



УДК 633.11"321":581.1.032.3

С.Б. Лепехов
S.B. Lepekhov

СОПРЯЖЁННОСТЬ ПЛОЩАДИ ВЕРХНИХ ЛИСТЬЕВ С ПРОДУКТИВНОСТЬЮ ГЛАВНОГО КОЛОСА И УРОЖАЙНОСТЬЮ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП СПЕЛОСТИ

CORRELATION BETWEEN THE SURFACE OF TOP LEAVES, MAIN SPIKE PRODUCTIVITY AND THE YIELD OF SPRING SOFT WHEAT OF DIFFERENT RIPENESS GROUPS

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, среднеспелый сорт, среднепоздний сорт, флаговый лист, предфлаговый лист, корреляция, засуха, масса зерна главного колоса, урожайность, степной экологический тип.

Keywords: spring soft wheat, mid-ripening variety, late-ripening variety, flag leaf, pre-flag leaf, correlation, drought, main spike kernel weight, yield, steppe ecological type.

В различных агроэкологических условиях 2010-2012 гг. проведено исследование сопряжённости площади верхних листьев с массой зерна главного колоса и урожайностью у среднеспелых и среднепоздних образцов яровой мягкой пшеницы. В задачи работы входило определение варьирования площади двух верхних листьев, выявление корреляционной сопряжённости размера флагового и предфлагового листа с продуктивностью главного колоса и урожайностью. Исследование включало 18 сортов в 2010 г. и 23 сорта в 2011-2012 гг. Площадь листьев измеряли по методу В.В. Аникиева, Ф.Ф. Кутузова. Установлено, что площадь двух верхних листьев яровой мягкой пшеницы в сильной степени подвержена влиянию условий произрастания. Выявлена положительная генотипическая корреляционная взаимосвязь площади флагового листа с продуктивностью главного колоса у среднеспелых генотипов. При рассмотрении трёхлетних значений признаков в группе среднеспелых сортов сопряжённость массы зерна главного колоса с площадью флагового листа – умеренная; среднепоздние генотипы с высокопродуктивным главным колосом характеризуются мелкими верхними листьями. Установлено наличие сильной отрицательной корреляционной взаимосвязи между площадью верхних листьев и урожайностью у среднепоздних генотипов. В группе среднеспелых сортов данный показатель был статистически незначим. Выявленные закономерности будут учтены при селекции сортов мягкой пшеницы для Алтайского края.

The correlation between the surface of top leaves, main spike productivity and the yield of mid-ripening and late-ripening varieties of spring soft wheat in different agro-ecological conditions was studied. The research objectives included the determination of surface variation of two top leaves and revealing the correlation between the sizes of flag and pre-flag leaves, the main spike productivity and the yield. Eighteen varieties were studied in 2010 and 23 varieties in 2011 and 2012. Leaf surface was measured according to the method of V.V. Anikiyev and F.F. Kutuzov. It was found that the size of two top leaves of spring soft wheat was largely affected by the growing conditions. Positive genotype correlation between the surface of flag leaf and the productivity of the main spike in mid-ripening genotypes was revealed. The correlation between kernel weight of the main spike and the size of flag leaf was weak, and that between kernel weight of the main spike and the size of pre-flag leaf was moderate in the group of mid-ripening varieties when the three-year average values of the characters were studied; middle-late genotypes with high productivity of the main spike had small top leaves. Strong negative correlation between the surface of top leaves and the yield of middle-late genotypes was found. This index was statistically insignificant in the group of mid-ripening genotypes. The revealed regular patterns will be taken into account when breeding spring soft wheat varieties for the Altai Region.

Лепехов Сергей Борисович, к.с.-х.н., с.н.с., лаб. селекции мягкой пшеницы, Алтайский НИИ сельского хозяйства Россельхозакадемии, г. Барнаул. E-mail: sergei.lepehov@yandex.ru.

Lepekhov Sergey Borisovich, Cand. Agr. Sci., Senior Staff Scientist, Lab. of Soft Spring Wheat Selective Breeding, Altai Research Institute of Agriculture of Rus. Acad. of Agr. Sci., Barnaul. E-mail: sergei.lepehov@yandex.ru.

Введение

Проблема соотношения засухоустойчивости и продуктивности – центральная во всей селекции яровой пшеницы для аридных зон [1]. Если в районах, относительно благопо-

лучных по водному режиму, среднегодовой вклад от селекции в урожайность для яровой пшеницы составляет не менее 1%, то в острозасушливых – около 0,2-0,3% [2].

Известно, что 90-95% веществ урожая (органические соединения) и вся запасаемая в них потенциальная химическая энергия – это трансформированные продукты фотосинтеза и преобразованная энергия солнечного света, первично усвоенная растениями [3]. Листьям принадлежит доминирующая роль в поглощении CO_2 на всём протяжении вегетации: они дают 67-70% суммарной ассимиляции посева, ими формируется около 80% сухого вещества [4]. Листья верхних ярусов гораздо сильнее влияют на величину урожая, чем листья нижних ярусов в течение всего онтогенеза пшеницы. Наибольший вклад в урожай при этом вносит флаговый лист [5].

Увеличение суммарной транспирации при большей облиственности растений в сухие годы может оказаться решающим отрицательным фактором [6]. В.В. Майминов установил, что ксероморфная структура растений у озимой пшеницы определяет её устойчивость к засухе в течение всей вегетации. Чем жёстче и продолжительнее дефицит влаги, тем существеннее зависимость между ксероморфностью сорта, элементами структуры урожая и его урожайностью в целом [7]. Однако сотрудники НИИСХ Юго-Востока пришли к выводу, что в селекции на засухоустойчивость признаки ксерофитов и эфемеров не имеют решающего значения [8]. В процессе длительной селекции в условиях южной лесостепи Западной Сибири ярко прослеживается тенденция увеличения площади листьев. Листовая поверхность продолжает расти и затухающего характера не приобрела. Последние селекционные сорта отличаются от старых больше всего размерами листьев верхних ярусов, особенно флагового листа [9].

Для Алтайского края исследования листовой поверхности носят мозаичный характер. До сих пор неизвестно, какой относительной величины верхних листьев следует придерживаться при отборе засухоустойчивых форм. Снижается ли продуктивность колоса при высоких значениях площади флагового и предфлагового листа или продолжает расти? В своих исследованиях мы поставили **цель** – поиск ответа на данный вопрос.

В **задачи** работы входило определение варьирования площади двух верхних листьев, выявление корреляционной сопряжённости размера флагового и предфлагового листа с продуктивностью главного колоса и урожайностью.

Объекты и методы

Опыт проведён на стационаре лаборатории селекции мягкой пшеницы Алтайского НИИСХ в 2010-2012 гг. Посев проводили сеялкой ССФК-7 на делянках площадью 2 м² в трёх повторениях по двум предшественникам: паровому и зерновому. Последний ис-

пользовали в качестве имитации почвенной засухи. Норма высева – 5 млн всхожих зёрен/га. Площадь флагового и второго сверху листа измеряли по методу В.В. Аникиева, Ф.Ф. Кутузова в фазе колошения у 10 растений каждой повторности [10]. Растения с измеренными листьями обозначали этикеткой. В фазе полной спелости зерна колосья отмеченных растений срезали, обмолачивали, взвешивали зерно, подсчитывали число зёрен. В эксперимент были включены следующие линии и сорта: Лютесценс 16-04 (ОмГАУ), Алтайская 100, Алтайская 50, Степная волна, Алтайская жница, Алтайская 325, Омская 36, Саратовская 29, Саратовская 68, Саратовская 71, Саратовская 72, Саратовская 73, Тулайковская золотистая – среднеспелые; Лютесценс 844 (Алтайский НИИСХ), Алтайская 105, Степная нива, Омская 28 и Фаворит – среднепоздние в 2010 г. В 2011 и 2012 гг. дополнили набор 5 среднеспелыми сортами: Степная 15, Целинная 60, Дуэт, Эритроспермум 78, Тулайковская остистая и среднепоздним ОмГАУ-90.

Метеорологические условия вегетационного периода 2010 г. характеризовались как засушливые в начале лета. В варианте по зерновому предшественнику листья нижних и средних ярусов подверглись заражению септориозом, а по паровому – мучнистая роса и септориоз поражали листья в средней степени. 2011 год был засушливым на протяжении всего периода вегетации. 2012 год характеризовался экстремальной засухой с высокими температурами в течение всей вегетации, что в значительной мере снизило урожайность у изучаемых сортов.

Результаты и их обсуждение

Площадь двух верхних листьев у сортов яровой мягкой пшеницы значительно варьирует в зависимости от погодных условий года и предшественника. В фазе колошения площадь флагового листа колебалась у группы среднеспелых генотипов от 3,5 до 12,1 см², а у среднепоздних – от 2,5 до 9,5 см². В 2010 г. к фазе колошения предфлагового листа был поражён листостебельными болезнями, что вызвало ещё более сильное варьирование его фотосинтетически активной площади. Таким образом, средовый коэффициент вариации площади двух верхних листьев мягкой пшеницы характеризуется значительными величинами (табл. 1).

Сопряжённость площади флагового листа в период колошения с продуктивностью главного колоса практически всегда носила положительный характер, но лишь в половине случаев обнаруживали статистически существенную зависимость в группе среднеспелых генотипов (табл. 2). У среднепоздних сортов не установлено статистически значимых ко-

эффициентов корреляции между этими показателями. Продуктивность главного колоса в средней и слабой степени сопряжена с площадью второго сверху листа. Зафиксировано лишь по одному достоверному коэффициенту корреляции в обеих группах спелости. Важно заметить, что ни при слабой, ни при сильной засухе не найдено существенной отрицательной корреляционной взаимосвязи площади двух верхних листьев с продуктивностью главного колоса.

Практический интерес для селекции представляет знание развития признаков в широком наборе лет и агротехнических вариантов. Расчёт генотипических коэффициентов корреляции для средних значений пар изучаемых признаков за 3 года позволил выявить несколько иную картину (табл. 2). В группе среднеспелых сортов сопряжённость как площади флагового, так и второго сверху листа с продуктивностью главного колоса статистически незначима ($r = 0,224$ и $0,387$ соответственно). Рассмотрение криволинейных зависимостей (логарифмическая, параболическая) существенным образом не сказывается на величине коэффициента корреляции. Это означает действительно невысокую взаимосвязь массы зерна главного колоса с величиной флагового листа. Среднеспелые сорта и линии с крупным верхним листом

не обязательно снизят продуктивность колоса при засухе, генотипы же с коротким и узким флагом способны снабжать колос ассимилятами либо из каких-то других источников, либо за счёт более интенсивной и/или длительной работы верхних листьев. В группе среднепоздних генотипов отмечена сильная отрицательная и значимая (при $p < 0,05$) корреляция массы зерна главного колоса с площадью флагового ($r = -0,914$) и предфлагового листа ($r = -0,977$). Следовательно, большая поверхность двух верхних листьев среднепоздних сортов, как минимум, не играет положительной роли в продукционном процессе.

При переходе от уровня продуктивности главного колоса к урожайности сортов выявленные закономерности для групп спелости сохраняются. В среднем по всем годам и агротехническим вариантам сопряжённость площади флагового листа с урожайностью среднеспелых сортов находилась на уровне умеренной и незначимой ($r = 0,404$), а с площадью второго сверху листа практически отсутствовала ($r = 0,115$). Напротив, урожайные среднепоздние генотипы характеризовались мелкими верхними листьями ($r = -0,905$ – урожайность – флаговый лист; $r = -0,777$ – урожайность – предфлаговый лист).

Таблица 1

Площадь двух верхних листьев у среднеспелой и среднепоздней групп спелости мягкой пшеницы по двум предшественникам (2010-2012 гг.) и её коэффициент вариации

Год, предшественник	Среднеспелые сорта, см ²		Среднепоздние сорта, см ²	
	флаг	предфлаг	флаг	предфлаг
2010, пар	8,8	8,7	7,0	7,5
2010, пшеница	9,2	4,6	9,5	6,3
2011, пар	12,1	13,6	9,2	11,3
2011, пшеница	6,2	6,9	4,7	5,4
2012, пар	6,6	6,5	6,7	6,6
2012, пшеница	3,5	3,6	2,5	3,0
В среднем	7,7	7,3	6,6	6,7
Cv, %	38,3	48,5	40,7	40,5

Примечание. Cv – коэффициент вариации, %.

Таблица 2

Генотипические коэффициенты корреляции массы зерна главного колоса с площадью флагового и предфлагового листа

Год, предшественник	Среднеспелая группа сортов		Среднепоздняя группа сортов	
	Мзгк-флаг	Мзгк-предфлаг	Мзгк-флаг	Мзгк-предфлаг
2010, пар	0,612*	0,300	0,398	-0,093
2010, пшеница	0,769*	0,472	0,871	0,973*
2011, пар	-0,223	0,090	0,411	0,262
2011, пшеница	0,394	0,588*	0,229	-0,181
2012, пар	0,345	0,201	0,580	0,437
2012, пшеница	0,546*	0,404	0,757	0,412
Среднемноголетнее значение признаков	0,224	0,387	-0,914*	-0,977*

Примечание. Мзгк – масса зерна главного колоса; * значимо при $p < 0,05$.

Итак, исходя из трёхлетних данных, можно заключить, что в группе среднеспелых генотипов имеется слабая тенденция роста продуктивности главного колоса и урожайности сортов при увеличении площади двух верхних листьев. Не вполне понятной остаётся отрицательная сопряжённость площади верхних листьев с продуктивностью и урожайностью в группе среднепоздних генотипов. Она может быть вызвана другими особенностями растений среднепоздних сортов: протеканием налива зерна в иных условиях, большим вкладом остальных фотосинтезирующих органов в продуктивность растения. Вероятной причиной может являться фотосинтез побегов кущения, на что указывает большее превосходство среднепоздних сортов над среднеспелыми по урожайности (+6%), чем по продуктивности главного колоса (+1%). Кроме того, литературные данные свидетельствуют о слабой устойчивости поздних форм с мощным листовым аппаратом к воздушной засухе [11].

Заключение

Площадь двух верхних листьев яровой мягкой пшеницы в сильной степени подвержена влиянию условий произрастания. Генотипическая сопряжённость площади флагового листа в период колошения с продуктивностью главного колоса положительна и в половине случаев статистически значима у среднеспелых генотипов и недостоверна у среднепоздних. При рассмотрении среднепогодных значений признаков в группе среднеспелых сортов сопряжённость массы зерна главного колоса с площадью флагового листа слабая, а с площадью предфлагового листа – умеренная; среднепоздние генотипы с высокопродуктивным главным колосом характеризуются мелкими верхними листьями. Среднепогодная урожайность среднепоздних генотипов в сильной степени отрицательно сопряжена с величиной двух верхних листьев и статистически незначимо – в группе среднеспелых сортов.

Библиографический список

1. Кумаков В.А. Физиологическое обоснование моделей сортов пшеницы. – М.: Агропромиздат, 1985. – 270 с.
2. Вьюшков А.А. Селекция яровой пшеницы в Среднем Поволжье. – Самара, 2004. – 224 с.
3. Ничипорович А.А. Потенциальная продуктивность растений и принципы оптимального её использования // Сельскохозяйственная биология. – 1979. – Т. 14. – № 6. – С. 683-694.
4. Шатилов И.С., Шаров А.Ф. Роль фотосинтезирующих органов озимой пшеницы в усвоении и накоплении CO₂ посевом // Известия ТСХА. – 1988. – № 6. – С. 35-40.

5. Жужукин В.И. К подбору исходных форм яровой пшеницы по размерам верхнего листа // Селекция и семеноводство. – 1984. – № 10. – С. 29.

6. Гудинова Л.Г., Калашник Н.А., Козлова Г.Я., Сухарёва А.В. Интегральные показатели фотосинтеза растений в оценке яровой пшеницы на продуктивность в условиях Южной лесостепи Западной Сибири: методические рекомендации. – Новосибирск, 1992. – 52 с.

7. Маймистов В.В. Зависимость между ксероморфностью флагового листа озимой пшеницы и её урожайностью при разной влагообеспеченности // Селекция и семеноводство. – 1989. – № 3. – С. 12-15.

8. Ильина Л.Г., Кузьменко А.И., Сайфуллин Р.Г. Селекция яровой пшеницы на засухоустойчивость в Саратове // Селекция и семеноводство. – 2000. – № 2. – С. 8-12.

9. Козлова Г.Я., Антипова Г.П., Белан И.А. Изменение листовой поверхности яровой мягкой пшеницы в процессе длительной селекции в условиях Южной лесостепи Западной Сибири // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 4 (90). – С. 11-16.

10. Аникиев В.В., Кутузов Ф.Ф. Новый способ определения площади листовой поверхности у злаков // Физиология растений. – 1961. – Т. 8. – Вып. 3. – С. 20-25.

11. Орлюк А.П., Лавриненко Ю.А. Наследование показателей фотосинтетической деятельности гибридами яровой пшеницы в условиях орошения // Сельскохозяйственная биология. – 1982. – Т. XVII. – № 3. – С. 309-314.

References

1. Kumakov V.A. Fiziologicheskoe obosnovanie modelei sortov pshenitsy. – M.: Agropromizdat, 1985. – 270 s.
2. V'yushkov A.A. Seleksiya yarovoi pshe-nitsy v Srednem Povolzh'e. – Samara, 2004. – 224 s.
3. Nichiporovich A.A. Potentsial'naya produktivnost' rastenii i printsiipy optimal'nogo ee ispol'zovaniya // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. – 1979. – Т. 14. – № 6. – С. 683-694.
4. Shatilov I.S., Sharov A.F. Rol' fotosinteziruyushchikh organov ozimoi pshenitsy v usvoenii i nakoplenii CO₂ posevom // Izvestiya TSKhA. – 1988. – № 6. – С. 35-40.
5. Zhuzhukin V.I. K podboru iskhodnykh form yarovoi pshenitsy po razmeram verkhnego lista // Seleksiya i semenovodstvo. – 1984. – № 10. – С. 29.
6. Gudina L.G., Kalashnik N.A., Kozlova G.Ya., Sukhareva A.V. Integral'nye pokazateli fotosintezaza rastenii v otsenke yarovoi pshe-nitsy na produktivnost' v usloviyakh Yuzhnoi

lesostepi Zapadnoi Sibiri: metodicheskie rekomendatsii. – Novosibirsk, 1992. – 52 s.

7. Maimistov V.V. Zavisimost' mezhdru kseromorfnost'yu flagovogo lista ozimoi pshenitsy i ee urozhnost'yu pri raznoi vlagooobespechenosti // Seleksiya i semenovodstvo. – 1989. – № 3. – S. 12-15.

8. Il'ina L.G., Kuz'menko A.I., Saifullin R.G. Seleksiya yarovoi pshenitsy na zasukhoustoichivost' v Saratove // Seleksiya i semenovodstvo. – 2000. – № 2. – S. 8-12.

9. Kozlova G.Ya., Antipova G.P., Belan I.A. Izmenenie listovoi poverkhnosti yarovoi myagkoi pshenitsy v protsesse dlitel'noi seleksii v uslo-

viyakh Yuzhnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – № 4 (90). – S. 11-16.

10. Anikiev V.V., Kutuzov F.F. Novyi sposob opredeleniya ploshchadi listovoi poverkhnosti u zlakov // Fiziologiya rastenii. – 1961. – Tom 8. – Vyp. 3. – S. 20-25.

11. Orlyuk A.P., Lavrinenko Yu.A. Nasledovanie pokazatelei fotosinteticheskoi deyatel'nosti gibridami yarovoi pshenitsy v usloviyakh orosheniya // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. – 1982. – T. XVII. – № 3. – S. 309-314.



УДК 579.64:573.6.086.83:631.811.98

Я.А. Коробов, Д.В. Каменёк, Л.К. Каменёк
Ya.A. Korobov, D.V. Kamenyok, L.K. Kamenyok

РОСТОСТИМУЛИРУЮЩИЙ ЭФФЕКТ ДЕЛЬТА-ЭНДОТОКСИНА BACILLUS THURINGIENSIS В ОТНОШЕНИИ ЮВЕНИЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ ПЕРЦА СТРУЧКОВОГО

GROWTH-PROMOTING EFFECT OF BACILLUS THURINGIENSIS DELTA-ENDOTOXIN ON JUVENILE PLANTS OF CAPSICUM ANNUUM

Ключевые слова: дельта-эндотоксин, *Bacillus thuringiensis*, гетероауксин, аскорбиновая кислота, ростостимулирующий эффект, семена перца стручкового, всхожесть, энергия прорастания, реактив Сальковского, реактив Жиру.

Целью исследования явилось изучение ростостимулирующего действия дельта-эндотоксина *Bacillus thuringiensis* на перец стручковый (*Capsicum annuum* L.). Главным критерием использования дельта-эндотоксина в качестве ростостимулятора растений является его экологическая безопасность. Установлено увеличение энергии прорастания и лабораторной всхожести семян при последовательном увеличении концентрации раствора дельта-эндотоксина от 0,1 до 0,7%. Далее наблюдалось уменьшение энергии прорастания и лабораторной всхожести семян при концентрации от 0,7 до 1,5%. Оценка влияния различных концентраций раствора дельта-эндотоксина на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян показала, что наиболее оптимальной и эф-

фективной для предпосевного замачивания является концентрация 0,7%. Выявлено стимулирующее действие дельта-эндотоксина *Bacillus thuringiensis*, приводящее к повышению биометрических и биохимических показателей ювенильных проростков перца стручкового. При предварительной обработке семян раствором дельта-эндотоксина в концентрации 0,7% отмечено увеличение длины корня на 18,5%, длины листа по средней жилке – на 4,8, длины стебля – на 5,5, обхвата стебля – на 30, массы проростков – на 34,5%. При постоянной обработке семян раствором дельта-эндотоксина в концентрации 0,7% отмечено увеличение длины корня на 13,9%, обхвата стебля – на 12,5, массы проростков – на 9,4%. Установлено усиление синтеза в тканях проростков растений гетероауксина на 40%, аскорбиновой кислоты – на 30%. Полученные результаты могут быть как следствием прямого стимулирующего воздействия дельта-эндотоксина на растения, так и быть вызванными общим оздоровлением растений.