 47,47	869 3415,1	–	1109,4 2368,29	869 2,39	1033,8 4,43	1109,4 3,99
Осадки, мм	44,8 68,3 97,6 57,288±8,582*			44,8 66,0 95,9 2524,68±433,9*			44,8 2,82	67,7 4,45	97,6 2,13
Запас влаги в почве (0–100 см) к севу, мм	135,8 151,4 169,0 57,461±9,097*			135,8 151,4 169,0 2882,59±454,45*			135,8 150,7 169,0 4,02±1,01*		
Сумма влаги, мм	180,6 219,6 253,5 56,2±6,422*			180,6 219,6 253,5 2875,79±274,7*			180,6 4,58	241,7 3,99	253,5 3,43
Относительная W воздуха, %	62,1 59,26	64,2 49,97	67,4 70,42	62,1 2949,31	64,1 2630,22	67,4 3547,8	62,1 4,25	63,8 4,88	67,4 2,10
ПАЗ-1, мм	10,4 69,92	33,0 45,2	64,4 71,47	10,4 3157,62	35,0 2159,33	64,4 3603,66	10,4 2,38	39,3 5,11	64,4 2,98
Коэффициент засушливости, ед	0,07 60,77	0,23 47,73	0,47 73,17	0,07 3050,42	0,237 2357,26	0,47 3703,42	0,07 0,255 0,47 4,03±1,25		
Коэффициент влагообеспеченности, ед	0,74 1,01 1,60 56,978±9,165*			0,74 1,01 1,30 3858,71±439,4			0,74 4,65	–	1,80 2,29
Суммарное испарение, мм	180,3 220,4 287,2 56,95±9,454*			180,3 217,9 287,2 2876,958±477,98*			180,3 220,45 287,2 4,02±1,04*		
Коэффициент дискомфорта, ед.	0,0635 58,71	0,23 53,45	0,5596 69,88	0,0635 2959,71	0,2580 2374,18	0,5596 3465,09*	0,0635 2,46	–	0,5596 4,26
Коэффициент технологической нагрузки, ед	0,714 43,63	3,53 62,44	3,84 62,48	0,714 2210,69	–	3,84 3137,76	0,714 4,47	–	3,84 3,44
Коэффициент оптимальности, ед.	0,0203 0,1773 0,4958 57,025±7,109*			0,0203 0,1773 0,4958 2757,494±344,51*			0,0203 2,73	0,26 4,88	0,4958 2,68

Примечание: *– уравнения не отвечают критерию Фишера

технологической нагрузки с 0,714 до 3,65 ед. позволило увеличить её до 5,59 тыс. м² на 1 га.

Реакция растений по площади ФП колосьев на показатели ПА3-1, коэффициент засушливости, влагообеспеченности и дискомфортности описываются вогнутой кривой. При минимальных их значениях (10,4 мм, 0,07 ед., 0,74 ед., 0,5596 ед.) площадь ФП колосьев составляет 4,96–5,53 тыс. м² на 1 га, при средних снижается до 3,33–4,29 тыс. м² на 1 га, но при увеличении их до максимальных в опыте величин (64,4 мм, 0,47 ед., 1,30 ед., 0,5596 ед.) достигает наибольшей (5,59–7,37 тыс. м² на 1 га).

Площадь суммарной ФП растений по удобренному пару формировалась вне зависимости от осадков, запасов влаги к севу, суммы влаги, коэффициента влагообеспеченности, суммарного испарения и коэффициента оптимальности в связи с их достаточностью и преодоления их влияния возможностями растений яровой твёрдой пшеницы. Реакция её на остальные факторы была аналогичной реакции по неудобренному пару.

ФСП растений на этом фоне достигал наибольших величин при среднесуточной t воздуха 17,6°С, сумме температур воздуха 869°С, относительной W воздуха 67,4%, ПА3-1 – 64,4 мм, коэффициента засушливости 0,47 ед., дискомфортности – 0,5596 ед., (3218,36–3703,42 тыс. м²/га · сут.) и коэффициента технологической нагрузки – 3,84 ед. (3137,76 тыс. м²/га · сут.).

На фоне удобренного пара ЧПФ растений последовательно возрастала лишь при увеличении коэффициента дискомфортности с 0,0635 до 0,5596 ед. от 2,46 до 4,26 ед. Закономерное её снижение

вызывалось повышением среднесуточной t воздуха с 14,6 до 17,9°С от 5,85 до 2,76 г/м²/сутки, суммы влаги со 180,6 до 295,5 мм, от 4,58 до 3,43 г/м²/сутки, коэффициента влагообеспеченности с 0,74 до 1,30 ед. от 4,65 до 2,29 г/м²/сутки, и коэффициента технологической нагрузки с 0,714 до 3,84 ед. от 4,47 до 3,44 г/м²/сутки.

Повышенная ЧПФ характерна для средних значений суммы температур воздуха (1033,8°С), осадков (67,7 мм), относительной W воздуха (63,8%), ПА3-1 (39,3 мм) и коэффициента оптимальности (0,26 ед.). В этих случаях ЧПФ растений составляла 4,43–5,11 г/м²/сутки.

Запас влаги в почве, коэффициент засушливости, суммарное испарение не играли существенной роли. Они были достаточны.

Вывод. Такова общая, достаточно сложная и нередко противоречивая картина формирующихся фотосинтетических показателей яровой твёрдой пшеницы в связи с действием складывающихся погодных факторов в засушливой степи Оренбургского Зауралья. Картина эта далеко не полная и требует дополнения исследованиями в более широком диапазоне условий.

Литература

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Колос. 1979. 416 с.
2. Крючков А.Г. Погодные факторы и их связь с фотосинтетическими показателями яровой твёрдой пшеницы в степи Оренбургского Зауралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. №4 (50). С. 33–35.
3. Синицын С.С. Показатель и результаты сравнения агроклиматических условий регионов – аналогов производства высококлассной яровой пшеницы // Вестник Российской Академии сельскохозяйственных наук. 2002. № 2.
4. Алпатыев А.М. Влагооборот культурных растений. Л.: Гидрометеоздат, 1954. 248 с.