

## РОЛЬ ФЛАГОВЫХ ЛИСТЬЕВ В ФОРМИРОВАНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM* L.)

Галина Геннадьевна Голева<sup>1</sup>  
Татьяна Григорьевна Ващенко<sup>1</sup>  
Татьяна Ивановна Крюкова<sup>1</sup>  
Александр Дмитриевич Голев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

<sup>2</sup> Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова

Представлены результаты исследований по оценке влияния флагового листа растений озимой мягкой пшеницы на продуктивность и ее элементы в условиях лесостепи ЦЧР. Исследования были начаты в 2001 г. на кафедре селекции и семеноводства Воронежского ГАУ и продолжались до 2015 г. Объект исследований – сортообразцы озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения. Линейные размеры флаговых листьев оценивали в фазе колошения, когда последний лист заканчивал свой рост и был отогнут от листового влагалища. Измерения проводили только на главном побеге 30-50 растений. Растения сортообразцов, относящиеся к разновидности *lutescens*, превосходили остистые по длине флагового листа и его площади. Однако озерненность и продуктивность колоса были выше у остистых форм. Установлена положительная сопряженность длины флагового листа с длиной и массой колоса, ширины листа с общим числом колосков, числом продуктивных колосков и продуктивностью колоса. Увеличение размера флагового листа ведет к росту продуктивности за счет повышения озерненности колоса, однако крупность зерна при этом снижается. Отсутствие флагового листа приводит к снижению крупности зерна у всех изучаемых генотипов. При селекции фотосинтетически эффективных сортов озимой пшеницы рекомендуется проводить предварительную оценку селекционного материала по предлагаемому авторами коэффициенту продуктивности флаговых листьев (МЗФЛ). Для этого на первом этапе при большом количестве исходного и селекционного материала предлагается использовать оценку ширины и длины флагового листа в баллах. Чтобы увеличение продуктивности не произошло только за счет повышения озерненности (как правило, при этом размер зерновок уменьшается), необходимо при отборе колосьев определять массу 10-20 зерен. Это позволяет выделять высокопродуктивные растения озимой пшеницы с крупным зерном и высокой интенсивностью фотосинтетической деятельности для дальнейшего их использования в селекционном процессе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: озимая мягкая пшеница, флаговый лист, продуктивность, коэффициент корреляции, разновидности безостые (*lutescens*) и остистые (*erythrosperrum*).

## FLAG LEAVES' ROLE IN THE FORMATION OF PLANT PRODUCTIVITY OF WINTER SOFT WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM* L.)

Galina G. Goleva<sup>1</sup>  
Tatiana G. Vashchenko<sup>1</sup>  
Tatiana I. Kryukova<sup>1</sup>  
Alexander D. Golev<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

<sup>2</sup> Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

The authors present the results of studies on evaluating the influence of flag leaves of winter soft wheat plants on productivity and its elements in the forest steppe of the Central Chernozem Region. Investigations were initiated in 2001 on the experimental field plots of the Department of Plant and Seed Selection Breeding of Voronezh State Agrarian University and continued until 2015. The object of research included varieties of winter soft wheat of different ecological and geographical origin. Linear dimensions of flag leaves were evaluated in the phase of earing, when the last leaf terminated its growth and was bent away from the sheath. Measurements were carried out only on the main shoot of 30-50 plants. Plants of varieties belonging to awnless species were superior to awned ones in terms of flag leaf length and its area. However, the ear grain content and ear productivity of awned forms were higher. The authors have established positive connection between the flag leaf length and the length and weight of the ear, the leaf width and the total number of spikelets, the number of productive spikelets and ear productivity. An increase in the size of the flag leaf leads to an increase in productivity due to higher ear grain content, but the grain

size decreases at the same time. Flag leaf absence leads to a decrease in grain size in all the studied genotypes. When breeding photosynthetically efficient varieties of winter wheat it is recommended to perform a preliminary assessment of the breeding material using the coefficient of flag leaf productivity proposed by the authors. For this purpose, having a large amount of initial and breeding material during the first stage it is proposed to use scoring of flag leaf width and length. Productivity increase should be due not only to an increase in ear grain content (which is usually associated with reduced grain size), thus during the ear selection it is necessary to determine the weight of 10-20 grains. This allows identifying the most high-yielding winter wheat plants with large grains and highly intensive photosynthetic activity for further use in the process of selection.

KEY WORDS: winter soft wheat, flag leaf, productivity, correlation coefficient, awnless (*lutescens*) and awned (*erythrosperrum*) varieties.

**У**рожай сельскохозяйственных культур формируется благодаря фотосинтетической деятельности растений. Ассимилирующими органами озимой пшеницы являются не только листья, но и стебель, колос, влагалища листьев, ости. При этом значение каждого из этих органов в процессе фотосинтеза зависит от этапа развития растений.

По мнению многих исследователей [2, 14, 16, 22], до 90-95% сухой массы урожая создается благодаря фотосинтезу листьев. Поэтому величину ассимилирующей поверхности растений зачастую характеризуют только площадью листьев, о чем свидетельствует большое число работ, посвященных изучению влияния площади листьев на урожайность, продуктивность и ее элементы. В результате этих исследований было установлено наличие положительной сопряженности между урожаем и площадью листовой поверхности от сильной ( $r = 0,95-0,98$ ) до средней ( $r = 0,45-0,56$ ) [5, 6, 7, 16]. В связи с этим рекомендуется создавать такие условия для растений, чтобы этот показатель в посевах озимой пшеницы быстро достигал 40-60 тыс. м<sup>2</sup>/га.

Однако большая площадь листьев, по мнению С.Ф. Лыфенко, может приводить к падению засухоустойчивости и жаростойкости растений [11]. По данным В.В. Маймистова, засухоустойчивые генотипы в период налива зерна имеют повышенные, но не самые высокие показатели облиственности [12]. В это время ассимилирующая поверхность формируется в основном за счет двух верхних листьев, размеры которых тесно коррелируют с продуктивностью колоса [8, 9]. При этом коэффициенты корреляции между площадью листьев, массой зерна с колоса, его озерненностью и массой 1000 зерен составляют соответственно +0,65-0,97; +0,48-0,97 и +0,22-0,96 [4]. В связи с этим делается вывод о необходимости создания хорошо облиственных сортов с максимально долгим сохранением жизнеспособных листьев.

По мнению некоторых других ученых, увеличение площади листьев не всегда ведет к повышению урожая зерна [1, 5, 7]. Согласно опубликованным данным листья играют важную роль в фотосинтезе только в первой половине вегетации злаков, а начиная с фазы колошения все большее значение приобретают другие органы – колос и стебель [10, 19, 20]. При этом доля колоса в снабжении зерновок пластическими веществами составляет, по данным разных авторов, от 10-40 до 50-60% и даже 90% [18, 20].

По мнению В.И. Лукьянюка и В.Е. Долгодворова, после фазы колошения суточные приросты сухого вещества обусловлены в значительной мере продуктивностью фотосинтеза на единицу листовой поверхности [10]. Поэтому при создании высокопродуктивных форм озимой пшеницы большое значение приобретает отбор и создание форм с высокой фотосинтетической активностью, способных при хорошей, но не чрезмерной, облиственности формировать высокий урожай зерна [16].

Таким образом, проведенный анализ научной литературы показал, что единого мнения о роли листьев в формировании продуктивности злаковых культур нет. Все это и обусловило цель исследований, которая состояла в оценке роли флагового листа в формировании продуктивности растений озимой мягкой пшеницы в условиях лесостепи ЦЧР.

Исследования были начаты в 2001 г. на кафедре селекции и семеноводства Воронежского ГАУ и продолжались до 2015 г. Объект исследований – сортообразцы озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения.

Агротехника в полевых опытах – общепринятая для ЦЧР. Предшественник – чистый пар, норма высева – 5 млн шт. всхожих семян на 1 га.

Линейные размеры флаговых листьев оценивали в фазе колошения, когда последний лист заканчивал свой рост и был отогнут от листового влагалища. Измерения проводили только на главном побеге 30-50 растений. Затем с помощью коэффициента 0,67 вычисляли площадь листа.

Учеты, наблюдения, лабораторно-сноповой анализ растений проводили по методике Государственного сортоиспытания [13], статистический анализ данных – с помощью пакета STATISTICA 6.1. Сопряженность признаков оценивали с помощью непараметрического коэффициента корреляции Спирмена.

Качественную оценку тесноты связи проводили по шкале Чеддока [23] (табл. 1).

**Таблица 1. Показатели тесноты связи согласно шкале Чеддока**

Показатели тесноты связи	0,1-0,3	0,31-0,5	0,51-0,7	0,71-0,9	0,91-0,99
Характеристика силы связи	Слабая	Умеренная	Заметная	Высокая	Весьма высокая
		Средняя			

В производственных условиях выращивают сорта озимой пшеницы в основном двух разновидностей: *lutescens* (безостые) и *erythrosperrum* (оститые). Считается, что преимущество остистых форм проявляется при преждевременном отмирании листьев (во время засухи, в результате развития болезней и т.д.). В этом случае фотосинтетическая деятельность всех частей колоса, в том числе и остей, играет существенную роль. У остистых форм пшеницы повышение фотосинтетической активности по сравнению с безостыми может составлять около 10% [3].

По нашим наблюдениям фактор «разновидность» ежегодно оказывал достоверное влияние только на показатель «длина флагового листа». В отношении площади и ширины листьев он имел значимое влияние лишь в отдельные годы (табл. 2).

**Таблица 2. Оценка значимости влияния фактора «разновидность» на линейные размеры флагового листа озимой пшеницы \***

Параметры флагового листа	Уровень значимости (P)			
	2001 г.	2002 г.	2003 г.	Среднее за 3 года
Длина	0,00	0,00	0,00	0,00
Ширина	0,10	0,83	0,00	0,02
Площадь	0,01	0,24	0,02	0,01

\*Представлены уровни значимости (P), величина которых менее 0,05%, что свидетельствует о достоверном влиянии фактора.

Растения сортообразцов, относящиеся к разновидности *lutescens* (безостые), превосходили остистые по длине флагового листа и его площади, а в 2001 и 2003 гг. – и по его ширине. Однако озерненность и продуктивность колоса была выше у остистых форм. По массе 1000 зерен остистые формы (*erythrosperrum*) не уступали безостым, а в 2002 г. даже превосходили их (табл. 3).

Несмотря на меньшую площадь флагового листа остистые сортообразцы были более продуктивными, в основном за счет большей озерненности колоса.

Площадь листьев часто используют в качестве одного из показателей фотосинтетической деятельности растений, результатом которой является формирование урожая зерна. В связи с этим установление сопряженности между величиной ассимилирующей поверхности растения, и в частности флагового листа, с продуктивностью и ее элементами необходимо для разработки модели вновь создаваемых засухоустойчивых сортов озимой пшеницы, что особенно важно для зоны ЦЧР, в которой засухи наблюдаются все чаще, особенно в последнее десятилетие.

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

**Таблица 3. Хозяйственно-биологические признаки сортообразцов озимой мягкой пшеницы в зависимости от разновидности**

Показатель	2001 г.		2002 г.		2003 г.		Среднее 2001-2003 гг.	
	<i>Erythrospermum</i>	<i>Lutescens</i>	<i>Erythrospermum</i>	<i>Lutescens</i>	<i>Erythrospermum</i>	<i>Lutescens</i>	<i>Erythrospermum</i>	<i>Lutescens</i>
Урожайность, ц/га	52,7	45	23,8	15,7	13,8	14,2	30,1	25
Длина главного колоса, см	8,1	8,3	8,4	8,4	8,2	8,2	8,2	8,3
Число колосков, шт.	18,3	18,6	18,8	18,1	16,0	15,8	17,7	17,5
Число неразвитых колосков, шт.	2,1	2,0	2,5	2,9	2,2	2,0	2,3	2,3
Число развитых колосков, шт.	16,2	16,6	16,3	15,2	13,7	13,8	15,4	15,2
Число зерен с колоса, шт.	28,7	25,6	29	22,1	31,9	30,9	29,9	26,2
Масса зерна с колоса, г	1,33	1,23	1,43	0,99	1,37	1,26	1,38	1,16
Масса 1000 зерен, г	48,6	48,2	43,2	40,0	38,3	38,0	43,4	42,1
Длина флагового листа, см	20,1	21,7	17,1	18,3	16,3	17,9	17,9	19,3
Ширина флагового листа, см	1,34	1,42	1,34	1,34	1,20	1,24	1,30	1,30
Площадь флагового листа, см <sup>2</sup>	18,0	20,6	15,5	16,5	13,1	14,9	15,5	17,3

В ходе исследований была установлена достоверная положительная связь средней силы показателя ширины флагового листа с общим числом и числом продуктивных колосков, массой 1000 зерен у сортообразцов обеих разновидностей (табл. 4).

**Таблица 4. Коэффициенты корреляции параметров флагового листа с продуктивностью и ее элементами сортообразцов озимой мягкой пшеницы в зависимости от разновидности**

Параметры флагового листа	Разновидность	Коэффициент корреляции	Урожайность	Длина главного колоса	Число				Масса	
					колосков в колосе			зерен в колосе	зерна с колоса	1000 зерен
					всего	непродуктивных	продуктивных			
Длина	<i>Lutescens</i>	Спирмена	<b>0,69</b>	0,25	<b>0,48</b>	-0,11	<b>0,55</b>	0,16	<b>0,36</b>	<b>0,52</b>
		Частный	<b>0,59</b>	0,10	0,23	-0,11	<b>0,29</b>	0,20	<b>0,29</b>	<b>0,32</b>
	<i>Erythrospermum</i>	Спирмена	<b>0,74</b>	0,14	0,22	-0,14	0,29	<b>-0,35</b>	-0,04	<b>0,46</b>
		Частный	<b>0,67</b>	0,06	0,03	-0,14	0,08	<b>-0,39</b>	-0,29	<b>0,37</b>
Ширина	<i>Lutescens</i>	Спирмена	<b>0,39</b>	0,24	<b>0,57</b>	0,04	<b>0,59</b>	-0,10	0,12	<b>0,55</b>
		Частный	0,12	0,15	<b>0,40</b>	-0,01	<b>0,41</b>	-0,19	-0,03	<b>0,37</b>
	<i>Erythrospermum</i>	Спирмена	<b>0,40</b>	0,27	<b>0,46</b>	-0,15	<b>0,50</b>	0,16	0,32	<b>0,44</b>
		Частный	0,21	0,19	<b>0,46</b>	-0,01	<b>0,48</b>	<b>0,35</b>	<b>0,44</b>	0,09
Площадь	<i>Lutescens</i>	Спирмена	<b>0,64</b>	<b>0,27</b>	<b>0,57</b>	-0,06	<b>0,63</b>	0,05	<b>0,28</b>	<b>0,59</b>
		Частный	<b>0,65</b>	0,22	<b>0,54</b>	-0,12	<b>0,59</b>	0,03	<b>0,27</b>	<b>0,60</b>
	<i>Erythrospermum</i>	Спирмена	<b>0,69</b>	0,21	<b>0,40</b>	-0,19	<b>0,47</b>	-0,16	0,09	<b>0,50</b>
		Частный	<b>0,70</b>	0,20	<b>0,39</b>	-0,12	<b>0,44</b>	-0,08	0,12	<b>0,41</b>

Примечание: выделены значимые на 5% уровне коэффициенты корреляции

Достоверная положительная связь длины флагового листа с числом продуктивных колосков отмечена только у безостых форм ( $r_s = 0,55$ ;  $r_c = 0,29$ ) и отрицательная с озерненностью колоса у остистых сортообразцов ( $r_s = -0,35$ ;  $r_c = -0,39$ ).

Ежегодно наблюдалась положительная умеренная связь между длиной главного колоса и массой 1000 зерен.

Расчет коэффициентов корреляции, проводимый по частным средним, часто искажает фактически существующие связи, поскольку оценивается взаимосвязь признаков не конкретного организма, а неких модельных объектов, полученных в результате усреднения. При этом листья измеряются на одних растениях, а структурный анализ проводится на других. В этом случае невозможно достоверно оценить коррелятивные связи между признаками.

Для устранения этого недостатка в полевых опытах в 2009-2015 гг. на побегах, отмеченных в поле этикетками, в фазе колошения, то есть в момент максимального развития флаговых листьев, было проведено их измерение. После созревания в лабораторных условиях проводили структурный анализ отмеченных растений.

Установлено, что на величину и направление корреляционной связи большое влияние оказывают условия выращивания растений, а также особенности генотипа сортообразцов. На наш взгляд, только корреляции, которые проявляются ежегодно, независимо от состава выборки могут служить надежной основой для отбора растений при селекции озимой пшеницы.

Ежегодно мы отмечаем положительную связь длины флагового листа с длиной главного колоса; ширины листа с числом колосков, в том числе с числом продуктивных колосков, а также озерненностью колоса, его продуктивностью и отрицательную – с числом непродуктивных колосков; площади листа с длиной главного колоса, числом колосков, в том числе с числом продуктивных колосков, озерненностью и продуктивностью колоса (табл. 5).

**Таблица 5. Коэффициенты корреляции между параметрами флагового листа, продуктивностью и ее элементами**

Признак		Год				
		2009	2010	2011	2012	2015
Длина флагового листа						
Высота растения		0,05	0,03	0,04	-0,03	-0,09
Длина главного колоса		0,26	<b>0,48</b>	<b>0,18</b>	<b>0,21</b>	<b>0,37</b>
Число	колосков	<b>0,30</b>	0,20	-0,05	0,12	<b>0,17</b>
	непродуктивных колосков	-0,06	-0,24	-0,11		0,04
	продуктивных колосков	0,28	<b>0,30</b>	0,01		0,09
	зерен колоса	0,22	<b>0,39</b>	-0,02	<b>0,28</b>	<b>0,20</b>
Масса	колоса	<b>0,31</b>	<b>0,44</b>	0,13		
	зерна колоса	0,22	<b>0,39</b>	0,04	<b>0,29</b>	<b>0,22</b>
	1000 зерен	0,16	0,02	0,07	0,15	0,05
Ширина флагового листа						
Высота растения		-0,08	<b>0,4</b>	<b>-0,47</b>	<b>-0,19</b>	-0,10
Длина главного колоса		0,02	<b>0,44</b>	0,15	<b>0,53</b>	<b>0,63</b>
Число	колосков	<b>0,45</b>	<b>0,35</b>	<b>0,27</b>	<b>0,54</b>	<b>0,53</b>
	непродуктивных колосков	-0,27	<b>-0,30</b>	-0,12	-	<b>-0,23</b>
	продуктивных колосков	<b>0,47</b>	<b>0,41</b>	<b>0,25</b>	-	<b>0,48</b>
	зерен колоса	<b>0,46</b>	<b>0,56</b>	<b>0,29</b>	<b>0,42</b>	<b>0,50</b>
Масса	колоса	<b>0,41</b>	<b>0,62</b>	<b>0,25</b>	-	-
	зерна колоса	0,25	<b>0,68</b>	<b>0,21</b>	<b>0,46</b>	<b>0,39</b>
	1000 зерен	-0,10	0,25	<b>-0,22</b>	0,07	0,02
Площадь флагового листа						
Высота растения		-0,05	0,20	<b>-0,24</b>	-0,11	-0,12
Длина главного колоса		0,13	<b>0,54</b>	<b>0,20</b>	<b>0,41</b>	<b>0,58</b>
Число	колосков	<b>0,46</b>	<b>0,32</b>	0,11	<b>0,35</b>	<b>0,39</b>
	непродуктивных колосков	-0,25	<b>-0,32</b>	-0,13	-	-0,07
	продуктивных колосков	<b>0,47</b>	<b>0,42</b>	0,14	-	<b>0,30</b>
	зерен колоса	<b>0,41</b>	<b>0,53</b>	0,15	<b>0,44</b>	<b>0,39</b>
Масса	колоса	<b>0,44</b>	<b>0,57</b>	<b>0,22</b>	-	-
	зерна колоса	0,27	<b>0,57</b>	0,15	<b>0,49</b>	<b>0,36</b>
	1000 зерен	-0,01	0,10	-0,08	<b>0,21</b>	0,05

Примечание: выделены значимые на 5% уровне коэффициенты корреляции.

С помощью кластерного анализа все изучаемые растения по ширине флагового листа были разбиты на три кластера (табл. 6).

**Таблица 6. Характеристика кластеров сортообразцов озимой пшеницы по продуктивности и ее элементам**

Признак	№ кластера		
	1	2	3
Длина флагового листа, см	16,7	18,7	20,0
Ширина флагового листа, см	1,17	1,45	1,73
Высота растения, см	78,9	76,4	70,4
Длина главного колоса, см	8,3	8,8	9,3
Число колосков в колосе, шт.	16,2	17,2	18,0
Число непродуктивных колосков в колосе, шт.	1,34	1,11	0,87
Число продуктивных колосков в колосе, шт.	14,9	16,1	17,2
Число зерен колоса, шт.	36,4	41,3	45,8
Масса зерна колоса, г	1,50	1,71	1,85
Масса 1000 зерен, г	51,0	51,0	40,0

Проведенная группировка позволила установить, что с увеличением ширины флагового листа увеличиваются длина листа и главного колоса, общее число продуктивных колосков, озерненность и продуктивность колоса, при этом снижается высота растения, число непродуктивных колосков и масса 1000 зерен. Следовательно, увеличение размера флагового листа ведет к росту продуктивности за счет повышения озерненности колоса, однако крупность зерна при этом снижается.

Оценить роль флагового листочка в формировании продуктивности растений озимой пшеницы позволили исследования, проведенные в 2013-2015 гг. В фазе колошения у изучаемых растений были удалены верхние листья. Результаты оценки продуктивности и ее элементов у растений озимой пшеницы при отсутствии флагового листа приведены в таблице 7.

Структурный анализ созревших растений показал, что в 2013 г. при отсутствии флагового листа произошло снижение продуктивности колоса только у безостых форм и в основном за счет уменьшения массы 1000 зерен (табл. 7).

У сортообразцов разновидности *erytrospermum* масса зерна с колоса не снизилась, а у некоторых генотипов (Ариадна, Фантазия Одесская, Коротышка) даже увеличилась за счет повышения озерненности колоса.

В 2014 г. практически у всех сортообразцов при отсутствии флагового листа произошло снижение массы 1000 зерен. У четырех номеров отмечено снижение числа непродуктивных колосков и у трех генотипов – озерненности и продуктивности колоса. Только три сортообразца снизили свою продуктивность, а у двух, наоборот, она увеличилась.

В 2015 г. все образцы характеризовались снижением массы 1000 зерен и продуктивности колоса. Отсутствие флагового листа у разных генотипов приводило как к увеличению, так и снижению остальных элементов продуктивности (табл. 7).

Таким образом, отсутствие флагового листа ежегодно приводило к снижению крупности зерна всех изучаемых генотипов, причем значительное уменьшение массы 1000 зерен (в среднем на 10 г) отмечено в 2014-2015 гг. у безостых форм.

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Таблица 7. Продуктивность и ее элементы у растений озимой пшеницы при отсутствии флагового листа

Номер делянки	Сортообразец	Разновидность	Наличие/отсутствие флагового листа	Число колосков, шт.			Масса, г		Число зерен в колосе, шт.	
				всего	непродуктивных	продуктивных	зерна с колоса	1000 зерен		
2013 г.										
1	Ариадна	<i>Erythrospermum</i>	+	Не определяли	1,29	48,5	26,6			
			-		1,59	46,3	34,4			
2	Одесская 267		+		1,15	48,1	23,9			
			-		1,15	46,7	24,6			
3	Старшина К1-09		+		1,32	43,2	30,6			
			-		1,37	41,5	33,0			
4	Фантазия Одесская		+		1,11	44,1	25,3			
			-		1,31	42,9	30,6			
5	Остистая Белогорья		+		2,00	51,2	39,1			
			-		2,00	47,8	41,8			
	Коротышка	+	1,44	46,1	31,0					
		-	1,62	45,3	29,4					
	ТМ-04	<i>Lutescens</i>	+	1,50	48,4	31,2				
			-	1,39	47,4	35,8				
2	Тарасовская 87		+	1,63	46,3	35,2				
			-	1,30	45,3	28,8				
2014 г.										
1	Воронежская 4 / Диалог	<i>Erythrospermum</i>	+	18,0	1,9	16,1	0,98	34,0	29,0	
				-	17,5	1,6	15,9	0,80	27,0	30,1
2				+	18,0	2,1	15,9	1,28	33,0	39,0
				-	18,4	2,6	15,8	0,73	29,0	25,7
3				+	19,1	3,0	16,1	0,93	29,8	31,1
				-	19,1	2,5	16,6	0,91	30,0	30,7
4	Тарасовская 29 × (Полукарлик × Воронежская 4)	<i>Erythrospermum</i>	+	18,5	2,0	16,4	1,07	34,0	31,2	
				-	19,7	2,1	17,7	1,10	31,0	35,5
5				+	19,2	2,8	16,4	0,92	31,0	29,9
				-	19,9	2,4	17,4	1,06	29,0	36,4
6		+	16,2	2,7	13,5	0,66	30,0	22,1		
		-	17,1	1,8	15,3	0,84	29,0	29,0		
7	Московская 56 / Нана	<i>Lutescens</i>	+	16,3	0,9	15,4	1,43	37,0	38,9	
				-	17,4	1,2	16,2	0,93	28,0	35,1
2015 г.										
1	Московская 56 / Нана	<i>Lutescens</i>	+	17,0	1,3	15,7	1,46	51,0	28,6	
				-	16,8	1,6	15,2	1,29	41,2	31,2
2	Белгородский НИИСХ-1 / Тарасовская 89	<i>Erythrospermum</i>	+	19,5	3,0	16,5	1,45	39,2	36,9	
				-	20,1	2,8	17,3	1,19	37,8	31,3
3	Тарасовская 29 × (Полукарлик × Воронежская 4)	<i>Erythrospermum</i>	+	19,6	2,5	17,1	1,77	44,3	39,9	
				-	19,2	2,7	16,4	1,51	38,5	39,1
4	Алая заря	<i>Milturum</i>	+	20,4	2,2	18,2	1,51	42,1	35,9	
				-	19,9	3,0	16,8	1,13	33,2	34,0

Влияние флагового листа на величину других элементов продуктивности зависело от генотипа и экологических условий вегетации.

Еще в 1974 г. А.А. Ничипорович [16] указывал на то, что сорта пшеницы имеют разную интенсивность фотосинтеза: у одних форм пшеницы на 1 м<sup>2</sup> площади листьев приходится 50 г зерна, у других – 150 г.

Для характеристики этого свойства растений озимой пшеницы нами были введены два коэффициента: число зерен (ЗФЛ) и масса зерна с колоса (МЗФЛ) в расчете на 1 см<sup>2</sup> флагового листа, по величине которых сортообразцы разновидности *erythrosperrum* превосходили безостые формы (табл. 8).

**Таблица 8. Характеристика разновидностей озимой пшеницы по коэффициентам интенсивности фотосинтеза**

Показатель	2001 г.		2002 г.		2003 г.		2001-2003 гг.	
	<i>Erythrosperrum</i>	<i>Lutescens</i>	<i>Erythrosperrum</i>	<i>Lutescens</i>	<i>Erythrosperrum</i>	<i>Lutescens</i>	<i>Erythrosperrum</i>	<i>Lutescens</i>
ЗФЛ, шт./см <sup>2</sup>	1,62	1,26	1,89	1,35	2,46	2,1	2,00	1,60
МЗФЛ, г/см <sup>2</sup>	0,08	0,06	0,09	0,06	0,11	0,09	0,09	0,07

Данные, приведенные в таблице 8, свидетельствуют о более высокой эффективности фотосинтетической деятельности остистых форм. Вероятно, это связано с наличием у них дополнительного фотосинтезирующего органа – остей, роль которых в период налива зерна, когда происходит отмирание флаговых листьев, возрастает. Кроме того, меньшая площадь листьев остистых сортообразцов способствует снижению потерь влаги в ходе транспирации, что имеет большое значение в условиях засухи.

Следует отметить, что преимущество остистых форм по урожайности, озерненности, продуктивности и коэффициентам ЗФЛ и МЗФЛ отмечалось в среднем для всех изучаемых сортообразцов. При этом среди генотипов обеих разновидностей были как высоко-, так и низкопродуктивные генотипы, о чем свидетельствуют данные, приведенные в таблице 9.

**Таблица 9. Характеристика сортообразцов озимой пшеницы по коэффициентам ЗФЛ и МЗФЛ**

Сортообразец	Разновидность	ЗФЛ, шт./см <sup>2</sup>	МЗФЛ, г/см <sup>2</sup>	Масса, г	
				зерна колоса	1000 зерен
1	2	3	4	5	6
DOGU88//TX71A374.4/TX71A	<i>Tr. Ae. Erythrosperrum</i>	1,5	0,072	1,15	40,7
TSI/VEE//1D13.1/MLT/4/HYS/NO//LV11/3/KVZ/HYS		1,9	0,080	1,11	37,0
ZHETYSU		2,0	0,108	1,62	44,7
Августа		2,4	0,093	1,35	38,9
Волжская 100		2,7	0,115	1,62	41,7
Волжская 16		1,9	0,092	1,32	45,4
Волжская 29		1,4	0,074	1,10	49,1
Доминанта		3,9	0,155	1,51	39,9
Жнея		2,5	0,098	1,55	36,5
Остистая Белогорья		2,4	0,107	1,52	44,4
Прикумская 115		2,1	0,095	1,30	45,6
Саратовская остистая		2,0	0,101	1,73	49,3
Символ Одесский		2,1	0,086	1,29	45,6
Украинка Одесская		2,3	0,095	1,51	37,9
Фантазия Одесская		2,1	0,099	1,48	45,1

1 Сортообразец	2 Разновидность	3 ЗФЛ, шт./см <sup>2</sup>	4 МЗФЛ, г/см <sup>2</sup>	5 Масса, г		6
				зерна колоса		
				1000 зерен		
Тарасовская 29 (st)	<i>Tr. Ae. Lutescens</i>	1,6	0,067	1,17	48,2	
9852-1		1,7	0,063	1,06	38,9	
9889-1		1,6	0,062	0,84	37,8	
FRUNZENSKAYA 60		1,4	0,060	1,03	41,1	
Mulan		3,3	0,129	1,76	39,8	
Nord 99314/128		2,7	0,098	1,53	37,5	
Pagode		2,5	0,106	1,49	41,2	
ТХ53/89-2		1,4	0,064	1,13	44,9	
ww 3734		2,7	0,101	1,76	38,9	
Багратионовская		1,3	0,060	1,08	44,3	
Воронежская 47		1,5	0,070	1,23	45,6	
Докучаевская Юбилейная		1,3	0,048	0,79	39,2	
Донсимб		1,6	0,067	1,00	43,1	
Дуслык		1,6	0,071	1,29	40,0	
Ершовская 6		2,0	0,092	1,22	41,5	
Исетская		1,4	0,061	1,22	40,5	
Колышенка		1,8	0,083	1,49	43,4	
Нана		1,5	0,066	1,16	43,0	
Оренбургская 105		1,6	0,066	1,03	38,7	
Оренбургская 14		1,9	0,083	1,24	37,6	
Половчанка	1,6	0,078	1,34	45,9		
Смуглянка	1,5	0,069	1,33	45,4		

На величину коэффициентов ЗФЛ и МЗФЛ достоверное влияние оказывали все изучаемые факторы, в том числе и генотип (табл. 10).

**Таблица 10. Влияние условий вегетации и генотипа на величину коэффициентов ЗФЛ и МЗФЛ (по данным дисперсионного анализа)**

Фактор	SS	Degree of Freedom	MS	F	P
МЗФЛ					
Intercept	3,5	1	3,5	289,0	0,00
Год	0,3	2	0,2	14,3	0,00
Генотип	0,1	2	0,1	4,4	0,01
Год × генотип	0,2	4	0,0	3,3	0,01
Error	2,8	235	0,0		
ЗФЛ					
Intercept	2241,0	1	2241,0	352,6	0,00
Год	198,5	2	99,2	15,6	0,00
Генотип	58,8	2	29,4	4,6	0,01
Год × генотип	72,2	4	18,1	2,8	0,03
Error	1506,4	237	6,4		

Все изучаемые генотипы по величине коэффициента МЗФЛ были разделены на шесть кластеров. Для этого был применен кластерный анализ (метод К-средних). Функцию классификации определяли с помощью дискриминантного анализа.

Несмотря на то что распределение образцов по кластерам проводилось только по коэффициенту МЗФЛ, выделенные группы сортообразцов различались по площади флагового листа, продуктивности и озерненности главного колоса (табл. 11).

**Таблица 11. Характеристика кластеров сортообразцов озимой мягкой пшеницы по продуктивности и ее элементам**

Показатели	№ кластера					
	1	2	3	4	5	6
МЗФЛ, г/см <sup>2</sup>	0,031	0,054	0,068	0,079	0,098	0,126
Длина флагового листа, см	20,2	20,4	18,9	18,8	17,6	16,3
Ширина флагового листа, см	1,42	1,38	1,36	1,28	1,24	1,25
Площадь флагового листа, см <sup>2</sup>	19,3	19,0	17,2	16,2	14,6	13,6
ЗФЛ, шт./см <sup>2</sup>	0,73	1,22	1,56	1,84	2,14	2,69
Высота растения, см	100,5	92,4	91,2	102,2	93,6	76,1
Длина главного колоса, см	8,3	8,1	8,0	8,5	8,5	8,2
Число колосков в колосе, шт.	18,0	17,5	17,8	17,6	17,2	17,5
Число непродуктивных колосков в колосе, шт.	3,3	2,2	2,2	2,4	2,4	1,8
Число продуктивных колосков в колосе, шт.	14,7	15,3	15,6	15,3	14,8	15,7
Число зерен колоса, шт.	14,2	22,8	26,5	29,6	30,8	36,2
Масса зерна колоса, г	0,60	1,03	1,17	1,28	1,43	1,72
Масса 1000 зерен, г	43,0	43,2	43,6	41,1	43,1	40,0

Анализ полученных кластеров показал, что при уменьшении размера флагового листа снижается число непродуктивных колосков и увеличивается коэффициент МЗФЛ, озерненность и продуктивность колоса. По массе 1000 зерен кластеры практически не различались, за исключением шестого. Сортообразцы этого кластера, отличающиеся высоким коэффициентом МЗФЛ, характеризовались небольшой высотой растений (76 см), высокой продуктивностью и озерненностью колоса и достаточно крупным зерном. Именно генотипы этого кластера могут стать ценным исходным материалом при создании высокопродуктивных сортов озимой пшеницы с высокой эффективностью фотосинтеза для ЦЧР.

На основе всестороннего статистического анализа экспериментальных данных мы пришли к выводу, что увеличение продуктивности растений путем изменения ассимиляционной поверхности можно осуществлять двумя путями, которые мы условно назвали экстенсивный и интенсивный.

Экстенсивный путь предполагает повышение продуктивности озимой пшеницы за счет увеличения площади фотосинтезирующей поверхности путем создания форм с крупными флаговыми листьями. В этом случае возможно снижение засухоустойчивости генотипов, продуктивности растений и эффективности их фотосинтетической деятельности, а также увеличения числа непродуктивных колосков.

Интенсивный путь предполагает создание сортообразцов с высокой эффективностью фотосинтеза. Для этого необходимо оценивать исходный и селекционный материал по величине предложенных нами коэффициентов озерненности (ЗФЛ) и продуктивности флаговых листьев (МЗФЛ).

На наш взгляд, предпочтение следует отдавать растениям с узкими флаговыми листьями (что позволит повысить засухоустойчивость сортов в условиях региона) и высокопродуктивными колосьями с обязательным контролем массы 1000 зерен и числа продуктивных колосков в колосе.

На первом этапе при большом количестве исходного и селекционного материала оценивать растения по ширине и длине флагового листа можно в баллах. За основу были взяты данные широкого унифицированного классификатора рода *Triticum* L. [21]. С учетом местных природно-климатических условий в проведенных исследованиях использовали 5-балльную оценку:

- 1 – очень узкий (менее 0,5 см);
- 2 – узкий (0,6-0,8 см);
- 3 – средний (0,9-1,2 см);
- 4 – широкий (1,3-1,6 см);
- 5 – очень широкий (более 1,6 см).

- 1 – очень короткий (менее 10 см);
- 2 – короткий (10-15 см);
- 3 – средний (16-20 см);
- 4 – длинный (21-25 см);
- 5 – очень длинный (более 25 см).

Путем умножения значений длины и ширины, выраженных в баллах, получаем условную площадь флагового листа.

Продуктивность оценивали по массе колоса, так как между этим показателем и массой зерна колоса существует тесная положительная связь. После этого находим коэффициенты ЗФЛ (число зерен в расчете на единицу площади флагового листа) и МЗФЛ (масса зерна колоса в расчете на единицу площади флагового листа) в расчете на единицу условной площади листа. Чтобы увеличение продуктивности не произошло только за счет повышения озерненности (как правило, при этом размер зерновок уменьшается), необходимо с каждого отобранного колоса определять массу 10-20 зерен. Это позволяет выделять высокопродуктивные растения озимой пшеницы с крупным зерном и высокой интенсивностью фотосинтетической деятельности для дальнейшего их использования в селекционном процессе.

### Выводы

1. Растения сортообразцов, относящиеся к разновидности *lutescens*, превосходили остистые по длине флагового листа и его площади, однако озерненность и продуктивность колоса были выше у остистых форм.

2. Установлена положительная сопряженность длины флагового листа с длиной и массой колоса, ширины листа с общим числом колосков, числом продуктивных колосков и продуктивностью колоса.

3. Увеличение размера флагового листа ведет к росту продуктивности за счет повышения озерненности колоса, однако крупность зерна при этом снижается.

4. Отсутствие флагового листа приводит к снижению крупности зерна у всех изучаемых генотипов.

5. Для создания фотосинтетически эффективных сортов озимой пшеницы рекомендуем проводить оценку селекционного материала по предлагаемому коэффициенту продуктивности флагового листа (МЗФЛ).

---

### Библиографический список

1. Алиев Д.А. Фотосинтетическая деятельность, минеральное питание и продуктивность растений / Д.А. Алиев. – Баку : ЭЛМ, 1974. – С. 7-38.
2. Бегишев А.Н. Работа листьев разных сельскохозяйственных растений в полевых условиях / А.Н. Бегишев // Тр. Ин-та физиологии растений им. К.А. Тимирязева АН СССР. – 1983. – Т. 8, вып. 1. – С. 229-263.
3. Бороевич С. Принципы и методы селекции растений / С. Бороевич ; пер с сербохорв. В.В. Иноземцева; под ред. и с предисл. А.К. Федорова. – Москва : Колос, 1984. – 344 с.
4. Воробьев В.А. Площадь листовой поверхности и урожай зерна яровой пшеницы в условиях Свердловской области / В.А. Воробьев // Тезисы докладов Всесоюзного семинара «Физиолого-биохимические процессы, определяющие величину и качество урожая пшеницы и других колосовых злаков». – Казань : Изд-во Казанского университета, 1972. – С. 28-29.
5. Дальничук П.В. Физиолого-биохимические особенности развития надземной массы и корней в связи с продуктивностью озимой пшеницы при выращивании ее на юге Украины / П.В. Дальничук, Г.К. Яценко // Вопросы генетики, селекции и семеноводства : сб. науч. тр. ВСГИ. – Одесса, 1973. – Вып. 10. – С. 152-171.
6. Джубатырова С. О формировании листовой поверхности у твердой пшеницы в условиях Западного Казахстана / С. Джубатырова // Селекция и семеноводство. – 2001. – № 1-2. – С. 54-56.
7. Егорова Г.С. Влияние сорта и норм высева на урожайность и технологические показатели зерна озимой тритикале / Г.С. Егорова, Н.Н. Тибирькова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – № 1 (21). – С. 24-30.
8. Кумаков В.А. Физиология яровой пшеницы / В.А. Кумаков. – Москва : Колос, 1980. – 207 с.
9. Лукьяненко П.П. Избранные труды / П.П. Лукьяненко. – Москва : Агропромиздат, 1990. – 428 с.

10. Лукьянюк В.И. Формирование урожая зерна озимой пшеницы в зависимости от агрофона и норм высева / В.И. Лукьянюк, В.Е. Долгодворов // Докл. Московской с.-х. академии им. К.А. Тимирязева. – 1973. – Вып. 192. – С. 5-10.
11. Лыфенко С.Ф. Сортовые различия озимой пшеницы по площади листового аппарата и их связь с элементами продуктивности / С.Ф. Лыфенко, П.В. Дальничук, Н.И. Ериняк // Репродуктивный процесс и урожайность полевых культур : сб. науч. тр. – Одесса, 1981. – С. 7-18.
12. Маймистов В.В. Проблемы селекции озимой пшеницы на засухоустойчивость / В.В. Маймистов, Ф.А. Колесников, Л.А. Беспалов // Селекция озимой пшеницы : сб. докладов на науч.-практ. конф. «Научное наследие академика И.Г. Калиненко». – Зерноград, 2001. – С. 145-155.
13. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – Выпуск третий ; под ред. д-ра с.-х. наук М.А. Федина. – Москва, 1983. – 184 с.
14. Митрофанов Б.А. Роль листьев, стеблей и колосьев озимой пшеницы в фотосинтезе посева / Б.А. Митрофанов // Пути повышения интенсивности и продуктивности фотосинтеза. – Киев : Наукова думка, 1969. – 220 с.
15. Морару С.А. Озимая пшеница / С.А. Морару. – Кишинев : Картя Молдовеняскэ, 1987. – 400 с.
16. Ничипорович А.А. Фотосинтез и пути повышения продуктивности растений / А.А. Ничипорович // Программирование урожая сельскохозяйственных культур. – Кишинев, 1974. – С. 2-4.
17. Носатовский А.И. Пшеница (биология) / А.И. Носатовский. – Москва : Колос, 1965. – 567 с.
18. Полимбетова Ф.А. Влияние отдельных органов на налив зерна пшеницы / Ф.А. Полимбетова, Л.К. Мамонов // Материалы по физиологии и биохимии растений. – Алма-Ата, 1963. – С. 51-63.
19. Тарчевский И.А. Содержание пигментов как показатель мощности развития фотосинтетического аппарата у пшеницы / И.А. Тарчевский, Ю.Е. Андрианова // Физиология растений. – 1980. – Вып. 27, № 2. – С. 341-347.
20. Чиков В.И. Эволюция представлений о связи фотосинтеза с продуктивностью растений / В.И. Чиков // Физиология растений. – 2008. – Т. 55, № 1. – С. 140-154.
21. Широкий унифицированный классификатор СЭВ рода *Triticum* L. – Ленинград : Всесоюзный НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова (ВИР), 1989. – 43 с.
22. Blackmon G.E. Physiological and ecological studies in the analysis of plant environmental effect of light intensity on the net assimilation rate, leaf area ratio and relative growth rate of different species / G.E. Blackmon, G.L. Wilston // Ann. Bot. – Vol. 1. – No. 59. – P. 29-38.
23. Chaddock R.E. Principles and methods of statistics / R.E. Chaddock. – 1<sup>st</sup> Edition. – Boston : Houghton Mifflin Company, 1925. – 471 p.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Галина Геннадьевна Голева – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-71-81, E-mail: selection@agronomy.vsau.ru.

Татьяна Григорьевна Ващенко – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-71-81, E-mail: selection@agronomy.vsau.ru.

Татьяна Ивановна Крюкова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-71-81, E-mail: selection@agronomy.vsau.ru.

Александр Дмитриевич Голев – кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и правовых отношений, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-77-38, E-mail: Golev.Alexandr2014@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 06.04.2016

Дата принятия к печати 18.05.2016

### AUTHOR CREDENTIALS Affiliation

Galina G. Goleva – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Plant and Seed Selection Breeding, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-71-81, E-mail: selection@agronomy.vsau.ru.

Tatiana G. Vashchenko – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Plant and Seed Selection Breeding, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-71-81, E-mail: selection@agronomy.vsau.ru.

Tatiana I. Kryukova – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Plant and Seed Selection Breeding, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-71-81, E-mail: selection@agronomy.vsau.ru.

Alexander D. Golev – Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Life Safety and Legal Relations, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-77-38, E-mail: Golev.Alexandr2014@mail.ru.

Date of receipt 06.04.2016

Date of admittance 18.05.2016