

Оценка на стабилността и адаптивността на добива при сортове и селекционни линии обикновена зимна пшеница

Гергана Дешева*, Манол Дешев

Институт по Растителни Генетични Ресурси, 4122 гр. Садово, бул. Дружба 2

*E-mail: gergana_desheva@abv.bg

Резюме

Целите на настоящото проучване бяха да се: (i) определи стабилността и адаптивността на генотипове обикновена зимна пшеница по добив на зърно (tha^{-1}), (ii) изследва връзката на параметрите на стабилност с показателя добив на зърно при анализирания набор от генотипове и (iii) идентифициране на високодобивни, стабилни и адаптивни генотипове пшеница за селекционни цели. Изследването е проведено през периода 2015-2019 г. в опитното поле на ИРГР „К. Малков”, гр. Садово. В проучването са включени 23 сорта и 8 линии обикновена зимна пшеница. Опитът е заложен по блокова схема с рандомизирано разпределение на вариантите в 4 повторения и големина на опитната парцелка от 10 m^2 . Определени бяха 16 параметри на стабилност на добива на зърно разпределени в две групи- параметрични и непараметрични параметри. Двухакторният дисперсионен анализ на добива показва, че върху варирането на изследваният признак доминиращо влияние от 40.53% оказва взаимодействието между изпитваните генотипове и условията, при които те са отглеждани. Доказано най-високи добиви спрямо средния стандарт от опита са реализирани от сортовете: Мима, Ники Бо, Катя, Енола, Попа и Фермер и от селекционните линии - BGR36339, BGR824, BGR36334, BGR36321 и КС889. Най-стабилен в извадката от изследвани генотипове се явява сорт Бонония, следван от Момчил, Патриот и линията BGR36321. Селекционните линии BGR 824 и BGR 36321 се характеризират като високодобивни и стабилни по добив генотипове с широка адаптивност към неблагоприятните климатични условия и могат да се използват като изходен материал в селекционните програми на обикновена зимна пшеница.

Ключови думи: добив; пшеница; стабилност; адаптивност

Evaluation of the stability and adaptability of yield in varieties and breeding lines of common winter wheat

Gergana Desheva, Manol Deshev

Institute of Plant Genetic Resources, 4122 Sadovo, 2 Druzhba Str.

*E-mail: gergana_desheva@abv.bg

Citation

Desheva, G., & Deshev, M. (2021). Evaluation of the stability and adaptability of yield in varieties and breeding lines of common winter wheat. *Rastenievadni nauki*, 58(1) 3-13 (Bg).

Abstract

The objectives of the present study were to: (i) determine the stability and adaptability of common winter wheat genotypes by grain yield (tha^{-1}) (ii) examine the relationship between stability parameters and yield in the analyzed set of genotypes and (iii) identification of high-yielding, stable and adaptive wheat genotypes for breeding purposes. The study was conducted in the period 2015-2019 in the experimental field of IRGR “K. Malkov”, Sadovo. It included 23 varieties and 8 breeding lines of common winter wheat. The experiment was based on a block design scheme with a randomized distribution of variants in 4 replications and the size of the experimental plot of 10 m^2 . 16 parameters of grain yield stability were determined, divided into two groups - parametric

and non-parametric parameters. The two-factor analysis of variance showed that the variation between the tested genotypes and the conditions under which they were grown had a dominant influence on the variation of the studied trait of 40.53%. Proven the highest yields compared to the average standard of experience were realized by the varieties - Mima, Niki Bo, Katya, Enola, Ilona and Fermer and by the selection lines - BGR36339, BGR824, BGR36334, BGR36321 and KC889. The most stable in the sample of studied genotypes was the Bononia variety, followed by Momchil, Patriot and the line BGR36321. The selection lines: BGR 824 and BGR 36321 were characterized as high-yielding and stable yield genotypes with wide adaptability to adverse climatic conditions and can be used as a starting material in the breeding programs of common winter wheat.

Key words: yield; wheat; stability; adaptability

В селекционен и агробиологичен аспект един от основните параметри за диференциране на растителните генотипове е оценката за стабилност и адаптивност на добива (Antonova, 2007; Kosev & Ketikova, 2019). Оценката на стабилността на добива, като комплексен показател за възможностите на определен генотип по-пълноценно да оползотворява наличните екологични фактори и да реализира по-висок потенциал се свързва с неговата адаптивност. Този показател зависи от генотипа, неговата норма на реакция и от екологичните условия на средата. Взаимодействието генотип-среда има особено значение за неговото експониране (Dimova & Petrovska, 2010).

Разработени са няколко статистически метода за количествено определяне на стабилността на генотиповете. Анализите на стабилност (параметрични и непараметрични) предсказват относителното класиране на генотипове, тествани в серия от среди. Най-широко използваните параметрични оценки на стабилност са: регресионен коефициент (bi) (Finlay & Wilkinson, 1963), вариант на отклонение от регресията (S^2_{di}) предложено от Eberhart & Russel (1966), коефициент на детерминация (R_i^2) (Pinthus, 1973), коефициент на вариране (CVi) (Francis & Kannenberg, 1978), ековаленс (Wi) (Wricke's, 1962), вариансите на стабилност σ_i^2 и S_i^2 по Shukla (1972), компонента на среден вариант (θ_i) (Plaisted & Peterson, 1959), компонента на GE вариант ($\theta(i)$) (Plaisted, 1960) и критерия за стабилност (YSi) на Kang (1993). Непараметричните методи на стабилност са базирани на ранжиране на генотиповете във всяка среда. Генотипове с близко ранжиране в различните среди се класифицират като стабилни. Nassar & Huehn (1987) предлагат четири непараметрични оценки на фе-

нотипната стабилност- $S_i^{(1)}$, $S_i^{(2)}$, $S_i^{(3)}$ и $S_i^{(6)}$ въз основа на класификацията на генотиповете във всяка среда и дефинират стабилни генотипове като тези, чиято позиция спрямо останалите остава непроменена в набора от оценени среди. Lin & Binns (1988) предлагат модел за непараметричен анализ чрез използване на параметъра (Pi) и ранг (R). Thenarasu (1995) предлага $Np_i^{(1)}$, $Np_i^{(2)}$, $Np_i^{(3)}$ и $Np_i^{(4)}$ въз основа на ранжиране на коригирани средни стойности на генотипите във всяка среда и дефинират стабилни генотипове, използвайки дефиницията на Nassar & Huehn (1987). Тъй като посочените оценки за анализ на стабилността на генотиповете имат своите достоинства и слабости, повечето селекционни програми вече включват както параметрични, така и непараметрични методи за отбор на стабилни генотипове (Farshadfar et al., 2012; Ahmadi et al., 2015; Khalili & Pour-Aboughadareh, 2016; Vaezi et al., 2018).

Основните цели на настоящото проучване са: (i) определяне на стабилността и адаптивността на генотипове обикновена зимна пшеница по добив на зърно (tha^{-1}), (ii) изследване на връзката на параметрите на стабилност с показателя добив на зърно при анализираният набор от генотипове и (iii) идентифициране на високодобивни, стабилни и адаптивни генотипове пшеница за селекционни цели.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Изследването е проведено през периода 2015-2019 г. в опитното поле на ИРГР „К. Малков“, гр. Садово, в местността „Долусене“ на почвен тип ливадно-канелена смолницоподобна почва. В проучването са включени 23 сорта и 8 линии

обикновена зимна пшеница, създадени в ИРГР-гр. Садово (Таблица 1). Сеитбите са извършени в оптимални за района срокове – 10-20 октомври, след предшественик грах. Опитът е заложен по блокова схема с рандомизирано разпределение на вариантите в 4 повторения и големина на опитната парцелка от 10 m². През вегетацията са извършени необходимите агротехнически мероприятия, осигуряващи развитието на растенията при еднакви условия.

Данните за добива на зърно (tha⁻¹) от четирите години на изпитване на генотиповете са обработени математически чрез еднофакторен и двуфакторен дисперсионни анализи. Разликите между средните на вариантите са оценени чрез теста за най-малка допустима разлика (LSD) при нива на статистическа значимост: $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ и $p \leq 0.001$ (Lidanski, 1988). При двуфакторния дисперсионен анализ е оценена силата на влияние на източниците на вариране - гено-

Таблица 1. Списък на сортове и линии обикновена зимна пшеница, включени в изследването
Table 1. List of varieties and breeding lines of common winter, wheat included in the study

№	Име на образеца/ Name of accession	Вид/ Species	Подвид/ Subspecies
1	Енола/Enola	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. erythrosperrum</i> (Koern.) Mansf.
2	Садово 1/ Sadovol	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
3	Победа/Pobeda	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
4	Фермер/Fermer	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
5	Панацея/Panatseya	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
6	Бонония/Boioniya	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
7	Момчил/Momchil	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
8	Мургавец/Murgavets	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. erythrosperrum</i> (Koern.) Mansf.
9	Царевец/Tsarevets	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
10	Патриот/Patriot	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
11	КМ-135/КМ-135	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
12	Катя/Katya	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
13	Боряна/Boryana	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
14	Мустанг/Mustang	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
15	Садово 772/Sadovo 772	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
16	Гея-1/Geя-1	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
17	Николица/Nikolitsa	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
18	Гинес/Gines	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
19	Мима/Mima	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
20	Илона/Iloна	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
21	Грация/Gratsiya	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
22	Нова звезда/Nova zvezda	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
23	Ники Бо/Niki Bo	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
24	BGR36339	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. erythrosperrum</i> (Koern.) Mansf.
25	BGR 36396	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
26	BGR824	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
27	BGR827	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
28	КС 889	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
29	BGR36334	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
30	BGR36321	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.
31	BGR36346	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>var. lutescens</i> (Alef.) Mansf.

тип, година, взаимодействие генотип X година по метода на Plohinskii (1970), по формулата: $\eta^2 = C_i / C_y$, където η^2 е силата на влияние на източниците на вариране-генотип, година и взаимодействието генотип X година, C_i е дисперсията на съответният фактор (генотип, година или взаимодействието генотип X година), а C_y е общата дисперсия.

Статистико-математическата обработка на данните е извършена с помощта на програмата IBM SPSS Statistics 22 for Windows.

Определени са 16 параметри на стабилност на добива на зърно разпределени в две групи: параметрични и непараметрични статистически оценки. Параметричните оценки на стабилност включват: компонента на среден вариант (θ_i) (Plaisted & Peterson, 1959), компонента на GE вариант ($\theta(i)$) (Plaisted, 1960), ековаленс (W_i) на Wricke's (1962), регресионен коефициент (b_i) (Finlay & Wilkinson, 1963), вариант на отклонение от регресията ($S^2 di$) (Eberhart & Russel, 1966), вариант на стабилност σ_i^2 по Shukla (1972) и коефициент на вариране (CV_i) (Francis & Kannenberg, 1978). Непараметричните статистически оценки на фенотипната стабилност включват предложените параметрите на Nassar & Huehn (1987) ($Si^{(1)}$ - средната стойност на абсолютните рангови разлики на генотипа във всички тествани среди, $Si^{(2)}$ - отклонение между ранговете във всички тествани среди, $Si^{(3)}$ - сумата от абсолютните отклонения за всеки генотип спрямо средната стойност на ранговете и $Si^{(6)}$ - сумата от квадратите на ранга

за всеки генотип спрямо средната стойност на ранговете) и на Thennarasu (1995) ($Np(1)$, $Np(2)$, $Np(3)$ и $Np(4)$), както и рангова сума на Kang (1988) (KR). За изчисляване на посочените параметри е използвана статистическа програма *Stabilitysoft*.

Индексът на обща адаптация (General Adaptability = GA) е определена по (Vulchinkov, 1990; Vulchinkov & Vulchinkova, 2007).

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Двуфакторният дисперсионен анализ на добива показва, че върху варирането на изследваният признак доминиращо влияние от 40.53% оказва взаимодействието между изпитваните генотипове и условията, при които те са отглеждани (годината). Силата на влияние на генотипа върху изменчивостта на признака е 28.79%, докато доказаните различия между четирите години на проучване представляват 12.36% от общото вариране (Таблица 2).

При оценка на стабилността и адаптивността на генотиповете по отношение на показателя добив зърно от хектар от особено значение за достоверността на получените резултати е наличието на доказано взаимодействие между проучваните генотипове и средата, в която са отглеждани (Dimova & Petrovska, 2010; Uhr, 2015; Ivanov et al., 2018). В нашето изследване е установено доказано най-високо влияние на взаимодействието генотип X година, което поз-

Таблица 2. Двуфакторен дисперсионен анализ и сила на влияние на източниците на вариране върху добива при 31 сортове и линии обикновена зимна пшеница

Table 2. Two-way ANOVA and degree of influence of sources of variation on yield in 31 varieties and lines of common winter wheat

Източници на вариране/ Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit	η^2 , %
Генотип/ (Genotype)	80.75	30.00	2.69	19.50	6.1E-59	2.08	28.79
Година/ (Year)	34.66	3.00	11.55	83.67	2.2E-41	5.53	12.36
Генотип X Година/ (Genotype X Year)	113.68	90.00	1.26	9.15	1.6E-54	1.62	40.53
Случайно/ (Error)	51.36	372	0.14				18.32

SS – сума на квадратите, df-степен на свобода, MS - средно квадратно, η^2 -сила на влияние на източниците на вариране генотип, година и взаимодействието генотип X година, P-value - статистически значими стойности, F, F crit - критерии на Фишер

SS – sum of squares, df-degree of freedom, MS - mean square, η^2 -degree of influence of sources of variation genotype, year and interaction genotype X year, P-value - statistically significant values, F, F crit - criteria of Fisher

воли да се извърши оценка на генотиповете за стабилност и адаптивност на добива на зърно с най-висока достоверност.

Няколко изследвания наблягат на използването на параметри на стабилност за идентифициране на широко адаптирани генотипове пшеницата (Koc et al., 2000; Rharrabti et al., 2003; Ulker et al., 2006; Korkut et al., 2007; Letta et al., 2008; Uhr, 2015; Ivanov et al., 2018; Haydar et al., 2018). Tsenov & Gubatov (2018) при сравняване на основните методи за оценка на нивото и стабилността на добива зърно при зимната пшеница посочват, че използването на прости подходи като регресионен коефициент (b_i), отклонение от регресионната права (σ^2) или коефициент на вариране (CV_i) по ефективност се доближава до възможностите на големите статистически програми, създадени специално за тези цели.

На Таблица 3 е представен среден добив зърно от хектар и параметрични оценки на стабилност на добива при изследваните генотипове обикновена зимна пшеница за период от четири години. Средният добив (tha^{-1}) варира между 5.01 и 7.14 tha^{-1} . Доказано най-висок добив спрямо средният стандарт от опита е реализиран от сорт Мима (7.10 tha^{-1}), следван от Ники Бо (6.40 tha^{-1}), Катя (6.36 tha^{-1}), Енола (6.35 tha^{-1}), Илона (6.31 tha^{-1}) и Фермер (6.27 tha^{-1}). От селекционните линии най-високи добиви са реализирани от BGR36339 (6.57 tha^{-1}) и BGR824 (6.47 tha^{-1}), следвани от BGR36334 (6.27 tha^{-1}), BGR36321 (6.25 tha^{-1}) и KC889 (6.246 tha^{-1}). При останалите две линии включени в изследването получените добиви са в границите на средният стандарт от опита и не са статистически доказани. Стойностите на вариационния коефициент са между 1.50% и 22.83%. Относително най-слабо вариране по отношение на добив зърно от хектар е отчетено при селекционната линия BGR36321, която реализира по-висока продуктивност от средната за генотиповете. Останалите линии в експеримента също показват слабо вариране в границите до 10%, с изключение на линиите BGR36339 и BGR36334, при които варирането е средно (съответно 12.79% и 11.68%). От сортовете средно за четири годишният период най-слабо вариране под 5% демонстрират сортовете Нова звезда, Гинес и Бонония (Таблица 3).

Според параметричните оценки на стабилност – компонента на среден вариант (θ_i) на

Plaisted & Peterson (1959) и компонента на GE вариант $\theta(i)$ на Plaisted (1960) генотиповете, които показват по-ниска стойност за θ_i и по-високи стойности за $\theta(i)$, се считат за по-стабилни. В нашето изследване това са сортовете Бонония, Момчил и Нова Звезда (Таблица 3).

Параметрите, основани на ековаленс (W_i) на Wricke's (1962) и вариант на стабилност σ_i^2 по Shukla (1972) определят като най-стабилни Бонония, Момчил, Нова Звезда, Патриот, КМ-135 и линията BGR36321 (Таблица 3).

Взаимодействието генотип-среда е еквивалент на генотипното вариране върху фенотипната пластичност. Това качество най-добре се изразява чрез регресионния коефициент b_i . Колкото стойността на коефициента е по-голяма, толкова сортът е по-чувствителен към промените в условията на околната среда (Kosev & Kertikova, 2019). Ако b_i не се различава значително от 1, тогава генотипът е адаптивен към всички среди, ако $b_i > 1$ генотипове са с по-висока чувствителност към променящите се условия на околната среда и с по-голяма специфична приспособимост към високодбивни среди. При $b_i < 1$ генотиповете са с по-голяма устойчивост на промените в околната среда, като по този начин се увеличава специфичната им приспособимост към средата с ниски добиви (Finlay & Wilkinson, 1963; Pour-Aboughadareh et al., 2019). Според получените данни като най-адаптивен се явява Бонония, следвана от Патриот и Катя (Таблица 3).

В допълнение към регресията, дисперсията на отклоненията от регресията ($S^2 d_i$) се предлага като един от най-използваните параметри за избора на стабилни генотипове. Генотиповете със $S^2 d_i = 0$ биха били най-стабилни, докато $S^2 d_i > 0$ биха показали по-ниска стабилност във всички среди. Следователно, генотипите с по-ниски стойности са най-желани (Pour-Aboughadareh et al., 2019). Анализът на нашите резултати определят като най-стабилни по проучваният показател сортовете - Момчил, Николица и BGR36321 ($S^2 d_i = 0.00$), следвани от Бонония, КМ-135 и Нова звезда ($S^2 d_i = 0.01$) (Таблица 3).

Първите две непараметрични оценки на фенотипната стабилност - $Si^{(1)}$ и $Si^{(2)}$ на Nassar & Huehn (1987) идентифицират като най-стабилни сортовете- Мима, КМ-135, Бонония и Момчил, докато $Si^{(3)}$ определя Мима, Патриот, КМ-135, Момчил и Бонония, а $Si^{(6)}$ съответно Мима, Па-

Таблица 3. Среден добив зърно (tha^{-1}) и параметрични оценки на стабилност при 31 генотипа обикновена зимна пшеница

Table 3. Average grain yield (tha^{-1}) and parametric stability estimates in 31 genotypes of common winter wheat

Genotype	G \bar{Y}	W \bar{i}^2	σ^2_i	S 2d_i	b $_i$	CV \bar{i}	$\theta(i)$	θ_i
Енола/Enola	6.35++	0.68	0.23	0.08	1.83	10.31	0.33	0.29
Садово 1/ Sadovo1	5.77	0.51	0.17	0.06	1.59	10.03	0.34	0.26
Победа/Pobeda	5.76	0.64	0.22	0.07	1.78	11.06	0.34	0.28
Фермер/Fermer	6.27+	0.54	0.18	0.07	1.56	9.30	0.34	0.26
Панацея/Panatseya	6.04	1.87	0.66	0.07	-1.44	9.86	0.32	0.49
Бонония/Bononiya	6.01	0.04	0.00	0.01	1.00	4.92	0.34	0.18
Момчил/Momchil	6.05	0.07	0.01	0.00	1.47	6.83	0.34	0.18
Мургавец/Murgavets	5.01---	3.31	1.17	0.45	0.26	20.63	0.30	0.74
Царевец/Tsarevets	5.99	0.23	0.07	0.03	1.18	7.04	0.34	0.21
Патриот/Patriot	6.17	0.21	0.06	0.03	1.08	6.45	0.34	0.21
КМ-135/КМ-135	5.34---	0.20	0.06	0.01	1.68	9.30	0.34	0.21
Катя/Katya	6.36++	0.51	0.17	0.07	1.12	8.05	0.34	0.26
Боряна/Boryana	6.07	1.00	0.34	0.10	2.19	12.63	0.33	0.34
Мустанг/Mustang	5.39---	3.23	1.14	0.28	3.39	22.83	0.30	0.73
Садово 772/Sadovo 772	5.40---	3.12	1.10	0.44	1.49	20.23	0.31	0.71
Гея-1/Geya-1	6.06	0.63	0.21	0.06	2.00	10.91	0.34	0.28
Николица/Nikolitsa	6.01	0.44	0.15	0.00	2.37	10.92	0.34	0.25
Гинес/Gines	6.08	0.51	0.17	0.03	-0.20	4.17	0.34	0.26
Мима/Mima	7.14+++	0.86	0.29	0.09	2.06	10.12	0.33	0.32
Илона/Илона	6.31++	1.88	0.66	0.22	2.24	14.95	0.32	0.50
Грация/Gratsiya	5.72-	2.36	0.83	0.30	-0.09	14.61	0.31	0.58
Нова звезда/Nova zvezda	5.83	0.13	0.03	0.01	0.49	3.46	0.34	0.19
Ники Бо/Niki Bo	6.40++	0.48	0.16	0.07	0.68	6.77	0.34	0.25
BGR36339	6.57+++	1.20	0.41	0.11	2.35	12.79	0.33	0.38
BGR 36396	6.05	0.64	0.22	0.04	-0.26	5.22	0.34	0.28
BGR824	6.47+++	0.35	0.11	0.04	0.35	4.76	0.34	0.23
BGR827	5.93	0.74	0.25	0.08	0.04	7.28	0.33	0.30
КС 889	6.24+	0.72	0.24	0.04	-0.37	5.29	0.33	0.29
BGR36334	6.27+	2.06	0.72	0.20	-0.67	11.68	0.32	0.53
BGR36321	6.25+	0.26	0.08	0.00	-0.01	1.50	0.34	0.22
BGR36346	5.79	0.42	0.14	0.02	-0.16	3.44	0.34	0.24
Average	6.05	0.96	0.33	0.10	1.00	9.59	0.33	0.34
LSD 0.05	0.24							
LSD 0.01	0.33							
LSD 0.001	0.42							

G \bar{Y} -добив зърно от хектар (tha^{-1}), W \bar{i} - ековаленс на Wricke's, σ^2_i - вариансите на стабилност по Shukla, S 2d_i - вариант на отклонение от регресията, b $_i$ - регресионен коефициент, CV \bar{i} - коефициент на вариране, $\theta(i)$ - компонента на GE вариант, θ_i - компонента на среден вариант

-, -, --- статистически доказани разлики при $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ и $p \leq 0.001$,

+, ++, +++ статистически доказани разлики при $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ и $p \leq 0.001$

G \bar{Y} -grain yield per hectare (tha^{-1}), W \bar{i} - Wricke's ecoalence, σ^2_i - Shukla's stability variance, S 2d_i - deviation from regression, b $_i$ - regression coefficient, CV \bar{i} - coefficient of variation, $\theta(i)$ - GE variance component, θ_i - mean variance component

-, -, --- statistically proven differences at $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.001$,

+, ++, +++ statistically proven differences at $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.001$

триот, BGR36321, Ники Бо и Момчил. От друга страна генотиповете, които показват по-ниска стойност на параметрите на Thennarasu (1995) се считат за най-стабилни. Според $Np_i^{(1)}$ сортовете Бонония, Момчил, КМ-135, BGR36321 и Царевец са най-стабилни. $Np_i^{(2)}$ определя като най-

стабилен Момчил, след него се подреждат Патриот, Бонония, Катя и BGR824, а според $Np_i^{(3)}$ това са Бонония, Момчил, BGR36321, Мима и Патриот, докато $Np_i^{(4)}$ определят сорт Мима, следван от Патриот, BGR36321, Момчил и Бонония (Таблица 4).

Таблица 4. Среден добив зърно (tha^{-1}) и непараметрични оценки на стабилност при 31 генотипа обикновена зимна пшеница и обща адаптивност (GA)

Table 4. Average grain yield (tha^{-1}) and nonparametric stability estimates in 31 genotypes of common winter wheat

Genotype	GY	$Si^{(1)}$	$Si^{(2)}$	$Si^{(3)}$	$Si^{(6)}$	$Np^{(1)}$	$Np^{(2)}$	$Np^{(3)}$	$Np^{(4)}$	KR	GA
Енола / Enola	6.35	11.17	76.92	11.40	1.23	8.75	0.38	0.46	0.55	25	4.52
Садово 1/ Sadovo1	5.77	10.83	72.92	18.62	2.13	6.25	0.67	0.73	0.92	39	4.18
Победа / Pobeda	5.76	9.83	62.92	17.56	2.51	8.75	0.64	0.82	0.91	43	3.98
Фермер / Fermer	6.27	8.33	44.67	7.05	1.16	6.25	0.33	0.38	0.44	24	4.71
Панацея / Panatseya	5.84	13.00	113.67	22.00	2.06	10.25	0.43	0.73	0.84	46	7.27
Бонония / Bononiya	6.01	5.00	16.67	3.57	1.00	1.75	0.25	0.14	0.36	19	5.01
Момчил / Momchil	6.05	5.17	18.92	3.49	0.92	3.50	0.23	0.24	0.32	18	4.58
Мургавец / Murgavets	5.01	8.00	43.00	19.85	3.38	14.00	1.91	2.16	1.23	62	4.75
Царевец / Tsarevets	5.99	7.17	34.92	6.65	1.08	4.25	0.30	0.37	0.46	26	4.81
Патриот / Patriot	6.17	5.67	20.67	2.95	0.67	6.25	0.23	0.32	0.27	16	5.09
КМ-135 / КМ-135	5.34	2.83*	4.92	3.11	1.47	4.00	2.65	1.10	0.60	34	3.66
Катя / Катя	6.36	8.83	62.92	9.10	1.13	6.25	0.27	0.41	0.43	17	5.24
Боряна / Boryana	6.07	13.50	118.25	24.05	2.51	9.75	0.64	0.68	0.92	37	3.88
Мустанг / Mustang	5.39	12.50	101.58	31.26	3.38	13.00	1.22	1.35	1.28	59	2.00
Садово 772 / Sadovo 772	5.40	14.67	181.33*	54.40	4.00	10.75	2.94	1.14	1.47	57	3.90
Гея-1 / Geя-1	6.06	13.67	113.00	20.55	2.06	8.25	0.53	0.55	0.83	31	4.06
Николица / Nikolitsa	6.01	12.50	94.92	19.31	1.97	5.75	0.52	0.49	0.85	29	3.64
Гинес / Gines	6.08	9.33	55.00	10.00	1.21	6.50	0.31	0.45	0.57	26	6.28
Мима / Mima	7.14	2.50*	6.25	0.63	0.25	8.00	0.48	0.30	0.08	23	5.08
Илона / Ilona	6.31	15.50	169.58	29.49	2.61	12.50	0.64	0.73	0.90	33	4.07
Грация / Gratsiya	5.72	13.33	107.00	22.14	2.21	7.50	0.75	0.77	0.92	55	5.81
Нова звезда / Nova zvezda	5.83	5.33	22.67	6.18	1.27	4.75	0.67	0.44	0.48	25	5.34
Ники Бо / Niki Bo	6.40	8.17	43.58	6.30	0.84	7.00	0.38	0.37	0.39	14	5.71
BGR36339	6.44	10.00	66.67	9.09	1.27	8.75	0.41	0.43	0.45	26	4.09
BGR 36396	6.04	11.17	80.25	15.29	1.59	7.50	0.45	0.54	0.71	35	6.30
BGR824	6.39	8.17	61.58	8.90	1.13	5.25	0.29	0.34	0.39	12	6.05
BGR827	5.79	12.67	104.67	26.17	2.50	8.75	0.89	0.83	1.06	45	5.75
КС 889	6.19	11.17	80.92	11.99	1.14	6.25	0.35	0.40	0.55	30	6.56
BGR36334	6.11	14.50	142.25	21.61	1.87	9.75	0.40	0.55	0.73	39	6.78
BGR36321	6.29	6.17	34.25	4.84	0.82	4.00	0.47	0.28	0.29	15	6.30
BGR36346	5.79	9.50	58.25	14.87	2.13	7.75	0.64	0.66	0.81	32	5.95

$Si^{(1)}$, $Si^{(2)}$, $Si^{(3)}$ и $Si^{(6)}$ - непараметричните оценки на фенотипната стабилност на Nassar and Huehn, $Np^{(1)}$, $Np_i^{(2)}$, $Np^{(3)}$ и $Np^{(4)}$ - непараметричните оценки на Thennarasu, KR - рангова сума на Kang, GA - обща адаптивност, * - статистически значима разлика при $p < 0.05$

$Si^{(1)}$, $Si^{(2)}$, $Si^{(3)}$ and $Si^{(6)}$ - nonparametric estimates of the phenotypic stability of Nassar and Huehn, $Np^{(1)}$, $Np_i^{(2)}$, $Np^{(3)}$ and $Np^{(4)}$ - nonparametric estimates of Thennarasu, KR - Kang's rank-sum, GA - total adaptability, * - statistically significant difference at $p < 0.05$

Таблица 5. Ранжиране на 31 генотипа обикновена зимна пшеница по параметрични и непараметрични оценки на стабилност
Table 5. Ranking of 31 genotypes of common winter wheat by parametric and nonparametric stability assessments

Genotype	GY	SI ⁽¹⁾	SI ⁽²⁾	SI ⁽³⁾	SI ⁽⁶⁾	N _p ⁽¹⁾	N _p ⁽²⁾	N _p ⁽³⁾	N _p ⁽⁴⁾	W _p ²	σ _i ²	s ² d _i	CV _i	KR	0(i)	θ _i	SR	ASR	SD
Енола/Enola	6	19	19	15	13	21	10	15	13	19	19	21	20	10	19	13	252	15.8	4.6
Садово I/SadovoI	25	18	18	20	22	9	25	23	27	14	14	15	18	23	14	18	303	18.9	5.0
Победа/Pobeda	26	16	15	19	27	21	21	26	24	17	17	18	23	25	17	15	327	20.4	4.2
Фермер/Fermer	9	12	11	10	11	9	8	9	9	15	15	17	15	9	15	17	191	11.9	3.2
Панацея/Panatseya	21	25	27	25	21	27	14	22	21	25	25	20	17	27	25	7	349	21.8	5.4
Бонония/Booninya	18	3	3	5	6	1	3	1	5	1	1	4	6	7	1	31	96	6.0	7.9
Момчил/Momchil	16	4	4	4	5	2	1	2	4	2	2	2	11	6	2	30	97	6.1	7.5
Мургавец/Murgavets	31	9	9	22	29	31	29	31	29	31	31	31	30	31	31	1	406	25.4	9.9
Царевец/Tsarevets	20	8	8	9	7	5	6	7	11	6	6	10	12	12	6	26	159	9.9	5.7
Патриот/Patriot	11	6	5	2	2	9	1	5	2	5	5	9	9	4	5	27	107	6.7	6.2
КМ-135/КМ-135	30	2	1	3	16	3	30	28	16	4	4	6	16	20	4	28	211	13.2	11.1
Каяя/Katya	5	13	15	13	8	9	4	11	8	12	12	19	14	5	12	20	180	11.3	4.6
Боряна/Boryana	14	27	28	27	26	25	20	21	25	23	23	24	25	22	23	9	362	22.6	5.0
Мустанг/Mustang	29	22	23	30	29	30	28	30	30	30	30	28	31	30	30	2	432	27.0	7.1
Садово 772/Sadovo 772	28	30	31	31	31	28	31	29	31	29	29	30	29	29	29	3	448	28.0	6.8
Гяя-I/Geya-I	15	28	26	23	20	20	19	19	20	16	16	14	21	17	16	16	306	19.1	3.9
Николица/Nikolitsa	19	22	22	21	19	8	18	16	22	10	10	1	22	15	10	22	257	16.1	6.5
Гинес/Gines	13	14	12	14	12	14	7	14	15	13	13	8	4	12	13	19	197	12.3	3.5
Мима/Mima	1	1	2	1	1	19	17	4	1	22	22	23	19	8	22	10	173	10.8	9.3
Илона/Илона	7	31	30	29	28	29	21	24	23	26	26	27	28	19	26	6	380	23.8	7.5
Грация/Gratsiya	27	26	25	26	24	16	26	25	26	28	28	29	27	28	28	4	393	24.6	6.2
Нова звезда/Nova zvezda	22	5	6	7	14	6	24	13	12	3	3	5	3	10	3	29	165	10.3	8.2
Ники Бо/Niki Bo	3	10	10	8	4	15	11	8	6	11	11	16	10	2	11	21	157	9.8	4.9
BGR36339	2	17	17	12	14	21	13	12	10	24	24	25	26	12	24	8	261	16.3	7.1
BGR 36396	17	19	20	18	17	16	15	17	17	18	18	12	7	21	18	14	264	16.5	3.3
BGR824	4	10	14	11	8	7	5	6	6	8	8	11	5	1	8	24	136	8.5	5.2
BGR827	24	24	24	28	25	21	27	27	28	21	21	22	13	26	21	11	363	22.7	4.9
КС 889	10	19	21	16	10	9	9	10	13	20	20	13	8	16	20	12	226	14.1	4.7
BGR36334	12	29	29	24	18	25	12	18	18	27	27	26	24	23	27	5	344	21.5	7.0
BGR36321	8	7	7	6	3	3	16	3	3	7	7	3	1	3	7	25	109	6.8	6.0
BGR36346	23	15	13	17	22	18	21	20	19	9	9	7	2	18	9	23	245	15.3	6.4

SR-сума на ранговете, ASR-средна сума на ранговете, SD-стандартно отклонение/SR-sum of ranks, ASR-average sum of ranks, SD-standard deviation

Най-приспособим към условията на средата според изчислената обща адаптивност – GA се явява сорт Панацея (GA=7.27), следван от селекционните линии - BGR36334 (GA=6.78), КС 889 (GA=6.56), BGR36321 (GA=6.30) и BGR 36396 (GA=6.30) (Таблица 4).

Според KR (Ранг-сумата на Kang) (Kang, 1988), при който се използва както добива, така

и σ^2 като критерии за подбор, като най-стабилни се нареждат BGR824, Ники Бо, BGR36321, Катя и Бонония, които се отличават и с по-високи добиви от средният в съвкупността от изследваните генотипове (Таблица 4).

На Таблица 5 е представено ранжирането на проучваните сортове и линии на база изчислените параметри на стабилност. Подреждането

Таблица 6. Класифициране на 31 генотипове обикновена пшеница на база среден добив на зърно от хектар (GY, tha^{-1}), средна сума на ранговете (ASR) и обща адаптивност (GA)

Table 6. Classification of 31 common wheat genotypes based on average grain yield per hectare (GY, tha^{-1}), average sum of ranks (ASR) and total adaptability (GA)

Сортове/ Cultivars	GY, tha^{-1}			ASR			GA		
	Висок/ High	Среден/ Medium	Нисък/ Low	Висока/ High (<10)	Средна/ Medium (10-20)	Ниска/ Low (>20)	Висока/ High (>6)	Средна/ Medium (4-6)	Ниска/ Low (<4)
Енола / Enola	X				X			X	
Садово 1 / Sadovo1		X			X			X	
Победа / Pobeda			X			X			X
Фермер / Fermer	X				X			X	
Панацея / Panatseya		X				X	X		
Бонония / Bononiya		X		X				X	
Момчил / Momchil		X		X				X	
Мургавец / Murgavets			X			X		X	
Царевец / Tsarevets		X		X				X	
Патриот / Patriot		X		X				X	
КМ-135 / КМ-135			X		X			X	
Катя / Katya	X				X			X	
Боряна / Boryana		X				X			X
Мустанг / Mustang			X			X			X
Садово 772 / Sadovo 772			X			X			X
Гея-1 / Geya-1		X			X			X	
Николица/ Nicolitsa		X			X				
Гинес / Gines		X			X		X		
Мима / Mima	X				X			X	
Илона / Пона	X					X		X	
Грация / Gratsiya			X			X		X	
Нова звезда/ Nova zvezda		X			X			X	
Ники Бо / Niki Bo	X			X				X	
BGR36339	X				X			X	
BGR 36396		X			X		X		
BGR824	X			X			X		
BGR827		X				X		X	
КС 889	X				X		X		
BGR36334	X					X	X		
BGR36321	X			X			X		
BGR36346		X			X			X	

чрез различни индекси при всеки от изпитваните генотипове се отразява по различен начин на неговия ранг спрямо цялата група, поради което е изчислена средната стойност на ранговете на сумата (ASR) за всички статистически данни, за да се изберат потенциално по-добрите стабилни генотипове. Генотипът с ниска стойност на ASR се счита за най-превъзходен стабилен генотип (Pour-Aboughadareh et al., 2019). Въз основа на получените резултати може да обобщим, че най-стабилен в извадката от изследвани генотипове е сорт Бонония (ASR = 6.00; SD = 7.90), следван от Момчил (ASR = 6.1; SD = 7.2), Патриот (ASR = 6.70; SD = 6.20) и линиите: BGR36321 (ASR = 6.8; SD = 6) и BGR824 (ASR = 8.5; SD = 5.2).

Обобщавайки резултатите за добива на зърно от хектар, изчислените параметрични и непараметрични фенотипни оценки на стабилност и общата адаптивност, генотиповете могат да бъдат класифицирани условно в различни групи по продуктивността им и съответстващата им стабилност и адаптивност (Таблица 6). Селекционните линии: BGR 824 и BGR 36321 се класифицират като високодобивни с висока стабилност и адаптивност към неблагоприятните климатични условия. Сортовете: Енола, Фермер, Катя, Мима и селекционната линия BGR36339 се класифицират като високодобивни със средна стабилност и адаптивност. С висок добив, средна стабилност на добива и широка адаптивност към условията на средата се характеризира КС889. В групата на среднодобивните сортове със средна стабилност и адаптивност се отнасят Садово 1, Гея 1, Нова звезда и BGR 36346. В извадката от изследвани генотипове сорт Победа спада към групата съчетаваща добив по-нисък от средния за опита, ниска стабилност и адаптивност (Таблица 6).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установено е, че върху варирането на добив зърно от хектар доминиращо влияние оказва взаимодействието между изпитваните генотипове и условията, при които те са отглеждани (годината). Най-висок добив спрямо средния стандарт от опита е реализиран от сорт Мима и селекционните линии: BGR36339 и BGR824. Селекционните линии: BGR 824 и BGR 36321 се

характеризират като високодобивни и стабилни по добив генотипове с широка адаптивност към неблагоприятните климатични условия и могат да се използват като изходен материал в селекционните програми на обикновена зимна пшеница.

ЛИТЕРАТУРА

- Ahmadi, J., Vaezi, B., Shaabani, A., Khademi, K., Ourang, S. F., & Pour-Aboughadareh, A.** (2015). Non-parametric measures for yield stability in grass pea (*Lathyrus sativus* L.) advanced lines in semi-warm regions. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17, 1825–1838. <https://jast.modares.ac.ir/article-23-525-en.html>.
- Antonova, G.** (2007). Evaluation of stability and adaptability of yield in selection lines and varieties of early headed cabbage. *Sbornik dokladi ot mezhdunarodna nauchna konferentsia "Rastitelniya genofond-osnova na savremennoto zemedelie"*, 13-14 yuni, 2007 г., гр. Садovo, 2, 29-31(Bg).
- Dimova, D., & Petrovska, N.** (2010). Yield stability in synthetic maize populations. *Scientific work of the Agricultural University*, 4(1), 157-164 (Bg).
- Eberhart, S. A. T., & Russell, W. A.** (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6, pp. 36–40.
- Farshadfar, E., Sabaghpour, S. H., & Zali H.** (2012). Comparison of parametric and non-parametric stability statistics for selecting stable chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under diverse environments. *AJCS*, 6(3), 514-524. http://www.croplj.com/farshadfar_6_3_2012_514_524.pdf.
- Finlay, K. W., & Wilkinson, G. N.** (1963). Adaptation in a plant breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research* 14:742–754.
- Francis, T. R. & Kannenberg, L. W.** (1978). Yield stability studies in short-season maize: I. A descriptive method for grouping genotypes. *Canadian Journal of Plant Science* 58:1029–1034. <https://doi.org/10.4141/cjps78-157>.
- Haydar, F. M. A., Uddin, M. N., Roy, U. K., Uddin, G. M., & Siddique, A. B.** (2018). Stability analysis of yield performance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Environment Development* 7(2):10-15, 2018. https://www.researchgate.net/publication/329751501_Stability_analysis_of_yield_performance_in_wheat_Triticum_aestivum_L.
- Ivanov, G., Uhr, Z., & Delchev, G.** (2018). Estimation of yield and stability of varieties of common winter wheat grown under organic and conventional agriculture. *Spisanie za nauka „Novo znanie“*, 7-2, 265-272 (Bg). <https://science.uard.bg/index.php/newknowledge/article/view/391>.

- Kang, M. S.** (1988). A rank-sum method for selecting high-yielding, stable corn genotypes. *Cereal Research Communication*, 16, 113–115.
- Khalili, M., & Pour-Aboughadareh, A.** (2016). Parametric and non-parametric measures for evaluating yield stability and adaptability in barley doubled haploid lines. *Journal of Agricultural Science and Technology* 18, 789–803. <https://jast.modares.ac.ir/article-23-9234-en.html>.
- Koc, M., Barutcular, C., & Zencirci, N.** (2000). Grain protein and grain yield of durum wheats from south-eastern Anatolia, Turkey. *Australian Journal of Agricultural Research*, 51, 665–671. <https://doi.org/10.1071/AR97126>, <https://www.publish.csiro.au/cp/AR97126>.
- Korkut, Z. K., Bilgin, O., Baser, I., & Nezihi, S.** (2007). Stability of grain vitreousness in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) genotypes in the north-western region of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31, 313–318. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/119811>.
- Kosev, V., & Kertikova, D.** (2019). Environmental stability of alfalfa accessions in basic quantitative traits. *Rasteniavadni nauki*, 56(2), 9–19 (Bg). https://cropscience-bg.org/page/bg/details.php?article_id=733.
- Letta, T., Egidio, M. G. D., & Abinasa, M.** (2008). Stability analysis for quality traits in durum wheat under South Eastren Ethiopian conditions. *World Journal of Agricultural Science*, 4 (1):53–57. https://www.researchgate.net/publication/272676566_Stability_Analysis_for_Quality_Traits_in_Durum_Wheat_Triticum_durum_Desf_Varieties_under_south_Eastern_Ethiopian_Conditions.
- Lidanski, T.** (1988). *Statistical methods in biology and agriculture*. Zemizdat, Sofiya (Bg).
- Lin, C. S., & Binns M. R.** (1988). A superiority measure of cultivar performance for cultivar \times location data. *Canadian Journal of Plant Science*, 68, 193–198.
- Nassar, R., & Huhn, M.** (1987). Studies on estimation of phenotypic stability: tests of significance for nonparametric measures of phenotypic stability. *Biometrics*, 43, 45–53.
- Pinthus, M. J.** (1973). Estimates of genotypic value: a proposed method. *Euphytica*, 22: 345–351.
- Plaisted, R. I., & Peterson, L. C.** (1959). A technique for evaluating the ability of selection to yield consistently in different locations or seasons. *American Potato Journal*, 36, 381–385.
- Plaisted, R. L.** (1960). A shorter method for evaluating the ability of selections to yield consistently over locations. *American Potato Journal*, 37, 166–172.
- Plohinskii, N. A.** (1970). *Biometria*, “Kolos”, Moskva, 334.
- Pour-Aboughadareh, A., Yousefian, M., Moradkhani, H., Poczai, P., & Siddique, K. H. M.** (2019). STABILTYSOFT: A new online program to calculate parametric and non-parametric stability statistics for crop traits. *Applications in Plant Sciences* 7(1), 1–6. doi:10.1002/aps3.1211.
- Rharrabti, Y., Dolors, V., & Royo, C.** (2003). Durum wheat quality in Mediterranean environments: III. Stability and comparative methods in analysing G \times E interaction. *Field Crops Research*, 80, 141–146. http://www.ugr.es/~lfgm/images/Rharrabti%20et%20al%20calidad_3.pdf.
- Shukla, G. K.** (1972). Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity*, 29, 237–245.
- Thenarasu, K.** (1995). On certain non-parametric procedures for studying genotype-environment interactions and yield stability. PhD thesis, PJ School, IARI, New Delhi, India.
- Tsenov, N., & Gubatov, T.** (2018). Comparison of basic methods for estimating the size and stability of grain yield in winter wheat. *Rasteniavadni nauki*, 55(5), 9–19 (Bg). https://cropscience-bg.org/page/bg/details.php?article_id=705.
- Uhr, Z.** (2015). Rating yield and stability of prospective lines winter common wheat. *Spisanie za nauka „Novo znanie”*, 4(4), 42–46 (Bg). <https://science.uard.bg/index.php/newknowledge/article/view/94>.
- Ulker, M., Sonmez, F., Ciftci, V., Yilmaz, N., & Apak R.** (2006). Adaptation and stability analysis in the selected lines of Tir wheat. *Pakistan Journal of Botany*, 38(4), 1177–1183. [http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/38\(4\)/PJB38\(4\)1177.pdf](http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/38(4)/PJB38(4)1177.pdf).
- Wricke, G.** (1962). Übereine Methode zur Erfassung der ökologischen Streubreite in Feldversuchen. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung* 47:92–96.
- Vaezi, B., Pour-Aboughadareh, A., Mehraban, A., Hossein-Pour, T., Mohammadi, R., Armion, M., & Dorri, M.** (2018). The use of parametric and non-parametric measures for selecting stable and adapted barley lines, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64:5, 597–611, doi: 10.1080/03650340.2017.1369529.
- Vulchinkov, S.** (1990). Method for ranking genotypes with relatively high and stable yield. *Scientific works, VSI - Plovdiv*, 4, pp.161–165.
- Vulchinkov, S. & Vulchinkova, P.** (2007). General adaptation index in breeding of stress tolerance maize genotypes, *Proc. International Scientific Conference, Stara Zagora vol. 1*, pp. 324–330 (Bg).