

УДК 633.111/1/.2/3 + 664.746]:575.2

**НАСЛЕДУЕМОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО  
ЗОНДИРОВАНИЯ, ТЕСТИРУЮЩИХ КАЧЕСТВО ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ****<sup>1</sup>Кибкало И.А., <sup>2</sup>Кайргалиев Д.В.**<sup>1</sup>ФБГНУ «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока»,  
Саратов, e-mail: kibk@rambler.ru;<sup>2</sup>ФГКОУ ВО «Волгоградская академия Министерства внутренних дел Российской Федерации»,  
Волгоград, e-mail: volakdm@va-mvd.ru

Производители зерна, его переработчики и селекционеры применяют различные способы оценки качества зерна. К показателям, используемым в селекции, предъявляются следующие требования: высокая дифференцирующая способность, экспрессность, возможность производить оценку на малых пробах зерна, убедительное воспроизведение в потомствах и, как следствие, высокая эффективность отбора по ним, выявление возможного потенциала изучаемых генотипов. Целью статьи являлось изучение наследуемости показателей флуоресцентного зондирования, определения эффективности отбора по ним на примере популяций генотипов, состоящих из группы семей, в ряду поколений, где моделировались отборы и регистрировалась их эффективность. Авторы изучили популяцию яровой мягкой пшеницы F<sub>3</sub>-F<sub>4</sub> (Юго-Восточная 4 x Тамбовчанка) из 143 семей; популяцию озимой мягкой пшеницы F<sub>3</sub>-F<sub>4</sub> (Л47/88 x Саратовская 8) из 38 семей; а также синтетическую популяцию яровой твёрдой пшеницы, состоящую из 50 линий различного происхождения. В качестве критерия эффективности отбора различной интенсивности использовалась реализованная в потомстве наследуемость h<sup>2</sup>. Установлено, по озимой пшенице (успешная перезимовка) предпочтение в отборе отдают показателям: C<sub>ос</sub> (скорость осаждения мучной взвеси), K<sub>ос</sub> (константа осаждения мучной взвеси), Ф<sub>5</sub> (интенсивность флуоресценции после 5 мин отстаивания мучной взвеси). Отбор ценных по качеству зерна генотипов в условиях изреженности посева (условия перезимовки) ведут по Ф<sub>0</sub>/P<sub>1</sub> и Ф<sub>0</sub>/P<sub>5</sub> (где Ф<sub>0</sub> – интенсивность флуоресценции в начальный момент отстаивания взвеси, а P<sub>1</sub> и P<sub>5</sub> – падение интенсивности флуоресценции через 1 и 5 мин отстаивания). По яровой мягкой пшенице достаточную эффективность отбора демонстрировали Ф<sub>5</sub>, C<sub>ос</sub>, Ф<sub>∞</sub> (интенсивность флуоресценции при условном бесконечном отстаивании взвеси), K<sub>ос</sub>, Ф<sub>0</sub>/P<sub>5</sub>. По яровой твёрдой пшенице эффективность отбора по большинству изучаемых показателей оказалась высокой, за исключением ТЗО (точка замедленного осаждения) и Ф<sub>0</sub>.

**Ключевые слова:** качество зерна, флуоресцентное зондирование, наследуемость, эффективность отбора**THE HERITABILITY OF INDICATORS FLUORESCENT SOUNDING,  
TESTING THE QUALITY OF WHEAT****<sup>1</sup>Kibkalo I.A., <sup>2</sup>Kayrgaliev D.V.**<sup>1</sup>Agricultural Research Institute for South-East Region, Saratov, e-mail: kibk@rambler.ru;<sup>2</sup>Federal State Public Educational Establishment of Higher Training «Vologograd Academy of the Ministry of the Interior of the Russian Federation», Volgograd, e-mail: volakdm@va-mvd.ru

Manufacturers of grain, its processors and breeders use different ways to evaluate the quality of the grain. The purpose of the article was to study the heritability indices fluorescence sensing, determine the effectiveness of screening for them the example of the population of genotypes. We studied a population of spring wheat F<sub>3</sub>-F<sub>4</sub> (South-East 4 x Tambovchanka) of 143 families; population of winter wheat F<sub>3</sub>-F<sub>4</sub> (L47 / 88 x 8 Saratov) from 38 families; and synthetic populations of spring durum wheat consisting of 50 lines of different origin. As a criterion for the selection of the effectiveness of various intensities used in the offspring realized heritability h<sup>2</sup>. It was established on the winter wheat (successful overwintering) in selection is given to the parameters: S<sub>sed</sub> (sedimentation rate), C<sub>sed</sub> (constant sedimentation), F<sub>5</sub> (fluorescence intensity after 5 min). Successful selection of the securities on the quality of the grain genotypes under conditions of strong and irregular thinning of crop due to unfavorable conditions of winter are using relationships: F<sub>0</sub>/P<sub>1</sub> and F<sub>0</sub>/P<sub>5</sub> (F<sub>0</sub> fluorescence intensity in the initial moment, and P<sub>1</sub>, P<sub>5</sub> the fall of the fluorescence intensity after 1 and 5 min sedimentation). According to spring wheat sufficient efficacy for selection in any of its variants demonstrated F<sub>5</sub>, S<sub>sed</sub>, F<sub>∞</sub>, C<sub>sed</sub>, F<sub>0</sub>/P<sub>5</sub>. According to spring durum wheat collection efficiency for most of the studied parameters it was high in all cases, except for PSD (point slow deposition) and F<sub>0</sub>.

**Keywords:** grain quality, fluorescence sounding, heritability, selection efficiency

Разнообразие существующих методов оценки качества зерна свидетельствует о многомерности и неоднозначности данного понятия. Сильное модифицирующее воздействие условий выращивания зерновых культур [6], с одной стороны, и возможность создавать значительный потенциал качества урожая с помощью селекции – с другой, ставят разноплановые задачи перед селекционерами, производителями зерна и его переработчика-

ми. Сообразно этому различны и требования к критериям качества зерна. Так, к показателям, используемым в селекции, предъявляются следующие требования: высокая дифференцирующая способность, экспрессность, возможность производить оценку на малых пробах зерна, убедительное воспроизведение в потомствах и, как следствие, высокая эффективность отбора по ним, выявление возможного потенциала изучаемых генотипов [3].

Таблица 1

Реализованная наследуемость ( $h^2$ ) показателей флуоресцентного зондирования в группах отбора у яровой мягкой пшеницы

Показатель	Интенсивность отбора				
	$> \bar{X}_n$	$i_{30}$	$i_{20}$	$i_{15}$	$i_{10}$
$\Phi_0$	0,153	0,223	0,092	0,000	0,165
$\Phi_5$	0,253	0,223	0,092	0,257	0,165
$P_1$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013
$P_5$	0,000	0,208	0,279	0,394	0,255
$C_{oc}$	0,143	0,250	0,111	0,200	0,364
$\Phi_\infty$	0,250	0,250	0,462	0,600	0,688
$K_{oc}$	0,175	0,214	0,247	0,213	0,322
ТЗО	0,073	0,224	0,375	0,250	0,482
$\Phi_0/P_1$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$\Phi_0/P_5$	0,154	0,190	0,191	0,119	0,329

Примечание.  $i_{30}$ ,  $i_{20}$ ,  $i_{15}$ ,  $i_{10}$  – отбор соответственно 30, 20, 15, 10% лучших генотипов;  $> \bar{X}_n$  – отбор генотипов лучших средней по популяции.

В лабораториях клеточной селекции и качества зерна ГНУ НИИСХ Юго-Востока был создан и запатентован микрометод определения качества клейковинных белков с помощью флуоресцентного зондирования мучной взвеси [4, 5]. Дальнейшие научные исследования заключались в расширении культур, на которых мог применяться метод, а также в изучении наследуемости показателей флуоресцентного зондирования, эффективности отбора по ним [1].

### Материалы и методы исследования

Одним из способов анализа наследуемости показателя является изучение популяции генотипов, состоящей из группы семей, в ряду поколений. При этом в одном из поколений – наиболее возможно раннем, моделируется отбор генотипов с максимальными показателями исследуемого признака, а в последующих – эффективность смоделированного отбора на фоне сохранённой популяции [2].

Так была изучена популяция яровой мягкой пшеницы  $F_3$ – $F_4$  (Юго-Восточная 4 x Тамбовчанка) из 143 семей. Регистрировались следующие показатели флуоресцентного зондирования: интенсивность флуоресценции в начальный момент отстаивания взвеси  $\Phi_0$ , интенсивность флуоресценции через 5 минут отстаивания взвеси  $\Phi_5$ , падение интенсивности флуоресценции через одну и пять минут отстаивания взвеси –  $P_1$  и  $P_5$ , а также расчётные величины – скорость осаждения взвеси  $C_{oc}$ , константа осаждения взвеси  $K_{oc}$ , интенсивность флуоресценции при бесконечном отстаивании взвеси  $\Phi_\infty$ , точка замедленного осаждения ТЗО и отношения  $\Phi_0/P_1$ ,  $\Phi_0/P_5$ . Эффективность отбора оценивалась при различной его интенсивности по реализованной наследуемости ( $h^2$ ) в группах отбора (табл. 1).

Из приведённых данных видно, что достаточную эффективность отбора при любых его вариантах продемонстрировали  $\Phi_5$ ,  $C_{oc}$ ,  $\Phi_\infty$ ,  $K_{oc}$ ,  $\Phi_0/P_5$ . По  $\Phi_0$  наиболее надёжен отбор при минимальной его интенсивности, а по ТЗО напротив – при его максимальной. По  $P_1$  и  $\Phi_0/P_1$  отбор не дал положительных результатов. Однако стоит отметить, что данный результат может быть справедлив только для данной комбинации [1, 2].

Для изучения наследуемости вышеозначенных показателей у озимой мягкой пшеницы была привлечена популяция  $F_3$ – $F_4$  (Л47/88 x Саратовская 8) из 38 семей. Особенностью этого опыта, кроме трёхкратной полевой повторности, оказались тяжёлые условия перезимовки, что привело к существенному изреживанию посевов. При этом лишь третья повторность воспроизводила в достаточной степени нормальные условия проведения полевого опыта. Несмотря на это, было решено проанализировать зерно всех трёх повторностей указанной популяции, произвести расчёты эффективности отбора по показателям флуоресцентного зондирования, сложившиеся же условия перезимовки – рассматривать как естественный селекционный фон, в условиях которого также ведётся отбор лучших форм. Возможность и эффективность такого отбора и стала одним из вопросов изучения в данном опыте.

### Результаты исследования и их обсуждение

По результатам оценки зерна урожая  $F_3$  был смоделирован отбор лучших форм по десяти показателям флуоресцентного зондирования с разной степенью его интенсивности: 20, 15 и 10% ( $i_{20}$ ,  $i_{15}$ ,  $i_{10}$ ) лучших линий. По результатам оценки зерна  $F_4$  был определён показатель реализованной наследуемости ( $h^2$ ) для каждого из изучаемых признаков в группах отбора. Расчёты проводились как по каж-

дой полевой повторности, так и по средним значениям признаков. Нужно отметить, что, как и ожидалось, у двух первых полевых повторностей – наиболее пострадавших в ходе перезимовки, не было выявлено заметной  $h^2$  в группах отбора по большинству показателей флуоресцентного зондирования. Исключение составили лишь  $\Phi_0/P_1$  и  $\Phi_0/\Phi_5$ . Поэтому для остальных характеристик представляли интерес результаты расчёта по третьей полевой повторности и по средним значениям из трёх полевых повторений (табл. 2).

Отношения  $\Phi_0/P_1$  и  $\Phi_0/P_5$ , почти во всех вариантах отбора и по всем полевым повторениям, на этот раз показали невысокую наследуемость в группах отбора.

Однако следует обратить внимание на то, что наследуемость эта также носила устойчивый характер во всех рассматриваемых вариантах. При этом  $\Phi_0/P_1$  имело преимущество. Так, при высокой жёсткости отбора ( $i_{10}$ ) по третьей полевой повторности и при интенсивности отбора 20% при расчёте по средним из трёх полевых повторений данным – величина  $h^2$  оказалась вполне удовлетворительной. А вот величины  $P_1$  и  $P_5$  не показали обнадеживающего результата почти по всем рассматриваемым вариантам отбора.  $P_5$  при максимальной его интенсивности при анализе зерна с полевой повторности наименее пострадавшей от неблагоприятной перезимовки показало высокую степень наследования в группе отбора. По данным этой же повторности показатели показали высокую  $h^2$  и критерии  $C_{oc}$  и  $K_{oc}$ , причём при всех интенсивностях отбора. При расчётах же по средним из трёх повторений данным  $h^2$  практически не выявлена.

В целом высокую наследуемость продемонстрировали показатели  $\Phi_5$  и  $\Phi_\infty$  во всех рассматриваемых вариантах за исключением максимальной интенсивности отбора на третьей полевой повторности. Показатель ТЗО, напротив, показал хорошие результаты именно при такой интенсивности отбора – как на III повторности, так и при расчёте по средним данным.

Таким образом, расчёты показывают, что имеется вероятность относительно успешного отбора ценных по качеству зерна генотипов и в условиях сильной и неравномерной изреженности селекционного посева в силу неблагоприятных условий перезимовки. Для такого случая наиболее приемлемы показатели  $\Phi_0/P_1$  и  $\Phi_0/P_5$ . В случае успешной перезимовки или наличии хотя бы одной неповреждённой полевой повторности предпочтение следует отдавать таким показателям, как  $C_{oc}$ ,  $K_{oc}$ ,  $\Phi_5$ .

Таблица 2

Реализованная наследуемость ( $h^2$ ) показателей флуоресцентного зондирования у озимой пшеницы

Материал	Интенсивность отбора		
	$i_{20}$	$i_{15}$	$i_{10}$
$\Phi_5$			
III повторность	0,357	0,258	0,086
Средняя	0,389	0,350	0,208
$C_{oc}$			
III повторность	0,590	0,364	0,242
Средняя	0	0,067	0
$\Phi_\infty$			
III повторность	0,333	0,143	0
Средняя	0,666	0,500	0,500
$K_{oc}$			
III повторность	0,256	0,167	0,511
Средняя	0	0	0
ТЗО			
III повторность	0,091	0,083	0,154
Средняя	0	0,083	0,231
$P_1$			
III повторность	0	0	0
Средняя	0	0	0
$P_5$			
III повторность	0	0,050	0,304
Средняя	0	0	0
$\Phi_0/P_1$			
I повторность	0,006	0,010	0,006
II повторность	0,074	0,072	0,064
III повторность	0,085	0,053	0,087
Средняя	0,065	0,074	0,052
$\Phi_0/P_5$			
I повторность	0,084	0,072	0,051
II повторность	0,036	0,041	0,033
III повторность	0,077	0,091	0,142
Средняя	0,138	0,085	0,086

С целью изучения воспроизводимости в потомствах данных флуоресцентного зондирования у твёрдой яровой пшеницы были привлечены 50 семей  $F_4$ – $F_5$  различного происхождения. Поскольку подавляющая часть из них не находилась в родстве, невозможно говорить о наследуемости и других генетических процессах при отборах в популяции. В данном случае показатель  $h^2$  используется как критерий эффективности отбора в селекционном питомнике (табл. 3).

Таблица 3

Эффективность отбора по  $h^2$  на качество зерна по показателям флуоресцентного зондирования у яровой твёрдой пшеницы

Показатели	Интенсивность отбора		
	$> \bar{X}_n$	$i_{20}$	$i_{10}$
$\Phi_0$	0,305	0,190	0,024
$\Phi_5$	0,266	0,404	0,628
$P_1$	0,430	0,344	0,514
$P_5$	0,440	0,290	0,161
$C_{oc}$	0,597	0,563	0,722
$\Phi_\infty$	0,321	0,412	0,820
$K_{oc}$	0,840	0,857	0,877
ТЗО	0,048	0,040	0,124
$\Phi_0/P_1$	0,994	1,038	0,918
$\Phi_0/P_5$	0,729	0,743	0,381

Примечание.  $i_{20}$ ,  $i_{10}$  – отбор соответственно 20, 10% лучших генотипов;  $> \bar{X}_n$  – отбор генотипов лучших средней по популяции.

По представленным данным видно, что эффективность отбора по большинству изучаемых показателей оказалась высокой во всех его вариантах. Исключение составил только ТЗО, по которому только при максимальной жёсткости отбора можно добиться удовлетворительных результатов. Отбор же по  $\Phi_0$ , напротив – должен быть минимально интенсивен.

**Список литературы**

1. Бебякин В.М. Изменчивость и наследуемость показателей флуоресцентного зондирования как критерии качества клейковины пшеницы / В.М. Бебякин, И.А. Кибкало // Агро XXI. – 2011. – № 7–9. – С. 9–10.  
 2. Бебякин В.М. Селекционная значимость показателей флуоресцентного зондирования как критерий качества клей-

ковины / В.М. Бебякин, И.А. Кибкало // Вестник РАСХН. – 2011. – № 2. – С. 41–44.

3. Бебякин В.М. Оценка качества зерна яровой мягкой пшеницы в процессе селекции / В. М. Бебякин, Т. Б. Кулева-това, И. А. Кибкало // Аграрная наука. – 2012. – № 11. – С. 22.

4. Кибкало И.А. Эффективность тестирования качества клейковины яровой мягкой и твёрдой пшеницы на основе гидрофобных взаимодействий в белковом комплексе: дис. ... канд. с.-х. наук / И.А. Кибкало. – Саратов, 2000. – 207 с.

5. Способ определения качества клейковины пшеницы: патент на изобретение № 2161797. Российская Федерация. Оpubл. 10.01.2001. Бюл. № 1 / С.В. Тучин, И.А. Кибкало, В.М. Бебякин.

6. Nikolic O., Zivanovic T., Jelic M., Djalovic I. Interrelationships between grain nitrogen content and other indicators of nitro-gen accumulation and utilization efficiency in wheat plants. Chilean J. of Agricultural Research, 2012. – vol. 72, № 1. – P. 111–116.