

УДК 631.421.1:631.524.01:633.1Г\*321"

## ВЛИЯНИЕ ОБЪЕМА ВЫБОРКИ РАСТЕНИЙ НА ТОЧНОСТЬ СРАВНЕНИЯ ГИБРИДНЫХ ФОРМ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

НГУЕН ТХАНЬ ТУАН, А.В. СМИРЯЕВ, С.С. БАЖЕНОВА

(Кафедра селекции и семеноводства полевых культур, кафедра генетики  
РГАУ - МСХА имени КА. Тимирязева)

**Биометрический метод оценки влияния размера выборки растений ( $m$ ), измеряемых на каждой делянке полевого опыта на относительную точность сравнения средних значений количественного признака, был разработан ранее [2]. Проведена модификация метода для сравнения дисперсий признака на разных делянках опыта как показателя генетической изменчивости популяций. При анализе 7 признаков у гибридов  $F_1$  и в популяциях  $F_2$ ,  $F_3$  яровой пшеницы установлена степень влияния числа измеряемых растений на относительную точность сравнения как средних значений, так и дисперсий.**

*Ключевые слова:* биометрия, сравнение гибридных форм, генетическая дивергенция, выборка растений, точность опыта, яровая пшеница.

При проведении селекционных работ одним из самых трудоемких этапов является анализ полученного растительного материала и, в частности, измерение признаков растений. Часто объем материала, доступного для анализа, — сотни или даже тысячи растений на делянке. Поэтому важной задачей является определение минимального объема выборки измерений растений, при котором относительная точность опыта снижается незначительно.

Проблема точности полевого опыта неоднократно рассматривалась многими авторами. Малый объем посевного материала на начальных этапах селекции, отсутствие специализированной посевной техники, экономия площадей и людских ресурсов не позволяет в полном объеме соблюсти все методические требования [3]. В

литературе рассмотрены следующие основные причины снижения точности сравнения сортов, линий и гибридных форм растений.

1. Краевой эффект. Его влияние существенно при сравнении урожайности. Так, урожайность в крайних рядках превышает среднюю по делянке на 30~40% [9]. Влияние дорожки распространяется в глубь делянки на 20~25 см., т.е. при стандартном размере делянки в зону краевого эффекта попадает до 40% растений.

2. Форма и размер делянки. Делянки большого размера (4x4 м) в опытах с зерновыми культурами показали меньшую вариацию, следовательно, более точные измерения по сравнению со стандартными [8, 10]. Однако в селекции далеко не всегда возможно создавать большие делянки. Квадратная форма делянки сни-

жает влияние краевого эффекта, однако требует специальной посевной техники [5].

3. Влияние конкуренции. Конкуренция растений внутри селекционного образца отрицательно сказывается на точности сравнения генотипов [6]. Установлено, что минимальное влияние конкуренции проявляется при посеве с оптимальным расстоянием между растениями, разным для каждой культуры и признака. В частности, такие исследования проводились для турецкого гороха [7].

Однако работ, посвященных зависимости точности полевого опыта от объема выборки измеренных растений с каждой делянки для расщепляющихся популяций зерновых культур, обнаружить не удалось.

Целью данной работы является проверка возможности оптимизации объема выборки растений, измеренных на каждой делянке в полевых сравнительных испытаниях линий, гибридов  $F_1$  и расщепляющихся популяций.

В задачи исследования входило: 1. Модификация метода оценки влияния объема выборки растений, измеряемых на делянке [2], для сравнения популяций по генетической изменчивости, выраженной через  $D$  — дисперсию значений признака у растений расщепляющихся популяций на делянке. 2. Применение метода для анализа элементов структуры урожая сортов, гибридов  $F_1$  и гибридных популяций  $F_2$ ,  $F_3$  яровой мягкой пшеницы.

### Материалы и методика

Были высеяны 8 сортообразцов яровой мягкой пшеницы (к58152, Сибирская 65, Сибирская 3, В.Г 81220, Planet, St. Mercheisto, SV Sonett, Opal) и 17 их гибридов (опыт 2007 г.), 17 соответствующих гибридных популяций  $F_2$  (2008 г.) и  $F_3$  (2009 г.).

Опыты проводили на поле лаборатории селекции и семеноводства полевых культур РГАУ—МСХА имени КА. Тимирязева. Посев был произведен вручную, по 20 зерен в каждом из пяти учетных и двух защитных рядков делянки, по схеме рандомизированных блоков. Повторность опыта — 3-кратная. Уборку производили вручную в фазу полной спелости, защитные и учетные рядки убирали отдельно.

Оценку влияния числа растений на делянке ( $t$ ) на точность сравнения проводили по нескольким признакам: высота растений; длина колосового стержня главного колоса; продуктивная кустистость; число озеренных колосков; число зерен с растения; масса зерен с растения; масса 1000 зерен. По последним 3 признакам проведен расчет.

Общее количество растений в учетных рядках из-за негативного влияния погодных условий разных лет колебалось в пределах от 70 до 100. В качестве опорного (исходного) числа при биометрическом анализе данных делянки было измерено по 20~30 растений за 3 года (2007-2009 гг.).

Для определения минимального достаточного числа анализируемых на делянке растений использовали метод оценки влияния размера выборки ( $m$ ) на относительную точность сравнения средних значений генотипов в полевом опыте [2] и разработанную модификацию метода для сравнения дисперсий ( $D$ ) как меры генетического разнообразия популяций.

Методика основана на оценке параметра ошибки опыта при любом конкретном значении  $m$ :

$$K = \sqrt{\frac{SI_{\text{ош}}^2(m)}{SI_{\text{ош}}^2(30)}},$$

где  $SI_{\text{ош}}^2(30)$  — средний квадрат ошибки опыта ( $MS$  остатка), взятый из таблицы дисперсионного анализа. Для случаев сравнения средних зна-

чений признака параметр  $K$  далее имеет обозначение  $K_{cp}$ , для сравнения дисперсий признака — параметр  $K_D$ . Формула дана для случая измерения 30 случайно отобранных растений на каждой делянке опыта, т.е. 30 — опорное число растений.  $SI^2_{ош}(m)$  — также средний квадрат ошибки опыта, но прогнозируемый по формулам при  $m$  измеренных растений.

Квадратный корень используется в показателе  $K$ , так как в НСР входит именно корень из  $SI^2_{ош}$ . Тогда увеличение числа  $m$  вызывает снижение параметра ошибки  $K$ , что означает увеличение точности опыта, и наоборот.

Средний квадрат ошибки ( $SI^2_{ош}$ ), который определяет НСР для парного сравнения форм, можно разложить на компоненты:

$$SI^2_{ош}(30) = S^2_{\infty} + S^2(30), \quad (1)$$

где  $S^2_{\infty}$  — дисперсия ошибки для теоретического большого числа растений, измеренных на каждой делянке. Она обусловлена пестротой почвенного плодородия. Предполагается, что на  $S^2_{\infty}$  влиять не можем.

Второе слагаемое в правой части формулы (1) — дополнительная дисперсия ошибки выборочности, возникающая из-за ограниченного объема выборки растений  $m$ , измеренных на делянке (в данном случае  $m=30$ ). Из формулы (1) следует:

$$S^2_{\infty} = SI^2_{ош}(30) - S^2(30), \quad (2)$$

Обозначим через  $SP_{ом}(m)$  — прогнозируемый средний квадрат той же ошибки, но для  $m$  — любого заданного числа измеряемых растений. В случае сравнения средних  $SP_{ом}(m)$  вычисляется по формуле:

$$SI^2_{ош}(m) = S^2_{\infty} + \frac{S^2(30) \times 30}{m}, \quad (3)$$

Если значение параметра ошибки  $0,9 \leq K \leq 1,1$ , то считается, что измерение выборки  $m$  по отношению

к опорному числу  $m = 30$  не влияет существенно на относительную точность сравнительной оценки образцов в опыте. В противном случае ( $K > 1,1$ ) снижение объема выборки  $m$  нежелательно. Если же  $K < 0,9$  — точность сравнения образцов при увеличении  $m$  повысится существенно.

В модификации метода для сравнения дисперсий признака на делянках 17 гибридных популяций использована формула дисперсий ошибки выборочной оценки  $D$  из справочника [4]:  $2D^2/(m-1)$ , где  $\sqrt{D}$  — оценка среднего квадратического отклонения признака на делянке по выборке  $m$ .

Для усреднения дисперсий ошибки выборочности растений по 51 (17x3) делянке с гибридными популяциями  $F_2$  или  $F_3$  опыта использована формула:

$$S^2(m) = \frac{\sum_1^{17 \text{ генотипов}} \sum_1^{3 \text{ повт.}} [2D_i^2 / (m-1)]}{17_{\text{генотипов}} \times 3_{\text{повт.}}}, \quad (4)$$

где  $D_i$  — дисперсия признака на  $i$ -й гибридной делянке опыта при оценке ее по  $m$  растениям.

Тогда

$$K_D^2 = \sqrt{\frac{SI^2_{ош}(m)}{SI^2_{ош}(30)}} = \sqrt{\frac{S^2_{\infty} + S^2(m)}{SI^2_{ош}(30)}} \quad (5)$$

где  $S^2_{\infty}$  — теоретическая дисперсия ошибки оценки  $D$  при очень большом числе растений, измеренных на одной делянке, полученная на основе опытных данных по формуле (2).

Для последующих расчетов зависимости параметра ошибки  $K$  от объема выборки понадобилась также формула  $K$  для очень большого числа  $m$  растений по сравнению с опорным числом, например 30. Из формул (3),

$$(5) \text{ следует: } K_D(m \rightarrow \infty) = \sqrt{\frac{S^2_{\infty}}{SI^2_{ош}(30)}}.$$

Аналогичная формула справедлива для  $K_{cp}(m \rightarrow \infty)$ .

## Результаты и их обсуждение

Для каждого года исследований был проведен дисперсионный анализ оценок средних и генетической дивергенции ( $D$ ) результатов опыта для всех 17 гибридных образцов ( $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ ). Так, в опыте 2007 г. дисперсионный анализ  $D$  показал недостоверность различий между этими значениями генотипов по всем 7 изучаемым признакам. Различия незначительны, так как дисперсия  $D$  в  $F_1$  обусловлена только модификационной изменчивостью, которая незначительно различается у образцов  $F_1$ . Пример приведен в таблице 1.

Данные анализа влияния выборки  $m$  на ошибку сравнения средних значений признаков приведены в таблице 2, из которой видно, что при сравнении средних значений увеличение числа растений, измеренных на делянке с 30 до 40, не принесет значимого выигрыша в точности сравнения средних. Снижение объема выборки до 20 растений приведет к значимому увеличению НСР лишь в одном случае

из семи (длина колосового стержня). Снижение объема выборки даже до 10 приводит к увеличению НСР более чем на 10% только в трех случаях из семи.

Дисперсионный анализ параметра  $D$  и средних был произведен для данных 2008 г. (17 гибридных популяций  $F_2$ ). Из 7 признаков значимые различия  $D$  выявлены по 6 признакам, а для средних по 4 признакам. Отличием анализа опытных данных 2008 по сравнению с 2007 г. стало то, что в качестве опорного было взято 20 измеренных на делянке растений. Для примера использован признак «высота растений» (табл. 3).

Причины значимых различий  $D$  по 6 признакам уже при 20 растениях в том, что кроме модификационной изменчивости проявляется изменчивость генотипическая, которая существенно различается в разных популяциях  $F_2$ .

На основе данных таблицы 4 можно заключить, что уменьшение числа растений, измеренных на каждой делянке, по сравнению с 20 крайне

Т а б л и ц а 1

**Дисперсионный анализ оценок  $D$  на примере признака «высота растений» при 30 растениях, измеренных на делянке (2007)**

Источник вариации	SS	df	MS	$F_{\text{расч.}}$	$F_{\text{табл.}}$
Генотипы	12447,46	16	777,97	1,90	1,97
Блоки	6869,13	2	3434,56	8,38	3,29
Остаток	12118,62	32	409,96		

Т а б л и ц а 2

**Зависимость  $K_{\text{ср}}$  — параметра ошибки сравнения оценок средних в опыте от  $m$  — объема выборки растений на делянке (2007)**

Показатель	$m=5$	$m=10$	$m=20$	$m=30$	$m=40$	$m \rightarrow \infty$
Высота растений	1,27	1,21	1,04	1	0,99	0,97
Длина колосового стержня	1,55	1,44	1,18	1	0,97	0,98
Продуктивная кустистость	1,14	1,23	1,03	1	0,99	0,97
Число озерненных колосков	1,08	1,03	1,01	1	0,99	0,99
Число зерен с растения	1,05	1,04	1,01	1	0,99	0,99
Масса зерен с растения	1,06	1,01	1,02	1	0,99	0,99
Масса 1000 зерен	1,07	1,03	1,02	1	0,99	1

Дисперсионный анализ параметра  $D$  по признаку «высота растений» (2008)

Источник вариации	SS	df	MS	$F_{\text{расч.}}$	$F_{\text{табл.}}$
Генотипы	99321,30	16	6207,58	6,82	1,97
Блоки	2663,34	2	1331,67	1,46	3,29
Остаток	29107,20	32	909,60		

Зависимость  $K_D$  при сравнении оценок дисперсий  $D$  в опыте от  $m$  — объема выборки растений на делянке (2008)

Показатель	$m=5$	$m=10$	$m=20$	$m=30$	$m=40$	$m \rightarrow \infty$
Высота растений	1,64	1,25	1	0,90	0,85	0,66
Длина колосового стержня	1,43	1,16	1	0,94	0,91	0,81
Продуктивная кустистость	1,36	1,13	1	0,95	0,93	0,85
Число озерненных колосков	1,53	1,20	1	0,92	0,88	0,75
Число зерен с растения	1,42	1,16	1	0,94	0,91	0,81
Масса зерен с растения	1,87	1,35	1	0,85	0,76	0,41
Масса 1000 зерен	1,68	1,17	1	0,94	0,90	0,80

нежелательно, так как это привело бы к увеличению НСР для  $D$  у гибридов  $F_2$  на 36-87% при уменьшении до 5 и на 13-35% при уменьшении до 10 растений. Увеличение же числа растений до 30 для всех признаков приводит к увеличению точности на 5-15%.

Анализ сравнения средних значений признаков показал следующие результаты (табл. 5).

Из таблицы 5 видно, что в случае со средними значениями признака увеличение числа растений, измеренных на делянке с 20 до 40, не принесет значимого выигрыша в точности опыта. Снижение объема выборки до

10 растений приведет к существенному увеличению НСР лишь в одном случае из семи. Снижение объема выборки до 5 приводит к снижению точности сравнения более чем на 10% в четырех случаях из семи. Для двух признаков вполне достаточно пяти измеренных растений.

По данным 2008 г. можно заключить, что для сравнения средних достаточно 20 растений, но увеличение числа растений до 30 является желательным для анализа  $D$  в расщепляющих популяциях. Поэтому в опыте 2009 г. было использовано опорное число в 30 измеренных растений. Дисперсионный анализ 17 популяций

Зависимость  $K_{cp}$  от  $m$  — объема выборки растений на делянке (2008)

Показатель	$m=5$	$m=10$	$m=20$	$m=30$	$m=40$	$m \rightarrow \infty$
Высота растений	1,01	1	1	1	1	1
Длина колосового стержня	1,36	1,13	1	0,95	0,93	0,85
Продуктивная кустистость	1,21	1,07	1	0,97	0,96	0,92
Число озерненных колосков	1,17	1,06	1	0,98	0,97	0,94
Число зерен с растения	1,03	1,01	1	1	1	1
Масса зерен с растения	1,14	1,05	1	0,98	0,97	0,95
Масса 1000 зерен	1,02	1	1	1	1	1

$F_3$  (2009 г.) показал значимые различия  $D$  по пяти признакам из семи при  $m=30$ . Данные таблицы 6 подтверждают, что 30 растений достаточно для сравнения параметра  $D$ .

Результаты для средних значений признаков представлены в таблице 7, из которой видно, что снижение объема выборки до 10 растений приве-

дет к значимому снижению точности опыта лишь в двух случаях из семи. Даже снижение объема выборки до 5 приводит к снижению точности сравнения более чем на 10% только в четырех случаях из семи, а в случае увеличения числа растений с одной делянки до 40 не принесет значимого выигрыша в точности опыта.

Т а б л и ц а 6

**Зависимость  $K_D$  от  $m$  — объема выборки растений на делянке (2009)**

Показатель	$m=5$	$m=10$	$m=20$	$m=30$	$m=40$	$m \rightarrow \infty$
Высота растений	1,84	1,40	1,11	1	0,94	0,72
Длина колосового стержня	1,50	1,22	1,06	1	0,97	0,87
Продуктивная кустистость	1,36	1,16	1,04	1	0,98	0,91
Число озерненных колосков	1,48	1,21	1,06	1	0,97	0,87
Число зерен с растения	1,49	1,22	1,06	1	0,97	0,87
Масса зерен с растения	1,59	1,27	1,07	1	0,96	0,83
Масса 1000 зерен	1,51	1,23	1,06	1	0,97	0,86

Т а б л и ц а 7

**Зависимость  $K_{cp}$  для сравнения оценок средних от  $m$  — объема выборки растений на делянке(2009)**

Показатель	$m=5$	$m=10$	$m=20$	$m=30$	$m=40$	$m \rightarrow \infty$
Высота растений	1,01	1	1	1	1	1
Длина колосового стержня	1,50	1,22	1,06	1	0,97	0,87
Продуктивная кустистость	1,27	1,11	1,03	1	0,98	0,94
Число озерненных колосков	1,16	1,07	1,02	1	0,99	0,96
Число зерен с растения	1,04	1,02	1	1	1	1
Масса зерен с растения	1,19	1,08	1,02	1	0,99	0,96
Масса 1000 зерен	1,03	1,01	1	1	1	0,99

По данным 2009 г. можно заключить, что  $m=20$  — достаточный объем выборки для сравнения средних, а для сравнения дисперсий в популяциях  $F_3$  лучше оставить число растений, равное 30.

### Заключение

Предложенный метод позволяет установить зависимость точности срав-

нения селекционных образцов от объема выборки растений, измеренных на каждой делянке. Полученные 3-летние данные для сравнения образцов яровой пшеницы по признакам, связанным со структурой урожая показали, что для оценки средних значений признака достаточен объем выборки 20 растений, измеряемых на делянке, а для дисперсий — 30 растений.

### Библиографический список

1. *Климачева В.А.* Влияние площади питания растений на оценку количественных признаков яровой пшеницы в селекционном питомнике // Доклады ТСХА, 1977. Вып. 234. С. 98-102.

2. Комарова Е.А., Смиряев А.В., Пыльное В.В. Влияние объема выборки растений на точность сравнения генотипов в полевом опыте // Известия ТСХА, 2007. Вып. 2. С. 73-78.

3. Коновалов Ю.Б. Отчет по теме «Исследование комплементации продуктивных процессов у пшеницы и селекции яровой пшеницы, ячменя и узколистного люпина». М.: МСХА, 2003.

4. Ллойд Э., Ледерман У. Справочник по прикладной статистике, 1989. Т. 1.

5. Лошакова В.А. Краевой эффект в модельных питомниках отбора яровой пшеницы // Известия ТСХА, 1980. Вып. 2. С. 29-36.

6. Dionysia A. Fasoula Correlations between auto-, alio- and nil-competition and their implications in plant breeding // Euphytica, 1990. Vol. 50. Num. 1. P. 57-62.

7. Iiadis G.C., Roupakias D.G., Goulas C.K. Effectiveness of honeycomb selection for yield superiority at three interplant distances: a field simulation study using chickpea (*Cicer arietinum* L.) inbred lines // Euphytica, 2003. Volume 133, Number 3, P. 299-311.

8. Pouliney R., Riley J., Webster R. Optimizing plot size and shape for field experiments on terraces // Experimental Agriculture, 1997. P. 51-64.

9. Romani M., Borghi B., Aiberici R., Delogu G., Hesselbach J., Salamini F. Intergenotypic competition and border effect in bread wheat and barley // Euphytica, 1993. Volume 69, Numbers 1-2. P. 19-31.

10. Zhang R., Warrick A. W.S., Myers D.E. Heterogeneity, plot shape effect and optimum plot size // Geoderma, 1994. Vol 62. P. 183-197.

Рецензент — д. с.-х. н. А.В. Исачкин

## SUMMARY

Biometric method of plants' size sorting (sampling) influence, measured on each plot during field experiment, upon relative accuracy of average values in quantitative characteristics, had been worked out before (by Komarova and others). The method has been modified in order to compare characteristic dispersions on various plots as an index of population genetic variability. When analyzing seven characteristics in hybrids  $F_j$  and populations  $F_2$ ,  $F_n$ , of spring wheat, the degree of measured plants number influence on relative accuracy of comparison has been determined for both average values and dispersions.

*Key words:* biometry, genetic divergence, sampling of crops, experimental accuracy, spring wheat.

**Нгуен Тхань Туан** — асп. кафедры селекции и семеноводства полевых культур РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева. Тел. 976-12-72.

**Смиряев Анатолий Владимирович** — д. б. н. Тел. 976-08-94.

**Баженова Светлана Сергеевна** — к. с.-х. н.