

Погодные факторы и их связь с фотосинтетическими показателями яровой твёрдой пшеницы в степи Оренбургского Зауралья

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

На протяжении целого столетия, начиная с первого научного учреждения в 1914 г. (Бузулукское опытное поле), на территории более 2 тыс. км от НИИСХ Юго-Востока до ВНИИЗХ и КИЗ (п. Шортанды и г. Алма-Ата, Казахстан) в степях Оренбургской области технология возделывания яровой твёрдой пшеницы строилась на базе данных полевых экспериментов, связанных со способами обработки почвы, нормами высева, сроками сева, предшественниками, удобрениями, средствами химзащиты, сроками и способами уборки, приёмами предпосевной обработки, сортированием семян и испытанием сортов [1–6]. При этом не обращалось особого внимания на биологические, физиологические особенности, конструкцию её посевов, без углублённого познания которых невозможен прогресс в наращивании продуктивности любой культуры. Более того, не исследовались особенности фотосинтезирующих органов растений, изменяющихся под действием погодных, почвенных факторов и технологических приёмов. Отдельные работы по вопросам фотосинтетической деятельности яровой твёрдой и мягкой пшеницы не затрагивали связи параметров фотосинтезирующих органов с погодными факторами.

В соответствии с этим и учитывая тот факт, что на размеры и показатели фотосинтетической деятельности растений яровой твёрдой пшеницы определяющее воздействие оказывают погодные факторы в засушливой степи, нами впервые проведён поиск этих зависимостей.

Материал и методы исследования. Материалом для исследования служили результаты полевого эксперимента с яровой твёрдой пшеницей сорта Оренбургская 10 за 2001–2003 гг., проведённого на базе ФГУП ОПХ «Советская Россия» по схеме: 3 срока сева × 3 нормы высева × 2 фона. Начало 1-го срока сева определяли по мере наступления физической спелости почвы, 2-срок наступал через 10 сут., 3-й – через 20 сут. после 1-го. Нормы высева семян составляли 2,5–3,5–4,5 млн всх. семян на 1 га, фоны были представлены паром почвозащитным без удобрений и паром почвозащитным удобренным P_{40} кг д.в. на 1 га.

В последующие годы проблема, поставленная в статье, продолжала изучаться, но именно в 2001–2003 гг. для формирования фотосинтетических показателей яровой твёрдой пшеницы при выращивании её по парам сложились условия выше среднего многолетнего уровня и наиболее благоприятные.

Данные о погоде были взяты из бюллетеней ГМЦ Оренбургской области по АГМС «Айдырля» и МП «Адамовка» [7]. Влажность почвы определяли путём отбора и высушивания проб по общепринятой методике. Площади фотосинтезирующей поверхности листьев определяли путём измерения длины и ширины листа с последующим расчётом по формуле Аникеева – Кутузова:

$$ПЛ=2/3Ph,$$

где P – длина листа, h – ширина листа, см.

Площадь ФП стеблей устанавливали путём перемножения длины окружности на длину стебля, а ФП колоса – по формуле параллелепипеда.

Корреляционный нелинейный анализ связей выполнен по Б.А. Доспехову (1979) [8] с вычислениями на ПЭВМ по программе Statgrafiks.

Результаты исследования. Погодные условия за годы исследования характеризовались по вариантам опыта с учётом прохождения периода посев – колосшение. Среднесуточная температура воздуха не превышала $17,9^{\circ}\text{C}$, ΣT – $1109,4^{\circ}\text{C}$, коэффициент влагообеспеченности по А.М. Алпатьеву [9] был в пределах $0,74$ – $1,3$ ед., запасы влаги в метровом слое почвы составляли $135,8$ – 169 мм, осадков выпало $44,8$ – $97,6$ мм, ПАЗ-1 (по С.С. Синецину) [10] не превышал $64,4$ мм, коэффициенты засушливости и дискомфорта по А.Г. Крючкову составляли соответственно $0,47$ ед. и $0,5596$ ед.

Урожайность яровой твёрдой пшеницы в период исследования сформировалась на уровне от $2,07$ до $3,96$ т с 1 га.

В этих условиях площадь фотосинтезирующей поверхности листьев яровой твёрдой пшеницы сорта Оренбургская 10 изменялась от $3,81$ до $34,57$ тыс. m^2 на 1 га при средней величине $12,44$ тыс. m^2 на 1 га.

Площадь ФП стеблей была в пределах $14,45$ – $62,42$ тыс. m^2 на 1 га (ср.= $37,86$ тыс. m^2 на 1 га), ФП колосьев – от $1,73$ до $8,56$ тыс. m^2 на 1 га (ср.= $4,78$ тыс. m^2 на 1 га), Σ ФП растений – от $23,53$ до $86,16$ тыс. m^2 на 1 га (ср.= $54,94$ тыс. m^2 на 1 га), ФСП растений – от $1026,5$ до 4308 тыс. $\text{m}^2/\text{га}/\text{сут.}$ (ср.= $2741,5$ тыс. $\text{m}^2/\text{га}/\text{сут.}$) и ЧПФ растений суммарной ФП растений – от $1,27$ до $7,64$ г/ $\text{m}^2/\text{сут.}$

Показатели погодных факторов и коэффициенты их взаимодействия отличались различной степенью изменчивости. В категорию слабого варьирования (до 10%) вошли относительная влажность воздуха ($v=2,69\%$), среднесуточная t воздуха ($v=5,5\%$), запас влаги в почве ($v=6,63\%$) и сумма температур воздуха ($v=7,11\%$). В категорию среднего варьирования (10–20%) оказались сумма влаги ($v=10,09\%$), среднесуточный dW воздуха

($v=10,99\%$), ΣdW воздуха ($v=14,07\%$), суммарное испарение ($v=14,08\%$), коэффициент влагообеспеченности ($v=16,04\%$). В категорию с сильной изменчивостью (20–30%) вошли осадки ($v=25,18\%$). При этом коэффициенты, выражающие взаимодействие факторов, относились к категории сильнейшей изменчивости ($>30\%$). Они составили для коэффициента технологической нагрузки 48,79%, ПА3-1 – 51,06%, а коэффициентов засушливости, дискомфорта и оптимальности – соответственно 52,93; 60,89 и 74,41%, что объясняется противоречивостью действия включённых в них факторов.

Далеко неоднозначной была и реакция растений на формирование фотосинтетических показателей своих органов под воздействием изученных погодных условий. Сильнее всего была подвержена изменениям площадь ФП листьев ($v=20,42–60,15\%$), ФП стеблей варьировала в пределах 15,24–23,71%, ФП колосьев – 15,58–24,52%, Σ ФП растений – 13,74–21,91%, ФСП – 11,56–22,17% и ЧПФ – от 11,25 до 22,27% по неудобренному пару. По удобренному пару проявилась подобная картина.

Исследование связей площади ФП листьев с изучаемыми факторами позволило установить, что её величина определяется как на фоне без удобрения, так и по удобренному P_{40} кг д.в. на 1 га пару коэффициентами дискомфорта ($\eta_{yx}=0,932$ и $0,960$), засушливости ($\eta_{yx}=0,922$ и $0,943$), ПА3-1 ($\eta_{yx}=0,907$ и $0,931$) и оптимальности ($\eta_{yx}=0,880$ и $0,888$) (табл.).

По пару без удобрений площадь ФП стеблей оказалась в сильной связи с коэффициентом засушливости ($\eta_{yx}=0,942$), относительной W воздуха ($\eta_{yx}=0,915$), коэффициентом оптимальности ($\eta_{yx}=0,854$), осадками ($\eta_{yx}=0,820$), коэффициентом технологической нагрузки ($\eta_{yx}=0,802$), суммой влаги ($\eta_{yx}=0,762$) и ПА3-1 ($\eta_{yx}=0,726$), а по удобренному пару – с относительной W воздуха ($\eta_{yx}=0,852$), коэффициентом дискомфорта ($\eta_{yx}=0,842$), коэффициентом технологической нагрузки ($\eta_{yx}=0,838$), суммой влаги ($\eta_{yx}=0,799$), коэффициентом влагообеспеченности ($\eta_{yx}=0,799$), запасом влаги к севу ($\eta_{yx}=0,766$) и коэффициентом оптимальности ($\eta_{yx}=0,750$). Средняя она была ($\eta_{yx}=0,697$) с коэффициентом засушливости.

Фотосинтезирующая поверхность колосьев по пару без удобрений зависела от ПА3-1 ($\eta_{yx}=0,860$), коэффициента засушливости ($\eta_{yx}=0,849$), коэффициента дискомфорта ($\eta_{yx}=0,801$). Более слабые относительно связи проявились с суммой dW воздуха ($\eta_{yx}=0,795$), суммой влаги ($\eta_{yx}=0,762$), среднесуточной t воздуха ($\eta_{yx}=0,751$) и суммарным испарением ($\eta_{yx}=0,748$).

По удобренному пару ФП колосьев коррелировала с коэффициентами дискомфорта ($\eta_{yx}=0,888$), засушливости ($\eta_{yx}=0,873$), технологической нагрузки ($\eta_{yx}=0,776$), ПА3-1 ($\eta_{yx}=0,761$), влагообеспеченности ($\eta_{yx}=0,740$) и суммой влаги ($\eta_{yx}=0,724$).

Суммарная ФП растений яровой твёрдой пшеницы по пару без удобрений находилась в сильной зависимости от суммы температур воздуха ($\eta_{yx}=0,870$), ПА3-1 ($\eta_{yx}=0,855$), коэффициента засушливости ($\eta_{yx}=0,843$) и относительной W воздуха ($\eta_{yx}=0,830$). Менее выражены были её зависимости от коэффициента технологической нагрузки ($\eta_{yx}=0,791$), коэффициента дискомфорта ($\eta_{yx}=0,777$), осадков ($\eta_{yx}=0,752$) и среднесуточной t воздуха ($\eta_{yx}=0,741$).

По удобренному пару роли факторов поменялись местами. Здесь сильнее всего были выражены связи с коэффициентом технологической нагрузки ($\eta_{yx}=0,866$), ПА3-1 ($\eta_{yx}=0,863$), коэффициентом дискомфорта ($\eta_{yx}=0,833$) и коэффициентом засушливости ($\eta_{yx}=0,806$), среднесуточной t воздуха ($\eta_{yx}=0,731$) и суммой температур ($\eta_{yx}=0,730$).

Величина ФСП растений по пару без удобрений была в сильной связи с относительной W воздуха ($\eta_{yx}=0,831$), коэффициентом засушливости ($\eta_{yx}=0,843$), коэффициентом технологической нагрузки ($\eta_{yx}=0,791$), осадками ($\eta_{yx}=0,752$) и коэффициентом дискомфорта ($\eta_{yx}=0,734$).

На фоне удобренного пара величина ФСП растений определялась влиянием ПА3-1 ($\eta_{yx}=0,876$), коэффициента технологической нагрузки ($\eta_{yx}=0,837$), коэффициента засушливости ($\eta_{yx}=0,823$), относительной W воздуха ($\eta_{yx}=0,741$), коэффициента дискомфорта ($\eta_{yx}=0,734$), суммы температур ($\eta_{yx}=0,728$) и среднесуточной t воздуха ($\eta_{yx}=0,732$).

Чистая продуктивность фотосинтеза яровой твёрдой пшеницы по пару без удобрений сильно и тесно коррелировала с относительной W воздуха ($\eta_{yx}=0,943$), осадками ($\eta_{yx}=0,918$), среднесуточной t воздуха ($\eta_{yx}=0,833$), суммой влаги ($\eta_{yx}=0,735$), ПА3-1 ($\eta_{yx}=0,736$) и коэффициентами: засушливости ($\eta_{yx}=0,737$), дискомфорта ($\eta_{yx}=0,769$), оптимальности ($\eta_{yx}=0,789$) и технологической нагрузки ($\eta_{yx}=0,692$).

По удобренному пару ЧПФ растений коррелировала с относительной W воздуха ($\eta_{yx}=0,866$), суммой температур воздуха ($\eta_{yx}=0,863$), осадками ($\eta_{yx}=0,843$), коэффициентом оптимальности ($\eta_{yx}=0,814$), влагообеспеченности ($\eta_{yx}=0,800$), среднесуточной t воздуха ($\eta_{yx}=0,774$), ПА3-1 ($\eta_{yx}=0,783$), суммой влаги ($\eta_{yx}=0,754$), коэффициентом дискомфорта ($\eta_{yx}=0,752$) и технологической нагрузки ($\eta_{yx}=0,745$).

Вывод. Подводя итоги анализа степени зависимости площади фотосинтезирующей поверхности отдельных органов яровой твёрдой пшеницы, можно заключить, что в пределах показателей изученных факторов погоды и их комплексных коэффициентов воздействия наиболее напряжённо складываются отношения площади ФП листьев.

Величину площади фотосинтезирующей поверхности листьев на фоне почвозащитного пара без удобрений на момент перехода к зернообразованию определяют 7 факторов, площадь ФП стеблей – 5,

Корреляционные связи площади фотосинтезирующей поверхности различных органов яровой твёрдой пшеницы с погодными факторами, их комплексными коэффициентами и технологической нагрузкой на различных агрофонах в Оренбургском Зауралье (Восточный опорный пункт, 2001 – 2003 гг.)

Факторы	Площадь листьев	Площадь стеблей	Площадь колосьев	ΣФП растений	ФСП растений	ЧПФ растений
Пар без удобрений						
Среднесуточная t воздуха, °С	0,529	0,418	0,751	0,741	0,614	0,833
ΣТ воздуха, °С	0,647	0,344	0,702	0,870	0,478	0,561
Осадки, мм	0,799	0,820	0,702	0,752	0,752	0,913
Запас влаги в почве к севу, мм	0,821	0,705	0,438	0,252	0,251	0,652
Сумма влаги, мм	0,878	0,762	0,762	0,699	0,652	0,735
Суммарное испарение, мм	0,502	0,187	0,748	0,615	0,460	0,286
Коэффициент влагообеспеченности, ед.	0,286	0,575	0,324	0,679	0,397	0,416
Относительная W воздуха, %	0,696	0,915	0,682	0,830	0,836	0,943
Среднесуточный dW воздуха, мм	0,068	0,583	0,173	0,442	0,442	0,704
ΣdW воздуха, мм	0,502	0,188	0,795	0,643	0,647	0,314
ПАЗ-1, мм	0,907	0,726	0,860	0,855	0,855	0,736
Коэффициент засухливости, ед.	0,922	0,942	0,849	0,843	0,843	0,757
Коэффициент дискомфортности, ед.	0,932	0,694	0,801	0,777	0,734	0,769
Коэффициент технологической нагрузки, ед.	0,222	0,802	0,574	0,791	0,791	0,692
Коэффициент оптимальности, ед.	0,880	0,850	0,395	0,576	0,601	0,789
Пар удобренный P ₄₀ кг. д.в. на 1 га						
Среднесуточная t воздуха, °С	0,571	0,620	0,437	0,732	0,732	0,774
ΣТ воздуха, °С	0,640	0,645	0,641	0,730	0,728	0,863
Осадки, мм	0,857	0,586	0,579	0,578	0,675	0,843
Запас влаги в почве к севу, мм	0,754	0,766	0,641	0,370	0,371	0,682
Сумма влаги, мм	0,857	0,799	0,724	0,567	0,546	0,754
Суммарное испарение, мм	0,499	0,278	0,395	0,511	0,648	0,466
Коэффициент влагообеспеченности ед.	0,328	0,799	0,740	0,494	0,477	0,800
Относительная W воздуха, %	0,739	0,852	0,677	0,795	0,741	0,866
Среднесуточный dW воздуха, мм	0,044	0,207	0,028	0,258	0,416	0,03
ΣdW воздуха, мм	0,499	0,277	0,394	0,512	0,647	0,466
ПАЗ-1, мм	0,931	0,649	0,761	0,863	0,876	0,783
Коэффициент засухливости, ед.	0,943	0,697	0,873	0,806	0,823	0,339
Коэффициент дискомфортности, ед.	0,910	0,842	0,888	0,833	0,715	0,752
Коэффициент технологической нагрузки, ед.	0,056	0,838	0,776	0,866	0,837	0,745
Коэффициент оптимальности, ед.	0,886	0,750	0,429	0,382	0,380	0,814

ФП колосьев – 3 фактора и комплексы их взаимодействия.

В число главных действующих факторов на площадь ФП листьев вошли: коэффициенты дискомфортности, засухливости, ПАЗ-1, коэффициент оптимальности, сумма влаги, её запас к севу и осадки. Для площади ФП стеблей наиболее значимыми были коэффициент засухливости, относительная W воздуха, коэффициент оптимальности, осадки и коэффициент технологической нагрузки, а для площади ФП колосьев – ПАЗ-1 (показатель атмосферной засухливости), коэф-

фициент засухливости и коэффициент дискомфортности.

Суммарную ФП растений определяли сумма температур воздуха, ПАЗ-1, коэффициент засухливости и относительная W воздуха. Для ФСП растений были наиболее важными ПАЗ-1, коэффициент засухливости и относительная W воздуха, а для ЧПФ – относительная W воздуха, осадки и среднесуточная t воздуха.

Фосфорное удобрение в дозе 40 кг д.в. на 1 га в целом способствовало снижению напряжённости коррелятивных связей по сравнению со связями

по неудобренному пару, но тем не менее отдельные из них были главенствующими. Для площади ФП листьев к ним относились коэффициент засушливости, ПАЗ-1, коэффициент дискомфортности, технологической нагрузки, сумма влаги и коэффициент влагообеспеченности, а для ФП колосьев — коэффициенты: дискомфортности и засушливости.

На площади ΣФП растений отражалось влияние коэффициента технологической нагрузки, ПАЗ-1, коэффициентов дискомфортности и засушливости.

Для ФСП растений наиболее ощутимой было действие ПАЗ-1, коэффициентов технологической нагрузки и засушливости, а для ЧПФ — суммы температур воздуха, осадков, относительной W воздуха, коэффициента оптимальности и влагообеспеченности.

Более полная картина коррелятивных связей фотосинтетических показателей яровой твёрдой пшеницы в степи Оренбургского Зауралья в фазе колошения будет получена только после проведения дальнейших исследований в группе засушливых и экстремально засушливых условий лет на этой территории.

Литература

1. Кумаков В. А. Физиологическое обоснование моделей сортов пшеницы. М.: Колос, 1985.
2. Беденко В. П. Фотосинтез и продуктивность пшеницы на Юго-Востоке Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1980. 224 с.
3. Крючков А. Г. Водопотребление яровой твёрдой пшеницы в зависимости от погодных факторов и технологических приёмов в степи оренбургского Зауралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (53). С. 34–38.
4. Жданов В. М. Урожайность твёрдой пшеницы в зависимости от предшественников в полевых севооборотах и при бесменном посеве в оренбургском Предуралье/ В. М. Жданов, В. Ю. Скороходов, Ю. В. Кафтан, Д. В. Митрофанов, Н. А. Зенкова, В. Н. Жижин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 2 (52). С. 40–43.
5. Титков В. И., Байкасов Р. К. Экономическая и энергетическая эффективность возделывания яровой твёрдой пшеницы в условиях оренбургского Предуралья и Зауралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 5 (49). С. 34–36.
6. Ничипорович А. А. Фотосинтез и вопросы интенсификации сельского хозяйства. М.: Наука, 1985. 48с.
7. Бюллетени Оренбургского гидрометеоцентра за 2001–2003 гг.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Колос. 1979. 416 с.
9. Алпатьев А. М. Влагооборот культурных растений. Л.: Гидрометеиздат, 1954. 248 с.
10. Синицин С. С. Показатель и результаты сравнения агроклиматических условий регионов — аналогов производства высококлассной яровой пшеницы // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2002. № 2.