

v protsesse selektsii yarovoi myagkoi pshenitsy na Yugo-Vostoke // Mezhdunarodnaya konferentsiya «Fiziologiya rastenii – osnova fitobiotekhnologii». – Penza, 2003. – S. 201-202.

9. Belan I.A., Rosseeva L.P., Rosseev V.M., Nemchenko V.V. Adaptivnyi, zasukhoustoichivyi sort yarovoi myagkoi pshenitsy Omskaya 36 // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – № 7. – S. 5-11.



УДК 581:141.631.524.01:633.11"321"(1-925.116) **О.А. Юсова, Ю.В. Фризен, И.А. Белан**  
O.A. Yusova, Yu.V. Friesen, I.A. Belan

## ПАРАМЕТРЫ ФОТОСИНТЕЗА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПИТОМНИКА КАСИБ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

### THE PHOTOSYNTHETIC PARAMETERS OF SPRING WHEAT OF THE KASIB NURSERY UNDER THE CONDITIONS OF WEST SIBERIA

**Ключевые слова:** чистая продуктивность фотосинтеза, яровая пшеница, сорт, корреляция, коэффициент хозяйственной эффективности.

**Keywords:** net photosynthetic productivity, spring wheat, variety, correlation, economic effectiveness coefficient.

Проведена оценка продуктивности фотосинтеза сортов яровой мягкой пшеницы 14-15 международного питомника КАСИБ и выделены наиболее перспективные сорта для дальнейшей селекционной работы в условия южной лесостепи Западной Сибири. С повышением интенсивности накопления растением сухой биомассы возрастает чистая продуктивность фотосинтеза ( $r = +0,402 \div +0,991$ ). Повышение данного показателя в межфазном периоде колошение-восковая спелость способствует увеличению массы зерна ( $r = +0,583 \div +0,709$ ). К снижению коэффициента хозяйственной эффективности могут привести как излишне интенсивное накопление сухой биомассы растения ( $r = -0,141 \div -0,321$ ), так и повышенные значения чистой продуктивности фотосинтеза ( $r = -0,188 \div -0,255$ ). Наиболее перспективные генотипы яровой мягкой пшеницы питомника КАСИБ: среднеранние – Челябинская ранняя и Лютеценс 1669; среднеспелые – Сигма, Лютеценс 141/03-2 (Сигма 2), Ляззат и Лютеценс 126-05; среднепоздние – Терция и Лютеценс 36.

The photosynthetic yield of spring wheat varieties 14-15 of the KASIB (Kazakhstan-Siberian Network on Wheat Improvement) International Nursery has been evaluated, and the most promising varieties for further breeding work under the conditions of the southern forest-steppe of West Siberia have been identified. With increasing intensity of plant dry biomass accumulation, the net photosynthetic yield increases ( $r = +0.402 \div +0.991$ ). The increase of this index during the interstage period of earing-waxy ripeness contributes to kernel weight increase ( $r = +0.583 \div +0.709$ ). The economic effectiveness factor may be reduced by both excessively intensive plant dry biomass accumulation ( $r = -0.141 \div -0.321$ ) and increased values of net photosynthetic yield ( $r = -0.188 \div -0.255$ ). The most promising spring wheat genotypes of the KASIB nursery are as following: middle-early Chelyaba rannaya and Lutescens 1669; mid-ripening Sigma, Lutescens 141/ 03-2 (Sigma 2), Lyazzat and Lutescens 126-05; and middle-late Tertsiya and Lutescens 36.

**Юсова Оксана Александровна**, к.с.-х.н., зав. лаб. генетики, биохимии и физиологии растений, Сибирский НИИ сельского хозяйства (ФГБНУ «СибНИИСХ»), г. Омск. Тел.: (3812) 77-60-94. E-mail: ksanajusva@rambler.ru.

**Yusova Oksana Aleksandrovna**, Cand. Agr. Sci., Head, Plant Genetics, Physiology and Biochemistry Laboratory, Siberian Research Institute of Agriculture, Omsk. Ph.: (3812) 77-60-94. E-mail: ksanajusva@rambler.ru.

**Фризен Юлия Валерьевна**, к.с.-х.н., доцент, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина; с.н.с., лаб. генетики, биохимии и физиологии, Сибирский НИИ сельского хозяйства (ФГБНУ «СибНИИСХ»), г. Омск. Тел.: (3812) 77-60-94. E-mail: yuliya-frizen@mail.ru.

**Friesen Yuliya Valeryevna**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin; Senior Staff Scientist, Siberian Research Institute of Agriculture, Omsk. Ph.: (3812) 77-60-94. E-mail: yuliya-frizen@mail.ru.

**Белан Игорь Александрович**, к.с.-х.н., вед. н.с., зав. лаб. селекции яровой мягкой пшеницы, Сибирский НИИ сельского хозяйства (ФГБНУ «СибНИИСХ»), г. Омск. Тел.: (3812) 77-60-94. E-mail: belan\_skg@mail.ru.

**Belan Igor Aleksandrovich**, Cand. Agr. Sci., Leading Staff Scientist, Head, Lab. of Spring Soft Wheat Selective Breeding, Siberian Research Institute of Agriculture, Omsk. Ph.: (3812) 77-60-94. E-mail: belan\_skg@mail.ru.

**Введение**

Скорость фотосинтеза предопределяет уровень формирования урожая. В связи с этим стимулирование процесса фотосинтеза растений служит реальной основой в решении проблемы повышения урожайности культур [1, 2]. Одним из важнейших слагаемых в формировании урожая, наряду с другими показателями, является чистая продуктивность фотосинтеза. Этот показатель характеризует динамику накопления биологического урожая в связи с фотосинтетической активностью растений, свидетельствуя о приспособленности сортов к условиям внешней среды, особенно на ранних этапах онтогенеза [3]. Характерной чертой данного показателя является то, что с изменением гидротермических условий среды и площади питания она остается величиной относительно более стабильной, чем фотосинтезирующая поверхность листьев [4]. Этот показатель, рассматриваемый в процессе онтогенеза, характеризует динамику накопления биологического урожая в связи с фотосинтетической активностью растений.

**Цель** исследований – на основе контрастных лет дать оценку продуктивности фотосинтеза генотипов яровой мягкой пшеницы 14-15 питомника КАСИБ и выделить наиболее перспективные сорта для условий южной лесостепи Западной Сибири.

**Условия, объекты и методы**

В 2013 и 2014 гг. в лаборатории генетики, биохимии и физиологии растений были проанализированы по основным физиологическим показателям сорта яровой мягкой пшеницы 14-15 питомника КАСИБ. Данный питомник представлен 49 генотипами из 17 селекционных программ России и Казахстана, по 2-3 сорта от каждого НИУ. Для решения поставленной задачи проведен учет накопления и распределения сухой надземной биомассы растений ( $W_n$ ) и массы зерна ( $W_z$ ). Рассчитаны чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) [5] и коэффициент хозяйственной эффективности (К.хоз.) [6]. Математическая обработка данных, включающая перерасчет достоверности признака и корреляционный

анализ, проведена по пособию Б.А. Доспехова в приложении Excel для ПК [7].

Вегетационный период 2013 г. можно охарактеризовать как достаточно увлажненный ( $ГТК = 0,99$ ), тогда как 2014 г., напротив, отличался недостаточным увлажнением ( $ГТК = 0,77$ ).

**Результаты и их обсуждение**

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) характеризует такое количество абсолютно сухого вещества (за вычетом на дыхание и другие потери), которое накапливается на 1 см<sup>2</sup> площади листовой поверхности за сутки. Накопление сухой биомассы в онтогенезе характеризует фотосинтетическую деятельность растений и находится в положительной взаимосвязи с их продуктивностью. Связано это с тем, что этот показатель является итоговым балансом фотосинтеза, дыхания, поступления зольных элементов и интенсивности роста.

Согласно данным наших исследований, ЧПФ возрастает от межфазного периода всходы-кущение к периоду выход в трубку-колошение от 0,33 до 3,03 г/см<sup>2</sup> в среднем по питомнику (табл. 1). В дальнейшем наблюдается снижение данного показателя до 0,46 г/см<sup>2</sup>. Погодные условия периода вегетации 2013 г. способствовали более интенсивному накоплению сухой биомассы, что подтверждается данными корреляционного анализа. Так, количество осадков оказывает более значительное влияние на данный показатель ( $r = 0,798$ ), чем температура воздуха ( $r = 0,452$ ).

Показатели ЧПФ генотипов яровой мягкой пшеницы разных групп спелости различаются. Так, среднеранние отличаются максимальным количеством абсолютно сухого вещества на 1 см<sup>2</sup> площади листовой поверхности в межфазные периоды кущение-выход в трубку (2,56 г/см<sup>2</sup>) и колошение-молочная спелость (1,80 г/см<sup>2</sup>); среднеспелые – в межфазные периоды выход в трубку-колошение и молочно-восковая спелость (3,43 г/см<sup>2</sup>). Среднепоздние, имея превышение по данному показателю в межфазный период всходы-кущение (0,35 г/см<sup>2</sup>), в дальнейшем уступают остальным группам спелости.

**Таблица 1**

**Чистая продуктивность фотосинтеза генотипов яровой мягкой пшеницы 14-15 питомника КАСИБ, в среднем за 2013, 2014 гг., г/см<sup>2</sup>**

Группа спелости	Межфазный период				
	всходы-кущение	кущение-выход в трубку	выход в трубку-колошение	колошение-молочная спелость	молочно-восковая спелость
Среднеранние	0,32	2,56	2,60	1,80	0
Среднеспелые	0,32	2,40	3,43	1,17	1,16
Среднепоздние	0,35	2,13	3,07	0,89	0,21
Среднее по питомнику	0,33	2,36	3,03	1,63	0,46
НСР <sub>05</sub>	0,03	0,13	0,26	0,25	0,08

Таблица 2

*Коэффициенты корреляции основных показателей фотосинтетической продуктивности, в среднем за 2013, 2014 гг.*

Показатель	ЧПФ				Wн				Wз
	всходы-кущение	кущение-выход в трубку	выход в трубку-колошение	колошение-восковая спелость	кущение	выход в трубку	колошение	восковая спелость	
ЧПФ	-	-	-	-	0,991	0,983	0,479	0,402	-
Wн	0,577	0,533	0,375	0,225	-	-	-	-	0,605
Wз	0,583	0,227	-0,197	0,709	0,543	0,306	0,148	0,774	-
К.хоз.	0,138	-0,188	-0,211	-0,255	0,179	-0,141	-0,085	-0,321	0,308

Примечание. Критическое значение коэффициента корреляции при  $P_{05} = 0,180$ .

Согласно данным корреляционного анализа, ЧПФ имеет тесную, близкую к функциональной, зависимость ( $r = +0,991 \div +0,983$ ) с накоплением сухой биомассы растением (Wн) в фазах кущения и выхода в трубку (табл. 2). В следующих фазах данная связь снижается до средней ( $r = +0,479 \div +0,402$ ). Также ЧПФ в межфазном периоде колошение-восковая спелость прямо пропорциональна массе зерна ( $r = +0,583 \div +0,709$ ).

Известно, что биологическая продуктивность далеко не всегда совпадает с понятием хозяйственной урожайности растений. Поэтому наравне с общей продуктивностью фотосинтеза весьма важное значение имеет ее направленность в сторону повышения фотосинтетической деятельности посевов. В качестве оценки последней используют коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза (К.хоз.), значение которого выражается в процентах выхода зерна от общей сухой надземной биомассы растения.

Значительное несовпадение биологической продуктивности с хозяйственной урожайностью растений подтверждается данными корреляционного анализа, согласно которому К.хоз. находится в слабой отрицательной зависимости в течение всего периода вегетации как с Wн ( $r = -0,141 \div -0,321$ ), так и с ЧПФ ( $r = -0,188 \div -0,255$ ). Как видно, здесь можно говорить о конкуренции органов стебля и зерном колоса при транспирации и накоплении ассимилянтов.

В таблице 3 представлены наиболее перспективные генотипы яровой мягкой пшеницы питомника КАСИБ. В группе среднеранних сорта Челябинская ранняя и Памяти Азиева имеют показатели К.хоз. на уровне стандарта (48,3-48,5%) при низкой ЧПФ (1,8-2,4 г/см<sup>2</sup>). Снижению К.хоз. указанных сортов способствовала высокая надземная биомасса растения (Wн): превышение над стандартом составило 0,8-1,9 г соответственно.

Таблица 3

*Характеристика генотипов яровой мягкой пшеницы 14-15 питомника КАСИБ по фотосинтетической продуктивности и хозяйственной эффективности, в среднем за 2013, 2014 гг.*

Сорт	Оригинатор сорта	ЧПФ, г/см <sup>2</sup>	Wз, г	Wн, г	К.хоз, %
Среднеранние					
Омская 36, st.	ФГБНУ «СибНИИСХ»	2,9	3,0	5,8	51,1
Памяти Азиева	ФГБНУ «СибНИИСХ»	2,4	3,7	7,7	48,3
Челябинская ранняя	Челябинский НИИСХ	1,8	3,2	6,6	48,5
Среднеспелые					
Омская 33, st.	ФГБНУ «СибНИИСХ»	2,2	2,9	6,3	46,2
Сигма	ФГБНУ «СибНИИСХ»	2,5	4,5	10,0	45,1
Ляззат	Зырянский ССОП ВКНИИСХ	2,2	4,3	9,2	46,7
Лютесценс 1669	Карагандинский НИИРС	1,6	3,6	8,0	45,0
Лютесценс 126-05	ОмГАУ им. П.А. Столыпина	1,7	3,4	7,2	47,2
Лютесценс 141/03-2	ФГБНУ «СибНИИСХ»	1,9	3,0	6,3	47,6
Среднепоздние					
Омская 35, st.	ФГБНУ «СибНИИСХ»	1,7	3,6	7,6	47,7
Терция	ФГБНУ «СибНИИСХ»	2,2	3,8	8,0	47,1
Лютесценс 36	Карабалыкская СОС	2,2	3,9	8,4	46,4
CV, %	-	25,0	21,2	17,1	21,3
НСР <sub>05</sub>	-	0,2	1,6	3,5	2,5

В группе среднеспелых сорт Сигма по К.хоз. на уровне стандарта (45,1%) за счет превышения по всем исследуемым параметрам фотосинтетической продуктивности. Линия Лютесценс 141/03-2, переданная в 2014 г. на Государственное сортоиспытание под названием Сигма 2, характеризуется превышением по урожайности на 0,63 т/га стандартного сорта Омская 33 и максимально высоким, среди всех исследуемых генотипов, коэффициентом хозяйственной продуктивности (47,6%). Достоверное превышение по К.хоз. на 1,6% имеет сорт Ляззат за счет высокой массы зерна ( $Wз = 4,3$  г), также данный сорт на уровне стандарта по ЧПФ ( $2,2$  г/см<sup>2</sup>). На уровне стандарта по К.хоз. сорт Лютесценс 126-05 (47,2%) за счет массы зерна ( $Wз = 3,4$  г).

В группе среднепоздних на уровне стандартного сорта Омская 35 по К.хоз. выделялись сорта Терция и Лютесценс 36 (47,1 и 46,4% соответственно). Несмотря на то, что данные сорта имеют превышение по ЧПФ на  $0,5$  г/см<sup>2</sup>, снижению К.хоз. способствует незначительная прибавка надземной сухой биомассы растений (на  $0,4-0,8$  г).

#### Выводы

1. Количество осадков оказывает более значительное влияние на накопление сухой биомассы растений ( $r = 0,798$ ), чем температура воздуха ( $r = 0,452$ ).

2. С повышением интенсивности накопления растением сухой биомассы возрастает ЧПФ ( $r = +0,402 \div +0,991$ ). Повышенные показатели ЧПФ в межфазном периоде колошение-восковая спелость способствуют увеличению массы зерна ( $r = +0,583 \div +0,709$ ).

3. К снижению К.хоз. могут привести излишне высокие показатели как  $Wн$  ( $r = -0,141 \div -0,321$ ), так и ЧПФ ( $r = -0,188 \div -0,255$ ).

4. Среднеранние сорта характеризуются высокими показателями ЧПФ в межфазные периоды кущение-выход в трубку ( $2,56$  г/см<sup>2</sup>) и колошение-молочная спелость ( $1,80$  г/см<sup>2</sup>).

5. Отличительной чертой среднеспелых сортов являются высокие показатели ЧПФ в межфазных периодах выход в трубку-колошение и молочно-восковая спелость ( $3,43$  г/см<sup>2</sup>).

6. Наиболее перспективные генотипы яровой мягкой пшеницы питомника КАСИБ: в

группе среднеранних – Челябинская ранняя и Памяти Азиева; в группе среднеспелых – Сигма, Лютесценс 141/03-2 (Сигма 2), Ляззат и линия Лютесценс 126-05; в группе среднепоздних – Терция и Лютесценс 36.

#### Библиографический список

1. Watson D.J., Writts K.J. The net assimilation rates of wild and cultivated beets // *Ann. Bot. N.S.* – 1959. – Vol. 23 (91). – P. 431-439.
2. Martin R.J. Growth of sugar beet crops in Canterbury // *New Zealand Journal of Agricultural Research.* – 1986. – Vol. 29 (3). – P. 391-400.
3. Полимбетова Ф.А. Физиологические свойства и продуктивность пшеницы в Казахстане. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1972. – 269 с.
4. Ничипорович А.А. Крупные достижения биологической науки в повышении продуктивности растений // *Экология.* – 1971. – № 1. – С. 8-14.
5. Гродзинский А.М. Краткий справочник по физиологии. – Киев: Наукова Думка, 1973. – 464 с.
6. Ничипорович А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев. – М., 1956. – 93 с.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М., 1979. – 415 с.

#### References

1. Watson D.J., Writts K.J. The net assimilation rates of wild and cultivated beets // *Ann. Bot. N.S.* – 1959. – Vol. 23 (91). – P. 431-439.
2. Martin R.J. Growth of sugar beet crops in Canterbury // *New Zealand Journal of Agricultural Research.* – 1986. – Vol. 29 (3). – P. 391-400.
3. Polimbetova F.A. Fiziologicheskie svoistva i produktivnost' pshenitsy v Kazakhstane. – Alma-Ata: Nauka KazSSR, 1972. – 269 s.
4. Nichiporovich A.A. Krupnye dostizheniya biologicheskoi nauki v povyshenii produktivnosti rastenii // *Ekologiya.* – 1971. – № 1. – S. 8-14.
5. Grodzinskii A.M. Kratkii spravochnik po fiziologii. – Kiev: Naukova Dumka, 1973. – 464 s.
6. Nichiporovich A.A. Fotosintez i teoriya polucheniya vysokikh urozhayev. – M., 1956. – 93 s.
7. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta. – M., 1979. – 415 s.

