

Dragov, R. (2017). Genetic and breeding study of number of grains per spike in durum wheat. *Rastenievadni nauki (Bulgarian Journal of Crop Science)*, 54(2), 24–32 (Bg).

Генетико-селекционно изследване на признака брой зърна в клас при твърдата пшеница

Рангел Драгов

Институт по полски култури - Чирпан

E-mail: dragov1@abv.bg

Резюме

Един от главните методи за повишаване на продуктивността на културните растения е чрез селекционно подобряване на сортовете. Броят на зърната в клас е важен количествен признак при селекцията на твърдата пшеница и е пряко свързан с добива. За установяване на генетичната природа и наследяването на признака брой зърна в клас е извършена диалелна кръстоска с участието на пет съвременни сорта твърда пшеница. Анализът на варианса показва достоверни различия между генотиповете. На това основание са изчислени генетичните параметри и показатели (по Hayman, 1954) и обща и специфична комбинативна способност (по Griffing, 1956). Резултатите показват, че преобладават неадитивните генни ефекти над адитивните, следователно ефективен отбор по признака брой зърна в клас следва да се води в по-късните разпадни генерации. Установени са добрите комбинатори, които съдържат гени с адитивни ефекти за повишаване броя на зърната в клас. В нашия набор от сортове участие в контрола на признака брой зърна в клас вземат 2-3 гена. Установява се, че нарастването на броя на зърната в клас е свързано с натрупването на доминантни гени. Коефициентите на наследяемост в широк (H^2) и тесен (h^2) смисъл са изчислени по метода на Mather and Jinks (1982). Получени са високи коефициенти на наследяемост в широк смисъл, което показва възможност за водене на ефективен отбор на генотип по фенотип. Преобладават ниски коефициенти на наследяемост в тесен смисъл, от което следва отборът да започне в по-късните разпадни генерации (F_4 - F_5).

Ключови думи: твърда пшеница; селекция; диалелен анализ; брой зърна в клас

Genetic and breeding study of number of grains per spike in durum wheat

Rangel Dragov

Field Crops Institute, Chirpan, Bulgaria

E-mail: dragov1@abv.bg

Abstract

One of the major methods to increase productivity of crops is through plant breeding improving on varieties. The number of grains per spike is an important quantitative attribute in plant breeding of durum wheat and is directly related to the yield. For the genetic nature and inheritance of the trait number of grains per spike is done diallel cross featuring five modern durum wheats. Analysis of variance showed significant differences between genotypes. Genetic parameters and indicators (by Hayman, 1954) and general and specific combining ability (by Griffing, 1956) are calculated on this basis. The results show predominant non-additive gene effects over additive gene effects. This shows that effective selection for number of grains per spike should start in the later generations. Here have established good combiners which contain genes with additive effects to increase the number of kernel per spike. In our range of varieties 2-3 genes take part in control of number of grains per spike in durum wheat. It was found that the increase in number of grain per spike is associated with the accumulation

of dominant genes. Coefficient of heritability in broad (H^2) and narrow (h^2) sense is calculated by the method of Mather and Jinks (1982). Received high coefficients of heritability in the broad sense indicate the possibility of conducting an effective selection of genotype by phenotype. Prevailing low coefficients of heritability in the narrow sense show that the selection have to start in later generations (F_4 - F_5).

Key words: durum wheat; plant breeding; diallel analysis; grain number per spike

ВЪВЕДЕНИЕ

Бързо нарастващият брой на населението в света изисква повишаване на земеделската продукция за изхранването му, особено производството на зърнени култури, осигуряващи 20% от калориите и протеина на хората в световен мащаб. За разлика от обикновената пшеница, продукцията от твърда пшеница се използва изцяло за изхранване на човека. Един от най-успешните методи за решаване на този проблем е селекционното подобряване на сортовете. Основната цел на селекционните програми е получаването на сортове с висок потенциал за добив (Petrovich et al., 2012). Добивът има сложна структура от различни компоненти, като всички показват количествено наследяване, обусловено от полигенни системи (Vaezi et al., 2000; Foroozanfar and Zeynali, 2013). Натрупването на познания относно природата на генните ефекти за компонентите на добива и тяхното проявление са от първостепенна важност за конструирането на ефективна селекционна програма (Inamullah, 2004). Диалелният анализ има възможност прецизно да изследва генетичния контрол на компонентите на добива, както съобщават Gupta et al. (1988), Dimitrijevič and Kraljevič-Balalič (1992), Menon and Sharma (1994), Petrovich et al. (1995), Dimitrijevič et al. (2002), Zečević et al. (2005). Диалелният анализ е един от методите, прилагани от селекционерите за оценка на генетични параметри и получаването на предварителна информация относно генетичното поведение на признаците в F_1 поколение (Farshadfar et al., 2012). Диалелните кръстоски позволяват установяването на основни генетични параметри, касаещи количествени селекционни признаци. Те дават възможност за формулирането на важни препоръки за водене на селекционния процес по определен признак. Целта на изслед-

ването е да се изясни генетичната природа на признака брой зърна в клас при твърдата пшеница при наши условия с използване на 5×5 диалелна схема.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Изследването е извършено в опитното поле на Институт по полски култури - Чирпан в периода 2014-2016 г. В метеорологично отношение и трите реколтни години се характеризират с мека зима (температури, по-високи от нормата). Различията между тях са в разпределението на валежите, които като сума са по-високи от нормата. През 2014 година многото валежи са в края на вегетацията, а през 2015 - в началото на вегетацията, през ранната пролет. Реколтната 2016 г. се характеризира с топла зима и засушаване в края на вегетационния период. В изследването са включени пет генетично различни сорта твърда пшеница: Victoria (BG), Deni (BG), Superdur (AT), Progres (BG), Predel (BG). Кръстосани са по диалелна схема, т.е. всички възможни комбинации между тях без реципрочните. Десетте кръстоски F_1 и родителите са засявани в блокова схема с три повторения за реколтните години. Родителите са представени във всяко повторение от парцелка в три реда, а хибридите F_1 - в два. Дължината на редовете е 2 m с междуредово разстояние 20 cm и разстояние между растенията 5 cm. Преброени са зърната на главния клас от 20 произволно избрани растения от парцелка, като средната стойност е включена в статистически анализ. Диалелният анализ е провеждан по метода на Nauman (1954), а графичният диалелен анализ - по метода на Jinks (1954). Анализът за комбинативна способност е провеждан по метод II и модел 1 на Griffing (1956). Коэффициентите на наследяемост в широк (H^2) и тесен (h^2)

смисъл са изчислени по метода на Mather and Jinks (1982).

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

На Таблица 1 са дадени средните стойности за трите години на изследване по признака брой зърна в клас. На нея се вижда, че варирането по стойности на родителите е от 47,34 до 61,0 броя зърна в клас. При F₁ хибридите варирането е от 42,9 до 64,96 броя.

Проведеният анализ на варианса за брой зърна в клас по години (Таблица 2), установява достоверни различия между генотиповете за всяка година. Това дава възможност за използването на диалелния анализ за по-задълбочено проучване на генетичните причини, контролиращи изследвания признак.

За установяване вариансите на общата комбинативна способност (ОКС) и специфичната комбинативна способност (СКС) е направен анализ на варианса. Данните от този анализ по години са поместени в Таблица 3. Той показва доказани

различия между генотиповете, доказани ефекти на ОКС и доказани ефекти на СКС за трите години на изследването. Следователно наблюдаваме достоверно участие както на адитивните генни ефекти (ОКС), така и на неадитивните (СКС), в наследяването на признака брой зърна в клас при твърдата пшеница. Такива резултати при пшеница получават и Petrovich et al. (2012) и Knezhevich et al. (2006). Съотношението на вариансите на ОКС и СКС (σ_g^2 / σ_s^2) показва преобладаване на неадитивните генни ефекти над адитивните генни ефекти през трите години на изследване. Същите резултати се съобщават и от Petrovich et al. (2012) и Ali and Sulaiman (2014) и др. Следователно ефективен отбор в селекцията на брой зърна в клас при твърдата пшеница следва да се води в по-късните разпадни генерации, когато намалява влиянието на неадитивните генни ефекти.

На Таблица 4 са поместени стойностите за ОКС на родителите и СКС на кръстоските. Като добри комбинатори за повишаване броя на зърната в клас се явяват сортовете Предел (55) и Superdur (33). Тези генотипове съдържат повече

Таблица 1. Средни стойности за брой зърна в клас (бр.)

Table 1. Mean values for grain number per spike (n)

Генотипове/ Genotypes	Код / Code	F1 – 2014	F1 – 2015	F1 – 2016
Victoria	11	50.46	53.21	56.81
Deni	22	47.34	54.59	53.34
Superdur	33	53.27	55.95	59.2
Progres	44	47.94	54.7	51.36
Predel	55	50.72	61	54.59
Victoria x Deni	12	50.56	51.53	55.2
Victoria x Superdur	13	57.56	52.76	63.56
Victoria x Progres	14	50.73	51.2	55.26
Victoria x Predel	15	56.7	57.4	56.53
Deni x Superdur	23	54.7	55.33	60.76
Deni x Progres	24	42.9	57.4	49.33
Deni x Predel	25	51.83	62.7	53.9
Superdur x Progres	34	59.03	58.43	54.46
Superdur x Predel	35	49.93	64.96	59.96
Progres x Predel	45	46.9	59.9	50.03
Средно / Mean		51,3±1,04	56,7±0,98	55,61±0,96

Таблица 2. Анализ на варианса за брой зърна в клас по години**Table 2.** ANOVA on grain number per spike by years

Години / Years	Източници на вариране / Source of variance	Сума на квадратите / Sum of squares	Средни квадрати / Mean squares	Доказаност / Significant
2014	Генотипове / Genotypes	2136,43	152,6	***
	Повторения / Replications	53,97	26,96	n.s.
	Грешка / Error	874,01	31,27	
2015	Генотипове / Genotypes	1391,9	99,41	***
	Повторения / Replications	78,34	39,17	***
	Грешка / Error	212,7	7,59	
2016	Генотипове / Genotypes	931,3	66,5	***
	Повторения / Replications	261,1	130,6	***
	Грешка / Error	161,2	5,75	

*** - $P \leq 0,001$; n.s. – недостоверно (no significant)

Таблица 3. Анализ на варианса за обща комбинативна способност (ОКС), специфична комбинативна способност (СКС) и отношение на вариансите на ОКС и СКС (σ_g^2 / σ_s^2) по години**Table 3.** Analysis of variance of general combining ability (GCA), specific combining ability (SCA) and relation to variance of GCA and SCA (σ_g^2 / σ_s^2) by years

Variance / Year	F1 – 2014	F1 – 2015	F1 – 2016
ОКС / GCA	104.11***	168.4***	157.6***
СКС / SCA	171.99***	71.82***	30.08***
σ_g^2 / σ_s^2	0,06	0,21	0,74

*** - $P \leq 0,001$; n.s. – недостоверно (no significant)

Таблица 4. Стойности за обща комбинативна способност (ОКС) на родителите и специфична комбинативна способност (СКС) на кръстоските за брой зърна в клас по години**Table 4.** Values for general combining ability (GCA) of parents and values for specific combining ability (SCA) of the crosses for grain number per spike by years

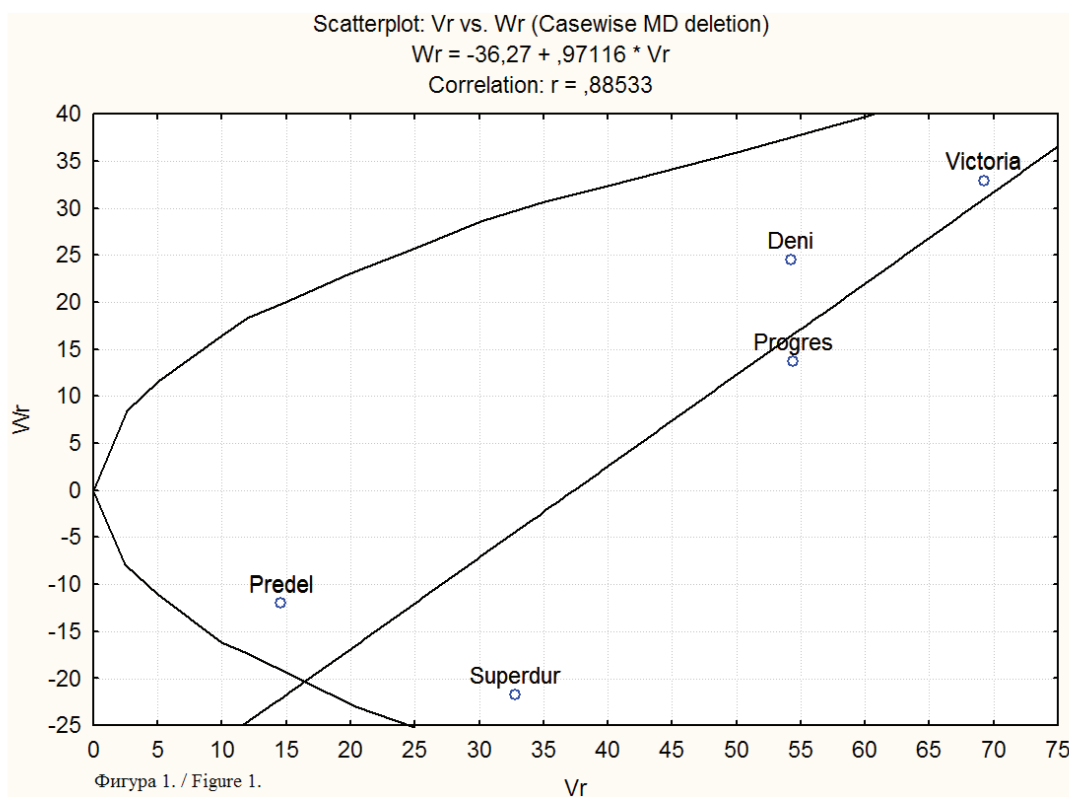
Родители / Parents	Код / Code	ОКС / GCA		
		F1 – 2014	F1 – 2015	F1 – 2016
Victoria	11	-0.29 n.s.	-1.57*	1.5*
Deni	22	-2.52*	-1.61*	-1.82*
Superdur	33	2.9*	-0.32 n.s.	3.75*
Progress	44	-1.6 n.s.	-1.45*	-3.21*
Predel	55	1.52 n.s.	4.97*	-0.22 n.s.
Кръстоски / Crosses		СКС / SCA		
Victoria x Deni	12	4.86*	-0.31 n.s.	1.01 n.s.
Victoria x Superdur	13	6.42*	-0.38 n.s.	3.8*
Victoria x Progress	14	4.1*	-0.8 n.s.	2.46*
Victoria x Predel	15	6.94*	-1.04 n.s.	0.74 n.s.
Deni x Superdur	23	5.79*	2.22*	4.33*
Deni x Progress	24	-1.4 n.s.	5.42*	-0.13 n.s.
Deni x Predel	25	4.3*	4.29*	1.43 n.s.
Superdur x Progress	34	9.2*	5.16*	-0.5 n.s.
Superdur x Predel	35	-3.02 n.s.	5.26*	1.9*
Progress x Predel	45	-1.54 n.s.	1.33 n.s.	-1.04 n.s.

* - $P \leq 0.05$; n.s. – недостоверно (no significant)

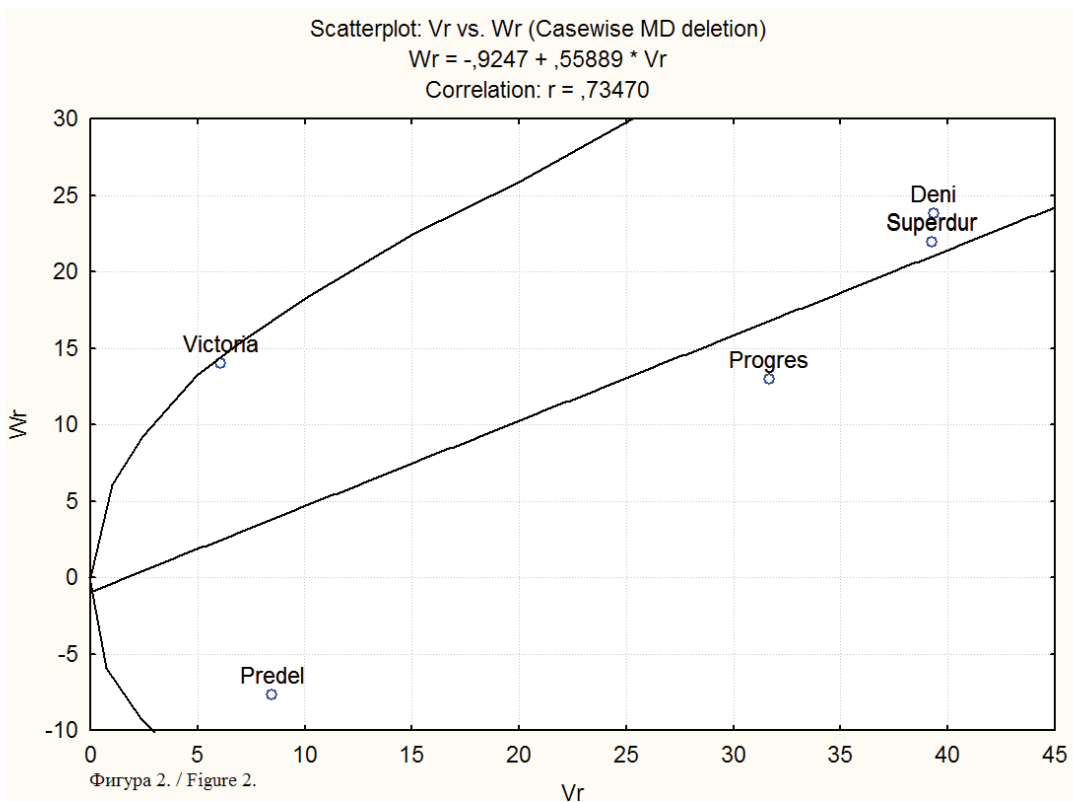
гени с адитивни ефекти. Те могат успешно да се използват в селекционния процес на твърдата пшеница по признака брой зърна в клас. Вижда се, че само родителският сорт Дени (22) има отрицателна, доказана стойност за трите години и същият довежда до намаляване броя на зърната в клас при хибридите, получени с негово участие. Установени са и други сортове с отрицателни ОКС ефекти. Наблюдава се една ясно очертана добра комбинация по отношение на СКС ефектите. Комбинацията е Дени x Superdur (23), която показва доказани положителни стойности за СКС във всички случаи на изследване по този признак. За отбелязване е, че нейните родители се явяват носители на висока и ниска комбинативна способност. Подобен резултат е получен и от Ljubičić et al. (2014) при обикновена пшеница.

На фигури 1, 2 и 3 за реколтни години съответно 2014, 2015 и 2016, са поместени регресионните анализи на Vr/Wr. Те показват свръхдоминиране при наследяването на признака брой зърна в клас и за трите години, понеже линията на регресия пресича ординатата под начална-

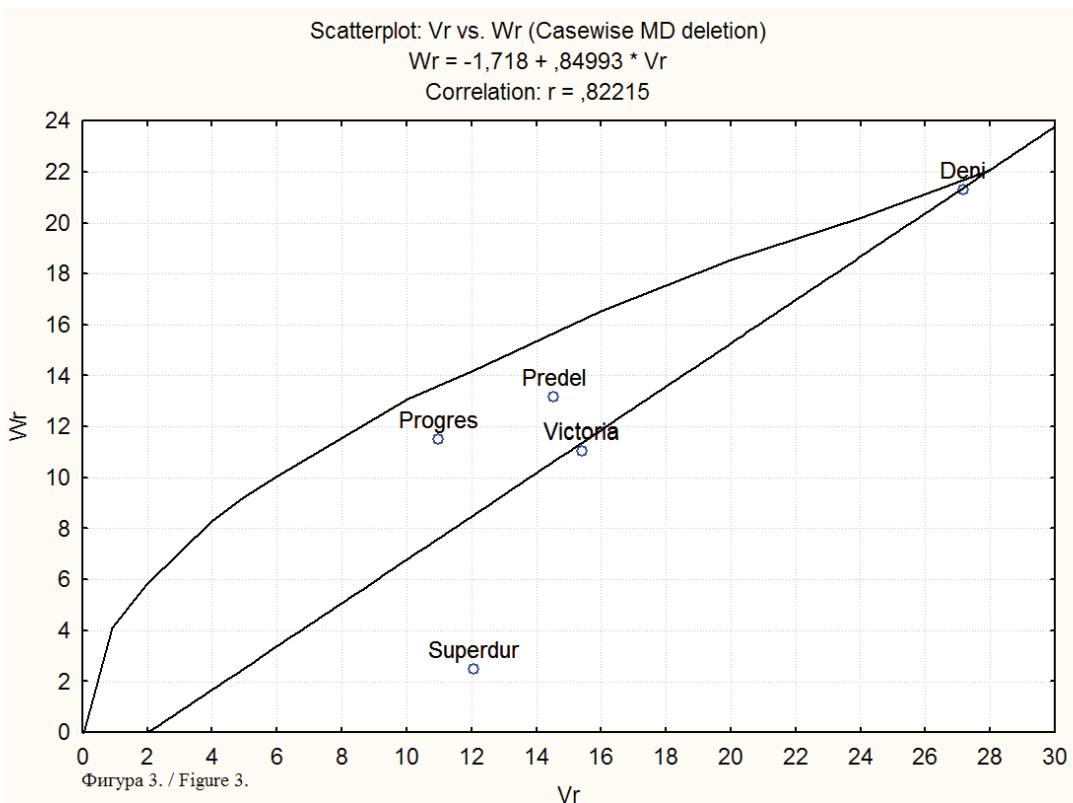
та точка. Такъв резултат е получен и от Akram (2004), Perišić et al. (2011), Petrovich et al. (2012) и други. Стойностите на коефициентите на регресия се различават достоверно от нула и недостоверно от единица. Точките на сортовете в координатната система са разхвърляни по дължината на линията на регресия и показват генетични различия между тях по отношение на признака. Разположението на точките на родителите е свързано с преобладаването на доминантни или рецесивни гени. Тези, които се намират по-близо до началото на координатната система, притежават повече доминантни гени, а най-отдалечените - повече рецесивни. Преместването на точките на родителите се дължи на промяната на условията в различните години. Въпреки това, погледнато общо върху трите години, сорт Дени се намира в отдалечената част на регресията и носи повече рецесивни гени по отношение на броя на зърната в клас. Сортовете Superdur и Прогрес се намират в средата на графиката, което показва едно по-балансирано състояние на доминантни към рецесивни гени.



Фигура 1. Графичен диалелен анализ за брой зърна в клас, 2014 г.
Figure 1. Graphical diallel analysis for grain number per spike, 2014



Фигура 2. Графичен диалелен анализ за брой зърна в клас, 2015 г.
Figure 2. Graphical diallel analysis for grain number per spike, 2015



Фигура 3. Графичен диалелен анализ за брой зърна в клас, 2016 г.
Figure 3. Graphical diallel analysis for grain number per spike, 2016

Сорт Предел в две от опитните години показва преобладаване на доминантни гени, а в една от годините е бил балансиран в това отношение. В различните години сорт Виктория заема различно положение - от преобладаване на доминантни до преобладаване на рецесивни гени.

На Таблица 5 са дадени генетичните параметри и показатели по Nauman (1954) и Jinks (1954) за броя зърна в клас от диалелната кръстоска за всяка от трите години на изпитване. Параметърът D, измерващ адитивния вариант, има доказани стойности за трите години. Това потвърждава съществената роля на адитивното действие на гените в контрола на признака брой зърна в клас при твърдата пшеница. Параметрите H_1 и H_2 измерват доминантните ефекти. Вижда се, че и в трите години на изпитване двата параметъра са доказани и показват голямото значение на доминирането в наследяването на признака брой зърна в клас. Параметърът F в две от годините не се различава от нула и сочи за относителен баланс между положителни гени, а доказаната отрицателна стойност за третата година сочи преобладаване на рецесивни гени. Параметърът h_2 също има връзка с доминирането. Показате-

лят $(H_1/D)^{1/2}$ е средна степен на доминиране в локус. Неговите стойности, които са по-големи от единица, и за трите години показват наличието на свръхдоминиране, което съвпада с данните от фигурите. Стойностите за показателя $H_2/4H_1$, които се различават от 0,25, показват неравномерно разпределение на гените с положителен и отрицателен ефект в родителите. Отношението на броя на доминантните към броя на рецесивните гени е отбелязано с Kd/Kr. Нашите данни показват, че за 2014 и 2015 години се наблюдава превишение на доминантните над рецесивните гени, а за 2016 година - превъзходство на рецесивните. Показателят h_2/H_2 говори за участие на 2-3 гена в контрола на признака брой зърна в клас при твърдата пшеница. Корелационният коефициент $r_{Yr,(Wr+Vr)}$ между стойността на признака при родителите и стойността на тяхната сума (Wr+Vr) показва, че нарастването на броя на зърната в клас е свързано с натрупване на доминантни гени в генотипа. Голямо значение на доминантния компонент в генетичното вариране и свръхдоминиране в наследяването на броя на зърната в клас е получено и от други автори - Rahman et al. (2003), Akram et al. (2009),

Таблица 5. Генетични параметри и показатели за брой зърна в клас от диалелната кръстоска
Table 5. Genetic parameters and indicators for grain number per spike of diallel cross

Параметри и показатели / Parameters and indicators	F1 – 2014	F1 – 2015	F1 – 2016
D	16.15 ± 5.99	31.24 ± 6.12	12.58 ± 2.15
F	11.0 ± 14.98	13.16 ± 15.29	-18.93 ± 5.38
H_1	151.1 ± 16.2	73.45 ± 16.53	22.01 ± 5.82
H_2	137.89 ± 14.69	56.5 ± 14.99	18.23 ± 5.27
h_2	285.7 ± 2.44	100.89 ± 2.49	42.11 ± 0.87
E	9.93 ± 11.34	3.46 ± 11.57	4.41 ± 4.07
$(H_1/D)^{1/2}$	3.05	1.14	1.2
$H_2/4H_1$	0.22	0.19	0.20
Kd/Kr	1.24	1.31	0.27
h_2 / H_2	2.07	1.78	2.31
$r_{Yr,(Wr+Vr)}$	-0.96	-0.93	-0.68
Коефициент на наследяемост / Heritability coefficient			
H^2 (широк смисъл) (broad sense)	0.81	0.90	0.83
h^2 (тесен смисъл) (narrow sense)	0.17	0.5	0.66

Hassan (2004) и Petrovic et al. (2012) и други. На Таблица 5 са дадени коефициентите на наследяемост в широк и тесен смисъл. Получените коефициенти на наследяемост в широк смисъл H^2 са високи и показват възможностите за водене на ефективен отбор на генотип по фенотип. Коефициентите на наследяемост в тесен смисъл h^2 са ниски в два от случаите и показват необходимостта отборът да започне в по-късните разпадни генерации. За третата година h^2 е сравнително висок. Това предполага, че в отделни години условията на средата могат да подпомагат селекционния процес.

ИЗВОДИ

Според анализа за комбинативна способност наследяването на признака брой зърна в клас се контролира както от адитивните, така и от неадитивните генни ефекти.

Вариансът на специфичната комбинативна способност е значително по-голям от варианса на общата комбинативна способност, което предполага по-голяма роля на неадитивните генни ефекти в наследяването на признака брой зърна в клас при твърдата пшеница.

Коефициентите на наследяемост в широк смисъл H^2 са високи и показват възможностите за водене на ефективен отбор на генотип по фенотип.

Коефициентите на наследяемост в тесен смисъл h^2 са ниски и говорят за необходимостта отборът да започва от по-късните разпадни генерации.

ЛИТЕРАТУРА

- Akram, Z.** (2004). Genetic implication of quality and yield contributing characteristics in wheat (*Triticum aestivum* L.). Doctoral dissertation, Department of Plant Breeding and Genetics, Faculty of Crop and Food Sciences, Arid Agriculture University Rawalpindi, Pakistan.
- Akram, Z., Ajmal, S. U., Shabbir, G., Munir, M., & Cheema, N. M.** (2009). Inheritance mechanism of some yield components in bread wheat. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 22(1/2), 1-8.
- Ali, I., & Suleiman, F.** (2014). Analysis of combining ability, gene action and heterosis in a full diallel cross of bread wheat. *Mesopotamia J. of Agric.*, 42(1), 255-269.
- Dimitrijevic, M., & Kraljevic-Balalic, M.** (1992). Combining ability for number of kernels per spike in wheat. *Genetika* (Yugoslavia), 24, 139-144.
- Dimitrijević, M., Knežević, D., Petrović, S., & Zečević, V.** (2002). Variability and stability of harvest index in wheat (*triticum aestivum* l.). *Kragujevac Journal of Science*, (24), 91-96.
- Farshadfar, E., Rafiee, F., & Yghotipoor, A.** (2012). Comparison of the efficiency among half diallel methods in the genetic analysis of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought stress condition. *Annals of Biological Research*, 3(3), 1607-1622.
- Foroozanfar, M., & Zeynali, H.** (2013). Inheritance of some correlated traits in bread wheat using generation mean analysis. *Advanced Crop Science*, 3(6), 436-443.
- Griffing, B.** (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian journal of biological sciences*, 9(4), 463-493.
- Gupta, S., Ahmad, Z., & Gupta, R. B.** (1988). A study of gene effects for some quantitative traits by different diallel models in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Genetika*, 20(1), 40-51.
- Hassan, G.** (2004). *Diallel analysis of some important parameters in wheat (Triticum aestivum L.) under irrigated and rainfed conditions* (Doctoral dissertation, University of Agriculture, Peshawar, Pakistan).
- Hayman, B. I.** (1954). The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics*, 39(6), 789-809.
- Inamullah, H. A.** (2004). *Inheritance of important traits in bread wheat using diallel analysis* (Doctoral dissertation, Doctoral dissertation. NWFP Agricultur University Peshawar, Pakistan).
- Jinks, J. L.** (1954). The analysis of continuous variation in a diallel cross of *Nicotiana rustica* varieties. *Genetics*, 39(6), 767-788.
- Knezhevich, D., Zhechevich, V., Micanovich, D., Madich, M., Paunovich, A., Dukich, N., Uroshevich, D., Dimitrievich, B., Jordachijvich, S.** (2006). Genetic analysis of number of kernels per spike in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Kragujevac Journal of Science*, (28), 153-157.
- Ljubičić, N., Petrović, S., Dimitrijević, M., & Hristov, N.** (2014). Inheritance of the grain number per spike in diallel cross of 5x5 bread wheat cultivars. *Ratarstvo i povrtarstvo*, 51(3), 166-169.
- Mather, K., & Jinks, J. L.** (1982). *Biometrical genetics: the study of continuous variation*. Third ed., Chapman and Hall, London, New York. pp. 396-403.
- Menon, U., & Sharma, S. N.** (1994). Combining ability analysis for yield and its components in bread wheat over environments. *Wheat Information Service*, 79, 18-23.
- Perišić, V., Milovanović, M., Đekić, V., & Staletić, M.** (2011). Inheritance of spike length and kernel number

per spike in wheat hybrids. Zbornik radova Instituta PKB Agroekonomik, *Proceedings of Research Papers*, 17(1-2), 19-26.

Petrovic, S., Kraljevic-Balalic, M., & Dimitrijevic, M. (1995). The mode of inheritance and gene effects for plant height and harvest index in different wheat genotypes. *Genetika (Yugoslavia)*, 27, 169-180.

Petrović, S., Dimitrijević, M., Ljubičić, N., & Banjac, B. (2012). Diallel analysis of quantitative traits in wheat crosses. In *47th Croatian and 7th International Symposium on Agriculture, Opatija, Croatia, 13-17 February 2012. Proceedings* (pp. 313-317). University of Zagreb Faculty of Agriculture.

Rahman, M. A., Siddique, N. A., Alam, M. R., Khan A.S.M.M.R. & Alam, M. S. (2003). Genetic analysis of some yield contributing and quality characters in spring wheat (*Triticum aestivum*). *Asian J. Plant Sci*, 2(3), 277-282.

Vaezi, S., Abd-Mishani, C., Yazdi Samadi, B., & Ghanadha, M. R. (2000). Genetic analysis some of the metric traits in maize. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 30(4), 839-850.

Zečević, V., Knežević, D., Mićanović, D., Pavlović, M., & Urošević, D. (2005). The inheritance of plant height in winter wheat - *Triticum aestivum* L. *Genetika*, 37(2), 173-179.