

УДК 633.527.633:1:575.127.3

С.Д. Жихарев, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник;
Н.Г. Пома, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник;
В.В. Осипов, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции
и первичного семеноводства озимой тритикале,
*ФГБНУ Московский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
«Немчиновка»,
(143026, Московская область, Одинцовский район, рп Новоивановское, ул. Калинина, д. 1,
8(495)591-83-91; mosniish@yandex.ru, s.zhikharev@mail.ru)*

ОСОБЕННОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ПРОДУКТИВНОСТИ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЗЕРНА У ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ

Создание новых более ценных по количеству и качеству получаемой продукции сортов – первоочередная задача в селекции полевых культур.

В ходе селекционного процесса важно хотя бы приблизительно оценивать генетическую структуру изучаемого признака, т.е. понимать, как между сортами распределяются аллели, какие генетические эффекты преобладают в наследовании признака и т.п. Такую информацию можно получить, используя схему диаллельных скрещиваний.

В статье представлены результаты диаллельного анализа 5 сортов и 10 линий озимой тритикале по методу Хеймана. Были изучены такие важные показатели продуктивности и качества зерна, как масса 1000 зерен, масса зерна с колоса, содержание белка в зерне и число падения. Выявлены основные характеристики наследования данных признаков. Установлено, что все изученные показатели наследуются по аддитивно-доминантной модели. Высокие значения признаков «масса 1000 зерен» и «масса зерна с колоса» определяются доминантными генами, «содержание белка», «число падения» - рецессивными. По их концентрации выделены сорта для комбинирования в скрещиваниях. По массе 1000 зерен - 1, по массе зерна с колоса - 3, по содержанию белка в зерне - 1. По признаку «число падения» не удалось выявить сорта со стабильно высокой в годы изучения концентрацией рецессивных аллелей в генотипе.

Ключевые слова: *озимая тритикале, диаллельный анализ, масса 1000 зерен, масса зерна с колоса, содержание белка, число падения.*

S.D. Zhikharev, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher;
N.G. Poma, Candidate of Biologic Sciences, leading researcher;
V.V. Osipov, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory,
FSBSI Moscow Research Institute of Agriculture "Nemchinovka"

PROPERTIES OF INHERITANCE OF PRODUCTIVITY TRAITS AND GRAIN QUALITY FEATURES OF WINTER TRITICALE

Breeding of new more economically valuable varieties is one of the most important and primary tasks in crop breeding. It's necessary to assess genetic structure of the studied trait, e.i to understand the way of allele distribution among the varieties, what genetic effects prevail in trait inheritance, etc. You can obtain such information, using the scheme of diallel crossing. The article gives the results of diallel analysis of 5 varieties and 10 lines of winter triticale using Heyman method. There were studied such essential features of grain quality and productivity as mass of 1000 seeds, grain mass per ear, protein content in grain and bakery properties. The basic characteristics of inheritance of these traits were found. It was estimated that all studied features were inherited due to adaptive dominant model. High figures of the traits 'mass of 1000 seeds' and 'grain mass per ear' were determined by dominant genes, while 'protein content' and 'bakery properties' by recessive ones. According to their concentration there were extracted the varieties for combinations in crossings. There is one in 'mass of 1000 seeds', there are three in 'grain mass per ear' and there is one in 'protein content'. We didn't manage to find a variety with a high concentration of recessive allele in genotype during the years of study.

Keywords: *winter triticale, diallel analysis, mass of 1000 seeds, grain mass per ear, protein content, bakery properties.*

Введение. Тритикале, как правило, превосходит по урожайности пшеницу. Основная задача селекции данной культуры – найти пути реализации её потенциальных возможностей, заложенных генотипом пшеницы, – многоцветковости, и генотипом ржи, – многоколосковости [1, 2]. На данный момент их реализация незначительна.

П.П. Лукьяненко считал основным элементом продуктивности массу зерна с колоса [3]. Также важное значение в селекции зерновых культур имеет масса 1000 зерен. Она характеризует крупность зерна, а также его плотность: чем крупнее зерно и чем оно более выполнено, тем больше его масса [4]. Размер семян положительно коррелирует с зерновой продуктивностью [5]. Крупность зерна в значительной мере определяет мукомольные и хлебопекарные качества, так как чем крупнее зерно, тем больше в нем содержание эндосперма и тем выше выход муки [4].

Зерно злаков является главным источником белков растительного происхождения. Тритикале обладает в большинстве случаев повышенным содержанием белка в зерне по сравнению с пшеницей, лучшей сбалансированностью по основным незаменимым аминокислотам [6].

Большое значение для тритикале имеет показатель числа падения (ЧП), он дает представление об активности α -амилазы, повышение которой приводит к распаду крахмала и прорастанию зерна на корню. Следствием этого являются потери урожая, ухудшение технологических и посевных качеств семян. Также установлена тесная связь между показателем ЧП и устойчивостью к полеганию [7].

Материалы и методы. Были изучены гибриды F_1 (2011-2012 гг), полученные в результате диаллельных скрещиваний по схеме 5×5 (2010 г). Для исследований были взяты 2 линии озимой тритикале, полученные с Дагестанской опытной станции ВИРа, сочетающие в себе высокую продуктивность с короткостебельностью: ПРАГ 468 (Дагестан) и АДК 1369t (Краснодарский край), а также лучшие сорта и линии селекции Московского НИИСХ «Немчиновка»: Нина, Немчиновский 56 и 6418-145 (табл. 1).

1. Характеристика сортов, линий озимой тритикале и гибридов с их участием (2011, 2012 гг.)

Сорт, линия, гибрид	Масса 1000 зерен, г		Масса зерна с колоса, г		Содержание белка, %		Число падения, с	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012
ПРАГ 468	47,99	47,75	2,88	2,98	17,50	14,01	62	94
х АДК 1369t	49,62	46,04	2,29	2,07	19,70	15,56	62	70
х 6418-145	51,67	47,40	3,01	2,52	16,36	14,46	66	65
х Нина	46,41	50,97	2,59	2,59	16,90	14,09	76	89
х Немчиновский 56	47,26	43,46	2,75	2,45	16,43	13,76	66	100
АДК 1369t	43,86	41,65	2,12	1,67	16,16	15,52	62	65
х 6418-145	47,90	45,40	2,72	2,41	15,58	12,81	185	80
х Нина	48,81	50,37	2,72	2,33	16,12	13,64	82	62
х Немчиновский 56	54,96	47,76	2,64	2,25	15,67	14,03	92	71
6418-145	47,58	43,25	2,71	2,41	13,99	11,69	73	154
х Нина	59,43	51,78	3,10	2,58	17,76	12,02	62	69
х Немчиновский 56	47,76	53,31	2,35	2,93	17,31	12,79	100	77
Нина	47,48	48,97	2,15	2,60	15,08	15,03	109	201
х Немчиновский 56	52,59	50,26	3,23	2,68	18,06	11,58	95	119
Немчиновский 56	42,03	44,51	1,78	2,19	15,09	12,54	104	203
НСР _{0,05}	2,39	1,87	0,22	0,19	0,80	0,73	17,78	26,45

Гибриды F_1 и родительские формы P_1 и P_2 высевали в поле на однорядковых делянках, длиной 1 м, по 50 зерен на делянку блоками в 4 повторениях. Растения убирали в период полной спелости.

В лабораторных условиях определяли массу 1000 зерен, массу зерна с колоса, содержание белка в зерне и число падения (ЧП).

Материалы диаллельного анализа обрабатывали по методике В.И. Науман (1954). Дисперсионный анализ осуществляли по Б.А. Доспехову (1985).

Генетический анализ количественных признаков проводили с помощью пакета программ AGROS 2.09.

Результаты. В ходе анализа гибридов F_1 , полученных от диаллельных скрещиваний, по методу Хеймана (2011-2012 гг.) было выявлено, что для всех изученных признаков характерна аддитивно-доминантная схема наследования.

В ходе диаллельного анализа наследования массы 1000 зерен было установлено, что коэффициент корреляции r ($x_{гг}; W_r + V_r$) имел в оба года изучения отрицательные значения. Это показывает, что сорта с более крупным зерном несут большее число доминантных аллелей, чем мелкозерные, т.е. крупнозерность определяется доминантными генами.

Изменчивость генетической детерминации признака как для отдельных сортов, так и в среднем по набору, отражают графики регрессии W_r на V_r (рис. 1).

Графики показывают, что и в 2011 и в 2012 годах среднее доминирование близко к сверхдоминированию (пересечение ниже нуля). Это подтверждает соотношение $H_1/D = 10,38$ (2011 г), $53,00$ (2012 г), которое при сверхдоминировании всегда больше единицы (табл. 2). Величина $(H_1/D)^{1/2} = 3,22$ (2011 г.), $7,28$ (2012 г.), характеризующая среднюю степень доминирования в отдельных локусах, также подтверждает сверхдоминирование.

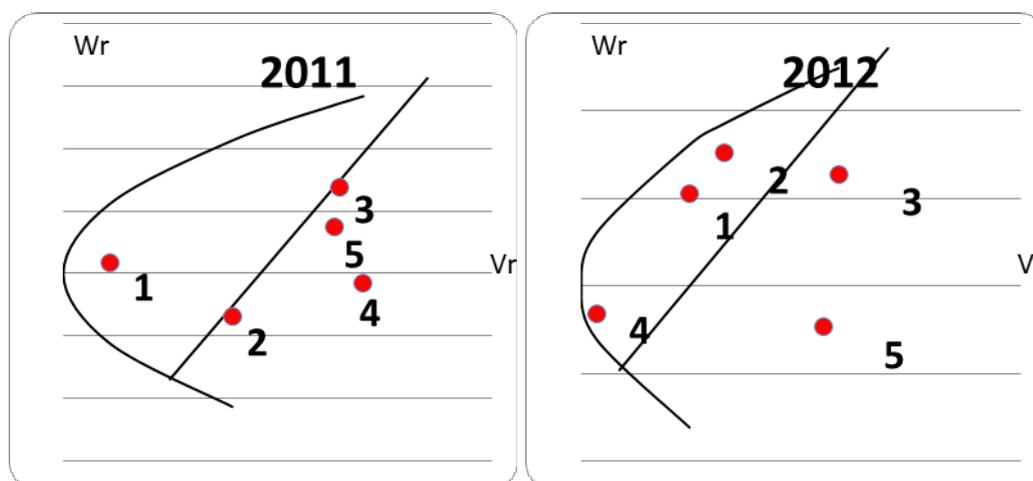


Рис. 1. Графический анализ генетического контроля массы 1000 зерен у 5 сортов (2011, 2012 гг.): 1 – ПРАГ 468, 2 – АДК 1369t, 3 – 6418-145, 4 – Нина, 5 – Немчиновский 56
2. Компоненты генетической дисперсии, полученные на основе анализа диаллельных скрещиваний 5x5 (2011,2012 гг.)

Генетический параметр	Показатель			
	Масса 1000 зерен		Масса зерна с колоса	
	2011	2012	2011	2012
$D \pm S_D$	7,67±2,99	0,55±4,93	0,20±0,01	0,25±0,03
$F \pm S_F$	10,07±7,46	-4,21±12,30	0,26±0,03	0,20±0,07
$H_1 \pm S_{H1}$	79,59±8,07	29,15±13,30	0,62±0,03	0,21±0,08
$H_2 \pm S_{H2}$	72,60±7,32	26,99±12,06	0,50±0,03	0,10±0,07

$h^2 \pm S_h^2$	58,72±4,94	18,93±8,14	0,44±0,02	0,03±0,01
$E \pm S_E$	1,87±1,22	13,43±2,01	0,01±0,005	0,05±0,01
H_1/D	10,38	53,00	3,10	0,84
$(H_1/D)^{1/2}$	3,22	7,28	1,78	0,92
$H_2/4H_1$	0,23	0,23	0,20	0,12

Ни один из сортов не обладал всеми доминантными или всеми рецессивными аллелями. Однако линия ПРАГ 468 в условиях обоих лет несла около 75% аллелей, проявляющих доминантные эффекты. АДК1369t – только в условиях 2011 года. Сорт Нина в условиях 2012 года также характеризовался преобладанием доминантных аллелей. Значит, есть перспектива выделить в последующих генерациях, особенно с участием линии ПРАГ 468, положительные трансгрессии по массе 1000 зерен.

По признаку «масса зерна с колоса» соотношение H_1/D , отражающее средний уровень доминирования по всем полиморфным локусам, в 2012 году было близко к единице, следовательно, в условиях этого года проявлялось полное доминирование (табл. 2), тогда как в 2011 году наблюдалось сверхдоминирование.

Графики регрессии W_r на V_r подтверждают, что в 2012 году среднее доминирование близко к полному (линия регрессии проходит практически через нуль), а в 2011 году проявилось сверхдоминирование (пересечение ниже нуля) (рис. 2).

Коэффициент корреляции r (x_{r1} ; $W_r + V_r$) в оба года изучения имел отрицательные значения. Это свидетельствует о том, что сорта с большей массой зерна с колоса несут большее число доминантных аллелей.

АДК 1369t, 6418-145 и Нина в годы изучения стабильно характеризовались преобладанием доминантных аллелей. ПРАГ 468 – только в 2011 году, а сорт Немчиновский 56 – только в 2012 году.

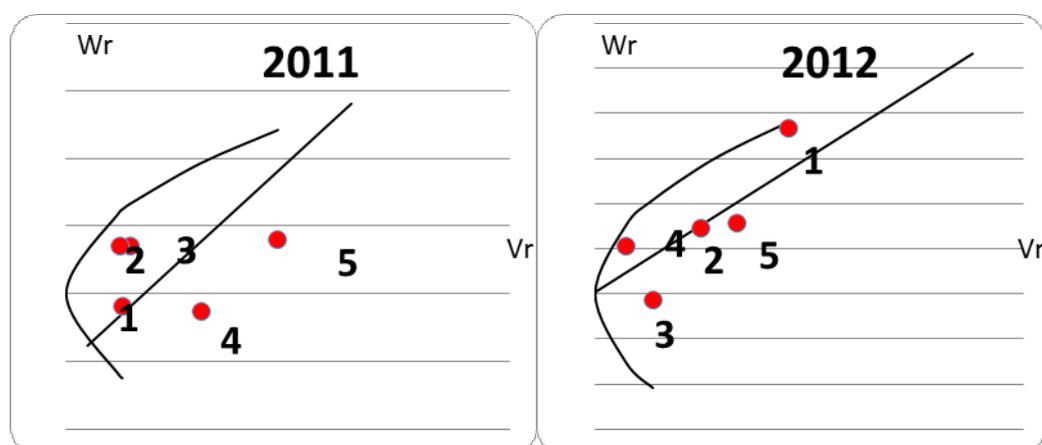


Рис. 2. Графический анализ генетического контроля массы зерна с колоса у 5 сортов (2011, 2012 гг): 1 – ПРАГ 468, 2 – АДК 1369t, 3 – 6418-145, 4 – Нина, 5 – Немчиновский 56.

В ходе изучения наследования содержания белка в зерне было установлено, что сорта с большим содержанием несут большее число рецессивных аллелей.

И в 2011 и в 2012 годах среднее доминирование было близко к сверхдоминированию (пересечение ниже нуля) (рис. 3). Это подтверждает соотношение $H_1/D = 4,40$ (2011 г), $1,14$ (2012 г) (табл. 3). Величина $(H_1/D)^{1/2} = 2,10$ (2011 г), $1,07$ (2012 г), характеризующая среднюю степень доминирования в отдельных локусах, также подтверждает сверхдоминирование.

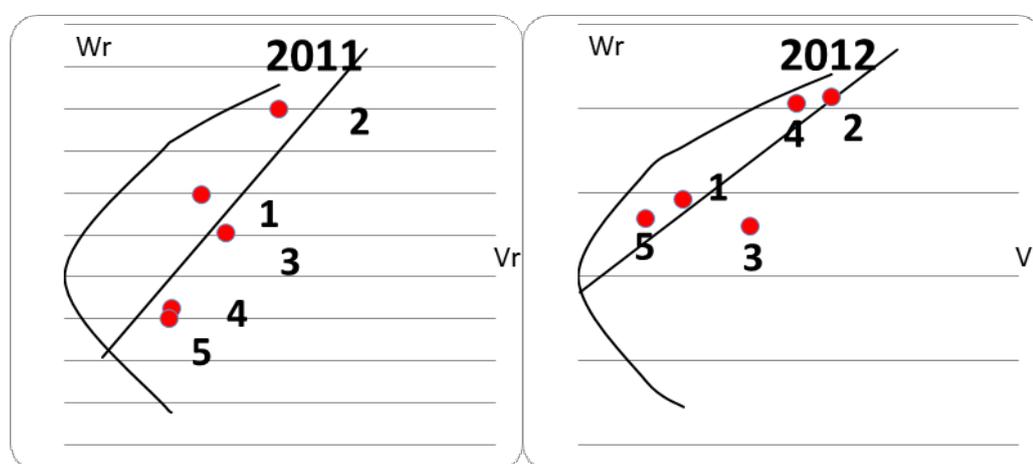


Рис. 3. Графический анализ генетического контроля содержания белка в зерне у 5 сортов озимой тритикале (2011, 2012 гг): 1 – ПРАГ 468, 2 – АДК 1369t, 3 – 6418-145, 4 – Нина, 5 – Немчиновский 56

3. Компоненты генетической дисперсии, полученные на основе анализа диаллельных скрещиваний 5x5 (2011,2012 гг.)

Генетический параметр	Показатель			
	Содержание белка в зерне		Число падения	
	2011	2012	2011	2012
$D \pm S_D$	1,74±0,09	0,79±0,32	472,47±238,21	4103,24±889,31
$F \pm S_F$	1,38±0,23	-1,24±0,81	815,46±595,04	3838,13±2221,50
$H_1 \pm S_{H1}$	7,65±0,25	-0,69±0,88	4886,58±643,30	4791,31±2401,70
$H_2 \pm S_{H2}$	7,26±0,22	-0,37±0,80	3903,21±583,48	3968,89±2178,36
$h^2 \pm S_h^2$	5,21±0,15	-0,62±0,54	64,03±393,94	9962,25±1470,71
$E \pm S_E$	0,01±0,04	0,83±0,13	51,03±97,25	426,86±363,06

H_1/D	4,40	1,14	10,34	1,17
$(H_1/D)^{1/2}$	2,10	1,07	3,22	1,08
$H_2/4H_1$	0,24	0,13	0,20	0,21

Наибольшим числом рецессивных аллелей, отвечающих за высокое содержание белка в зерне, характеризовался АДК 1369t (75%). Соотношение доминантных и рецессивных аллелей у сортообразцов ПРАГ 468 и 6418-145 – 50:50, у Немчиновского 56 – 75:25. Сорт Нина в 2011 году находился в зоне с преобладанием доминантных аллелей, а в 2012 году – в зоне с преобладанием рецессивных.

По показателю «число падения» (ЧП) и в 2011 и в 2012 годах среднее доминирование было близко к сверхдоминированию (рис. 4, табл. 3).

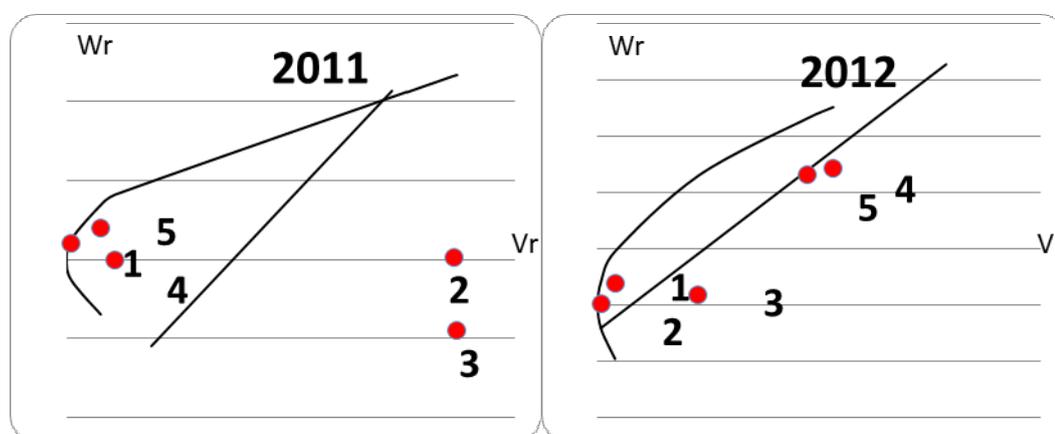


Рис. 4. Графический анализ генетического контроля признака «число падения» у 5 сортов озимой тритикале (2011, 2012 гг): 1 – ПРАГ 468, 2 – АДК 1369t, 3 – 6418-145, 4 – Нина, 5 – Немчиновский 56

Было установлено, что высокая выраженность данного признака определяется рецессивными аллелями. В 2011 году отмечалось неаллельное взаимодействие генов (эпистаз), т.е. было нарушено одно из условий, предъявляемых к диаллельному анализу по Хейману. В результате не представлялось возможным выявить сорта со стабильно высокой по годам концентрацией рецессивных аллелей в генотипе.

Таким образом, результаты анализа по методу Хеймана показали, что для всех изученных признаков характерна аддитивно-доминантная схема наследования. Для массы 1000 зерен и признаков качества зерна (содержание белка, ЧП) в первом поколении было выявлено сверхдоминирование. По массе зерна с колоса в годы изучения (2011-2012гг.) характер наследования менялся от полного доминирования до сверхдоминирования.

В формировании высоких значений признаков продуктивности основной вклад вносят доминантные гены. Поэтому по их концентрации можно судить о перспективности

комбинаций скрещиваний с участием того или иного сортообразца. В связи с этим по массе 1000 зерен выделилась линия ПАРГ 468. По массе зерна с колоса – АДК 1369t, 6418-145 и Нина. В формирование высокой белковости зерна основной вклад вносят рецессивные гены, наибольшей концентрацией которых характеризовалась линия АДК 1369t. Высокое ЧП также определяется рецессивными аллелями, однако в условиях 2011 года отмечалось неаллельное взаимодействие генов. Таким образом, не представлялось возможным выявить сортообразцы со стабильно высокой по годам концентрацией рецессивных аллелей в генотипе.

Литература

1. Орлова, Н.С. Селекция тритикале: Учеб. пособие по част. селекции/ Н.С. Орлова.– Саратов: Изд-во Саратов. гос. с.-х. акад., 1997. – 57 с.
2. Медведев, А.М. Селекционно-генетический потенциал зерновых культур и его использование в современных условиях/А.М. Медведев, Л.М. Медведева// Моск. отд-ние Всерос. науч.-исслед. ин-та растениеводства им. Н.И. Вавилова. – М., 2007. –
3. Лукьяненко, П.П. Избранные труды/П.П. Лукьяненко.–М.: Агропромиздат, 1990. - 428 с.
4. Коновалов, Ю.Б. Практикум по селекции и семеноводству полевых культур/ Ю.Б. Коновалов, А.Н. Березкин, Л.И. Долгодворова.–М.: Агропромиздат, 1987. – 367 с.
5. Calderini, D.F. Changes in grain weight as a consequence of de-graining treatments at pre- and post-anthesis in synthetic hexaploid lines of wheat (*Triticum durum* x *T. tauschii*) / D.F. Calderini, M.P. Reynolds//Australian Journal of Plant Physiology 27, 2000, p. 183–191.
6. Пома, Н.Г. Пути и методы улучшения тритикале в процессе селекции в Центральном регионе России/Н.Г. Пома, А.В. Сергеев, В.В. Осипов, С.Д. Жихарев// Достижения и перспективы научного обеспечения агропромышленного комплекса Центрального региона России: Сборник материалов научно-практической конференции, посвященной 80-летию Московского НИИСХ «Немчиновка».– М.: ООО «НИПКЦ Восход-А», 2012. – С. 91-99.
7. Сергеев, А.В. Прорастание зерна тритикале на корню и селекция на устойчивость к этому признаку. / А.В. Сергеев, Н.С. Беркутова, С.Н. Чичкин // Сельскохозяйственная биология, 1987.– №9.– С. 12-16.

Literature

1. *Orlova, N.S.* Triticale breeding: teaching manual on breeding/ N.S. Orlova.– Saratov: Pub.of Saratov SAA, 1997. – 57 p.
2. *Medvedev, A.M.* Breeding-genetic potential of grain crops and its use nowadays/A.M. Medvedev, L.M. Medvedeva// Moscow dep. of RIPG after N.I. Vavilov. – Moscow, 2007. – 483 p.
3. *Lukyanenko P.P.* Selected works/ P.P. Lukyanenko.– Moscow: Agropromizdat, 1990. – 428 p.
4. *Konovalov, Yu.B.* Practice work on breeding and seed-growing of crops/Yu.B. Konovalov, A.N. Berezkin, L.I. Dolgodvorova.– Moscow: Agropromizdat, 1987. – 367 p.
5. *Calderini, D.F.* Changes in grain weight as a consequence of de-graining treatments at pre- and post-anthesis in synthetic hexaploid lines of wheat (*Triticum durum* x *T-tauschii*)/ D.F. Calderini, M.P. Reynolds// Australian Journal of Plant Physiology 27, 2000.– P. 183–191.
6. *Poma, N.G.* ways and methods of triticale improvement in the process of breeding in Central region of Russia/ N.G. Poma, A.V. Sergeev, V.V. Osipov, S.D. Zhikharev// Achievements and perspective of scientific supply of AIC Central region of Russia: Collection of materials of science-practical conference, dedicated to 8-th anniversary of Moscow RIA ‘Nemchinovka’. – M.: OOO “NIIK Voskhod-A”, 2012. – P.91-99.
7. *Sergeev, A.V.* Germination of triticale on a root and its breeding on tolerance to this trait/ A.V. Sergeev, N.S. Berkutova, S.N. Chichkin// Agricultural Biology, 1987.– № 9.– P. 12-16.