

Сравнение на основни методи за оценка на нивото и стабилността на добива зърно при зимната пшеница

Николай Ценов*, Тодор Губатов

Агроном I Холдинг ЕООД, Добрич

*E-mail: ntzenov@agronom.bg

Резюме

Обстановка и цел: Сложното взаимодействие на генотипа с условията на средата променя подреждането на сравнявани сортове от дадена група по важни за пшеницата признаци и качества. Причина за това е биологичното вариране, чийто характер трудно се прогнозира и оценява. Промяната в даден сорт по добив зърно е причина да се търсят начини за неговата оценка въпреки взаимодействието генотип-среда. Целта на изследването е да се установи ефективен метод за разделяне на сортове според величината на добива зърно и стабилността на фона на различни условия на средата.

Методи: Изследвани са 24 сорта зимна обикновена пшеница в 5 характерни за страната пунктове в продължение на четири години. Анализът на взаимодействието генотип-среда е направен по няколко различни общоприети статистически методи. След определяне на индексите е приложен рангов подход за оценка на всеки сорт от групата. Направен е опит за визуализация на резултатите от рангуването с цел групиране на сортовете според техния добив зърно и неговото вариране спрямо факторите на средата.

Ключови резултати: Подреждането на сортовете чрез приложените статистически методи е различно. Това е предпоставка за сериозен анализ на информацията, която носят поотделно и при съчетаване в групи. Детайлният анализ на методите за визуализация, показва редица закономерности. Точките на сортовете по всеки един от методите се разпределят „равномерно“ по целия плот. Разположението на сортовете в отделните зони на фигурите е почти аналогично при прилагане на различните методи за визуализация.

Изводи: Оценката на сорт от дадена група посредством статистически индекси, е правилен и напълно приложим за разграничаване на тяхната ценност. Добивът зърно на отделния сорт в дадена група е относителен на фона на групата в която той се изпитва. Използването на семпли подходи като регресионен коефициент (bi), отклонение от регресионната права (σ) или коефициент на вариране (CV) по ефективност се доближава до възможностите на големите статистически програми, създадени специално за тези цели.

Ключови думи: пшеница; добив зърно; генотип-среда; вариране; стабилност; корелации

Съкращения: GA - обща приспособимост; SI - индекс на стабилността; JRA - обединен регресионен анализ; MET - многофакторни екологични опити; ДЗ - рангуване на генотипа по добив зърно; СТАБ - рангуване на генотипа по стабилност; ДЗ-СТАБ - рангуване на генотипа по добив зърно и по стабилност едновременно

Comparison of basic methods for estimating the size and stability of grain yield in winter wheat

Nikolay Tsenov*, Todor Gubатов

Agronom I Holding Ltd, Dobrich

*E-mail: ntzenov@agronom.bg

Abstract

Tsenov, N. & Gubатов, T. (2019). Comparison of basic methods for estimating the size and stability of grain yield in winter wheat. *Rastenievadni nauki*, 55(5), 9-19 (Bg).

Background and purpose: The complex interaction of genotype with environments alters the ranking of comparable varieties of a given group with important productivity traits and qualities for wheat. The reason for this is the biological variation, the character of which is difficult to predict and evaluate. Changing a grain variety is a reason to look for ways to evaluate it despite the interaction genotype by environment. The purpose of the study is to establish an effective method for separating varieties according to the grain yield and the stability on the background of different environmental conditions.

Methods: We studied 24 varieties of winter common wheat in 5 country-specific locations for four years. Analysis of the genotype-environment interaction is performed according to several different commonly accepted statistical methods. After determining the indices, a ranking approach has been applied to evaluate each variety of the group. An attempt has been made to visualize the results of the scatter plot to group the varieties according to their grain yield and its variation to the environmental factors.

Key results: Sorting varieties using the applied statistical methods is different. This is a prerequisite for a serious analysis of the information they carry separately and when grouped together. The detailed analysis of the visualization methods shows a number of regularities. The variety points by each of the methods are distributed “evenly” across the top. The location of the varieties in the individual areas of the figures is almost analogous to the application of the various visualization methods.

Conclusions: The evaluation of a variety of any group by statistical indices is correct and fully applicable to distinguish their value. The grain yield of the particular variety in a given group is relative to the background of the group in which it is tested. The use of simple approaches such as regression coefficient (b_j), deviation from the regression line (σ^2) or coefficient of variation (CV) are closer to the capabilities of large statistical programs developed for these purposes.

Keywords: wheat; grain yield; genotype-environment; variance; stability; correlations

Abbreviations: GA - general adaptability; SI - stability index; JRA - joint regression analysis; MET - multi environmental trails; GY - ranking of a genotype by its grain yield; STAB - ranking of a genotype by its stability; GY-STAB - ranking of a genotype by its grain yield and stability simultaneously

ВЪВЕДЕНИЕ

Основна цел на всяка селекционна програма е да се създадат нови генни комбинации, от които да се отберат генотипове, превъзхождащи съществуващите при дадените условия (Chapman, 2008). Генетичният потенциал на новосъздадените сортове по отношение на добива е значително по-голям в сравнение с местните образци и стари форми (Denčić and Kobiljsli, 2008; Tsenov et al., 2009). Добивът при пшеницата, независимо от усилията на селекционерите, остава на ниски нива при отглеждане на културата в места с променливи условия както през вегетацията, така и през различните години (Tsenov et al., 2008). Стабилната проява и широката адаптация на сортовете по отношение на добива и качествените показатели е цел на много селекционни програми (Yan and Rajcan, 2002; Letta, 2007; Atanasova et al., 2008; Williams et al., 2008; Aminzadeh, 2010; Hristov et al., 2010; Parveen et al., 2010; Sharma et al., 2010). Стабилността е способност на сортовете да изявяват

генетичните си заложи при широк набор от условия (Annicchiarico, 2002). Според статичната концепция за стабилност, най-добър е този генотип, който при различни условия успява да поддържа постоянен добив, а динамичната предполага, че реакцията на стабилния генотип при различните условия е паралелна на средната проява на тестваните генотипи, т.е. взаимодействието генотип-среда е нула (Annicchiarico, 2002). Анализът на взаимодействието генотип-среда е съществен на всички нива на селекционния процес – определяне на идеотипа, подбор на родителите при хибридизация, селекция на базата на различни показатели и добив (Yan and Hunt, 1998; Yan and Hunt, 2001). Ценно е да се отбележи, че високата стабилност на добива и други показатели често е свързана с ниските им нива на проява, и обратното (Tsenov et al., 2004; Atanasova et al., 2010). Вече обаче е установено, че прилагането на някои от методите за оценка на добива и неговата стабилност дават възможности за определяне на сортове, които най-компромисно съчетават висок добив зърно,

който е стабилен на фона на изследваната група (Malla et al., 2010; Roostaei et al., 2014; Gubatov et al., 2017). Изследванията, насочени към сравняване пригодността на различни методи, са много малко (Purchase, 1997; Alberts, 2004), поради което си позволихме да подложим на тест, дали и някои вече поостарели подходи за оценка биха групирани сортовете по аналогичен начин. Основна причина за този подход е да се установи в детайли дали някои от простичките методи би могъл да се използва ефективно в случаите, когато изследвателят не разполага с някои от известните и ефективни статистически пакети за това (GGE Biplot, GenStat и др). Освен това основният подход, който прилагаме, чрез рангова (балова) оценка да се изследват различни подходи е в някаква степен оригинален. Той се доближава до непараметричния модел на Hühn (1979), който се основава само на рангуване на сортовете в условията на средата.

Целта на изследването е да се провери приложимостта и ефективността на някои от известните методи за оценка на величината и стабилността на добива зърно в контрастни условия на отглеждане.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

В това изследване са включени двадесет и четири (24) сорта зимна обикновена пшеница, българска селекция, отгледани в пет (5) пункта в страната в четири (4) различни сезона. Методиката на провеждане на експеримента е описана в детайли в предишна публикация (Gubatov et al., 2017), в която са изследвани четирите най-актуални за момента статистически подхода за оценка на взаимодействието генотип-среда и неговото влияние върху оценката на всеки сорт в изследваната група. Варирането на добива зърно е достоверно високо и определя около 1/3 от нивото и варирането на признака, средно от всички изследвани фактори на средата. Данните от варирането са детайлно описани в предходна публикация, която анализира резултати от същата схема на полски опит (Gubatov et al., 2017). Най-съществен е делът на взаимодействието между факторите *сезон* и *пункт* (88%), а ефектът на фактора *генотип* е едва около 10-12%. Изследваните сортовете имат много близ-

ки осреднени стойности, което налага търсене на подходи за групиране, даващи възможност за разграничаване на всеки от тях от останалите в групата. При екологичните опити това е задължително, за да се постигне ефективна обективна оценка на сорта, независимо от условията на средата.

В миналото най-популярните методи за определяне на стабилността при различни условия на средата са няколко. На първо място това е Regression Analysis (RA), предложен за първи път в литературата от Yates and Cochran (1938) и модифициран по-късно от Finlay and Wilkinson (1963). Друг вече позабравен метод, наречен обща приспособимост или адаптивност (General Adaptability=GA) е предложен още от Eberhart and Russell (1966) и представлява разлика между добива зърно и стойността на регресионния коефициент (GY-bi). Неговото използване е много семпло и може би затова е изоставен почти напълно, главно поради наличие на по-комплексни параметри за оценка (Vulchinkov and Vulchinkova, 2007). В анализа е включен и друг индекс, наречен от Kang (1988) индекс на стабилността (Stability Index=SI) и представляващ сума от стойностите на добива зърно и варианса на стабилност (σ^2), взет от анализа по Shukla (1972). Следващият индекс е коефициентът на вариране (Coefficient of Variation=CV_i), според публикацията на Francis and Kannenberg, (1978), обозначен в резултатите като (FK). С помощта на три параметъра се изразява част от генотипната стабилност: средна стойност, наклон на регресионната линия (*bi*) и сума на квадратното отклонение (S^2d_i), които са част от наречения от Flores et al. (1998) обединен (съвместен) регресионен модел (Joint Regression Analysis=JRA).

Посочените подходи са анализирани с цел да се установи пригодността им да разделят изследваните сортове на групи, в зависимост от съчетанието между нивото на добива и степента на неговата промяна в MET. Стойностите на всеки един от описаните параметри за всеки отделен сорт, са използвани за рангуване според индекса „стабилност”. Окончателно подреждане на сорта чрез индекса ДЗ-СТАБ е направено въз основа на сумата от ранговите оценки на добива зърно (ДЗ) и неговата стабилност (СТАБ), след което отново е приложено рангуване. Рангува-

нето на сортовете при всеки индекс е правено по простикия начин: най-високият получава стойност двадесет и четири (24) (колкото е броят на сортовете), а най-ниският – единица (1).

РЕЗУЛТАТИ

В Таблица 1 е представена обобщена информация относно ранговите оценки на всеки

сорт, според приложения метод за подреждане. Без много анализ на цифрите е видно, че информацията за отделния сорт е много обръкваща и трудно се поддава на анализ. Например сорт № 2 има оценка за стабилност от 1 до 21, кое от тях се доближава до обективната истина? Обратно, за сорт Апогей стойностите на баловите оценки са сходно високи и близки (18-23). Анализът на тези стойности на фона на баловата оценка за ДЗ показва, че е

Таблица 1. Балови стойности на изследваните сортове според използвания модел за оценка
Table 1. Rank values of the varieties studied, according to the model used

№	Сорт / Variety	Бал ДЗ Rank GY	Бал GA Rank GA	Бал SI Rank SI	Бал bi Rank bi	Бал CV Rank CV
1	Тервел, Tervel	22	24	15	18	23
2	А 15/89	1	1	1	21	1
3	Ивета*, Iveta*	7	12	2	15	4
4	Апогей, Apogej	20	23	18	20	20
5	Ласка, Laska	8	20	4	9	10
6	Дагея, Dageya	13	11	22	17	21
7	Самуил, Samuil	9	22	14	22	14
8	Биляна, Bilyana	4	3	5	14	3
9	Невен, Neven	17	7	12	16	17
10	Фактор, Faktor	10	4	6	19	5
11	Пресияна, Presiyana	16	15	8	12	8
12	Ралица, Ralitsa	2	2	3	24	2
13	Риана, Riana	3	8	23	23	6
14	Тополица, Topolitsa	19	21	17	10	19
15	Огняна, Ogniana	14	18	19	5	13
16	Енола*, Enola*	15	14	11	4	12
17	Алекса, Alexa	23	13	20	3	22
18	Алиса, Alisa	11	5	21	11	16
19	АП Велика, AP Velika	12	17	7	8	7
20	Бул Анета, Bul Aneta	6	16	9	13	11
21	Вяра, Vyara	5	6	10	1	9
22	Свилена, Svilena	21	10	13	7	15
23	Хела, Hela	18	9	16	6	18
24	Пряспа*, Pryaspa*	24	19	24	2	24

GA=(GY-bi) – обща приспособимост; SI=(GY+σ²) – индекс на стабилността според Vulchinkov and Vulchinkova (2007); bi – регресионен коефициент; CV – коефициент на вариране, по Francis and Kannenberg (1978); * стандартни сортове
GA=(GY-bi) – general adaptability; SI=(GY+σ²) – stability index, according to Vulchinkov and Vulchinkova (2007), bi – coefficient of regression; CV - coefficient of variation by Francis and Kannenberg (1978); * standard varieties

абсурдно да се мисли, че може да се направи обективна оценка на който и да е от изследваните сортове. Дори познаването на реакцията на стандартните сортове (Енола, Пряспа) в случая не е от полза, поради огромното различие в баловите оценки. Последвалата трансформация на данните чрез прилагане на рангуване чрез индекса ДЗ-СТАБ е представена на Таблици 2 и 3.

ОБСЪЖДАНЕ

Анализът на тези цифри не би могъл да даде ясна представа за ефективността на всеки един от използваните начини за рангуване. Подреддането чрез различни индекси при всеки сорт естествено се отразява по различен начин на неговия ранг спрямо цялата група. Освен това не е ясно какъв е компромисът между добив и

Таблица 2. Балови оценки на добива зърно и коригираните му стойности чрез индекса за обща приспособимост (GA) и индекса за стабилност (SI)

Table 2. Rank grain yield estimates and its adjusted values by the General Adaptability Index (GA) and the Stability Index (SI)

№	Сорт/Variety	GA			SI		
		ДЗ GY	СТАБ STAB	ДЗ-СТАБ GY-STAB	ДЗ GY	СТАБ STAB	ДЗ-СТАБ GY-STAB
1	Тервел, Tervel	22	18	18	14	5	5
2	А 15/89	1	21	8	1	7	2
3	Ивета*, Iveta*	4	15	9	2	2	1
4	Апогей, Apogej	19	20	17	16	11	10
5	Ласка, Laska	7	9	12	3	1	1
6	Дагея, Dageya	21	17	15	21	13	14
7	Самуил, Samuil	13	22	6	22	22	17
8	Биляна, Bilyana	3	14	3	4	16	6
9	Невен, Neven	16	16	14	10	10	6
10	Фактор, Faktor	6	19	13	5	4	3
11	Пресияна, Presiyana	10	12	11	7	6	4
12	Ралица, Ralitsa	2	24	1	9	23	13
13	Риана, Riana	5	23	4	23	24	19
14	Тополица, Topolitsa	20	10	16	15	8	8
15	Огняна, Ognuyana	14	5	7	18	17	15
16	Енола*, Enola*	12	4	4	11	19	12
17	Алекса, Alexa	23	3	17	19	9	11
18	Алиса, Alisa	15	11	7	20	18	16
19	АП Велика, AP Velika	11	8	14	6	3	3
20	Бул Анета, Bul Aneta	8	13	5	8	14	7
21	Вяра, Vyara	9	1	2	12	20	13
22	Свилена, Svilena	17	7	10	13	12	9
23	Хела, Hela	18	6	11	17	15	13
24	Пряспа*, Prysapa*	24	2	9	24	21	18

* стандартни сортове; * standard varieties

Таблица 3. Балови оценки на добива зърно и коригираните му стойности чрез метода „обединен регресионен анализ” (JRA) и статистическия модел на Francis and Kannenberg (1978) (FK)

Table 3. Rank grain yield estimates and corrected values using the Joint Regression Analysis (JRA) and the Francis and Kannenberg (1978) statistical model (FK)

№	Сорт/Variety	JRA			FK		
		ДЗ GY	СТАБ STAB	ДЗ-СТАБ GY-STAB	ДЗ GY	СТАБ STAB	ДЗ-СТАБ GY-STAB
1	Тервел, Tervel	18	20	18	22	22	20
2	А 15/89	21	19	19	1	5	1
3	Ивета*, Iveta*	15	22	17	4	21	9
4	Апогей, Apogej	20	15	16	19	18	18
5	Ласка, Laska	9	24	15	8	6	5
6	Дагея, Dageya	17	12	12	21	19	19
7	Самуил, Samuil	22	2	9	13	11	10
8	Биляна, Bilyana	14	9	8	3	20	9
9	Невен, Neven	16	14	13	16	14	14
10	Фактор, Faktor	19	21	19	6	8	4
11	Пресияна, Presiyana	12	17	12	10	9	6
12	Ралица, Ralitsa	24	3	11	2	10	4
13	Риана, Riana	23	1	9	5	3	2
14	Тополица, Topolitsa	10	16	10	20	15	16
15	Огняна, Ogniana	5	6	3	14	23	17
16	Енола*, Enola*	4	5	1	12	16	12
17	Алекса, Alexa	3	18	7	23	24	21
18	Алиса, Alisa	11	4	4	15	7	8
19	АП Велика, AP Velika	8	23	14	11	4	3
20	Бул Анета, Bul Aneta	13	10	8	7	1	3
21	Вяра, Vyara	1	8	1	9	17	11
22	Свилена, Svilena	7	13	6	17	12	13
23	Хела, Hela	6	11	5	18	2	7
24	Пряспа*, Prysapa*	2	7	2	24	13	15

* стандартни сортове; * standard varieties

стабилност на сорта в неговата рангова оценка. Отговор донякъде дават резултатите от корелационния анализ, представени в Таблица 4. Корелациите между ДЗ и индекса ДЗ-СТАБ са високи и достоверни. Относително по-високи са стойностите на корелационния коефициент при методите FK и SI, като при последния достигат до почти $r=0.890$, което е достоверно при най-високо статистическо ниво. При метода на Francis and Kannenberg (1978), корелациите са

около $r=0.800$, което също е силна връзка. Достатъчно високи са зависимостите между споменатите индекси и при останалите два подхода за подреждане. Остава въпросът: Какъв е компромисът между добива и неговата стабилност при приложените подходи?

Отговорите се съдържат в стойностите на корелациите между индексите СТАБ и ДЗ-СТАБ в Таблица 4. В общи линии техните стойности по подходи са аналогични на тези между ДЗ и

Таблица 4. Корелации между добива зърно и неговата стабилност при групиране на сортовете чрез рангуването им по методите GA - обща адаптивност ($GY+b_i$); FK - статистически модел на Francis and Kannenberg (1978); R - съвместен регресионен модел; S - селекционен индекс ($GY-\delta^2$)

Table 4. Correlations between grain yields and its stability in grouping varieties by estimating them by GA methods - general adaptability ($GY+b_i$); FK - statistical model of Francis and Kannenberg (1978); R - joint regression model; S - selection index ($GY-\delta^2$)

Индекс/ Index	г коефициент r-coefficient	p-стойност p-value	г коефициент r-coefficient	p-стойност p-value
	GA(ДЗ) / GA(GY)		GA(СТАБ) / GA(STAB)	
GA(СТАБ) / GA(STAB)	-0,403	0,0000		
GA(ДЗ-СТАБ) / GA(GY-STAB)	0,637	0,0000	-0,023	0,9300
	FK(ДЗ) / FK(GY)		FK(СТАБ) / FK(STAB)	
FK(СТАБ) / FK(STAB)	0,305	0,0000		
FK(ДЗ-СТАБ) / FK(GY-STAB)	0,802	0,0000	0,800	0,0000
	R(ДЗ) / R(GY)		R(СТАБ) / R(STAB)	
R(СТАБ) / R(STAB)	-0,042	0,0000		
R(ДЗ-СТАБ) / R(GY-STAB)	0,672	0,0000	0,705	0,0000
	S(ДЗ) / S(GY)		S(СТАБ) / S(STAB)	
S(СТАБ) / S(STAB)	0,611	0,0000		
S(ДЗ-СТАБ) / S(GY-STAB)	0,889	0,0000	0,889	0,0000

Стойностите в удебелен шрифт са различни от 0, с ниво на значимост $\alpha = 0.05$

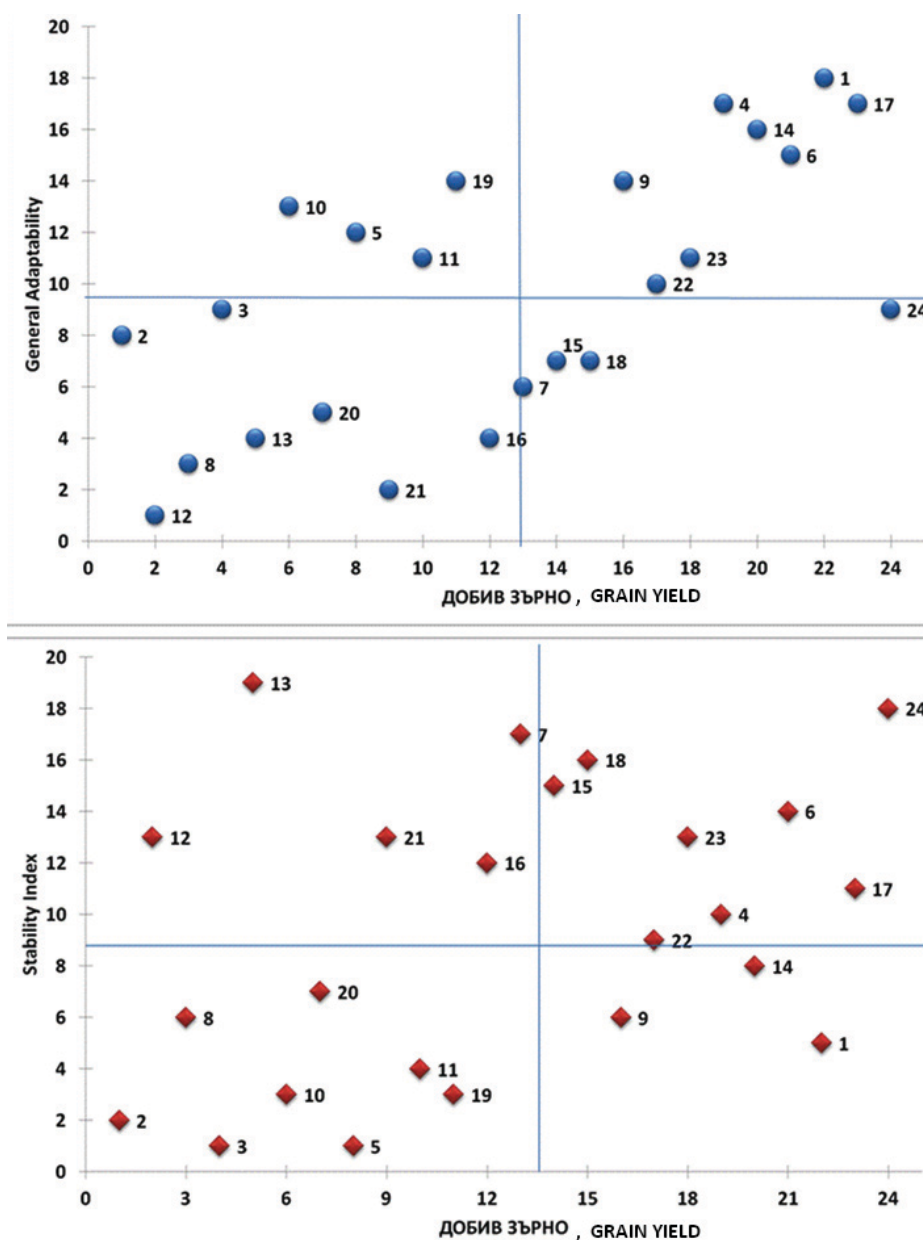
The values in bold type are different from 0, with significance level $\alpha = 0.05$

ДЗ-СТАБ. Изключение прави липсата на корелация между индексите при рангуване по GA. Това го приемаме за обективна даденост, поради това, че и трите типа корелации показват сходни стойности. Обратно на това при останалите подходи корелациите са на лице. Достоверността им е указание, че в стойностите на индекса ДЗ-СТАБ тежестта на изграждащите го показатели е сходна. Това е изключително важно поради това, че в случая не се прави компромис между тях, в която и да е посока. За сведение, при модела на Kang (1993) определяща роля в ранга има ДЗ, докато стабилността е на втори план.

При изследването на други, сходни на тези четири параметъра (Gubaton et al., 2017) е посочено, че методът за индексване на ДЗ-СТАБ при тези подходи не е от значение. При тях дори моделът на Kang (1993) чрез параметъра Y_{s_i} би могъл да бъде използван като референтен при сравнение на който е да е статистически под-

ход в това направление. В нашия случай това би могъл да бъде подходът на общата адаптивност (GA), който показва аналогични резултати на споменатия по-горе. За да проверим дали получената информация може да бъде използвана за групиране на сортовете, построихме няколко фигури (scatter plots) в които са поставени ранговите оценки на ДЗ и стойностите на индекса ДЗ-СТАБ на всеки един от приложените статистически подходи (Фигури 1 и 2). Целта беше да се провери дали е възможно подреждането по всеки един от начините да направи групиране на най-перспективните сортове. Последните би трябвало да имат най-правилен компромис между ДЗ и СТАБИЛНОСТ.

Всеки плот (фигура) се разделя условно на четири зони: зона А – горе дясно; зона В – горе ляво; зона С – долу дясно и зона D - долу ляво. Това е направено по подобие на публикациите на Thiry et al. (2016) и Tsenov et al. (2017), в които сортовете са разделят по аналогичен начин

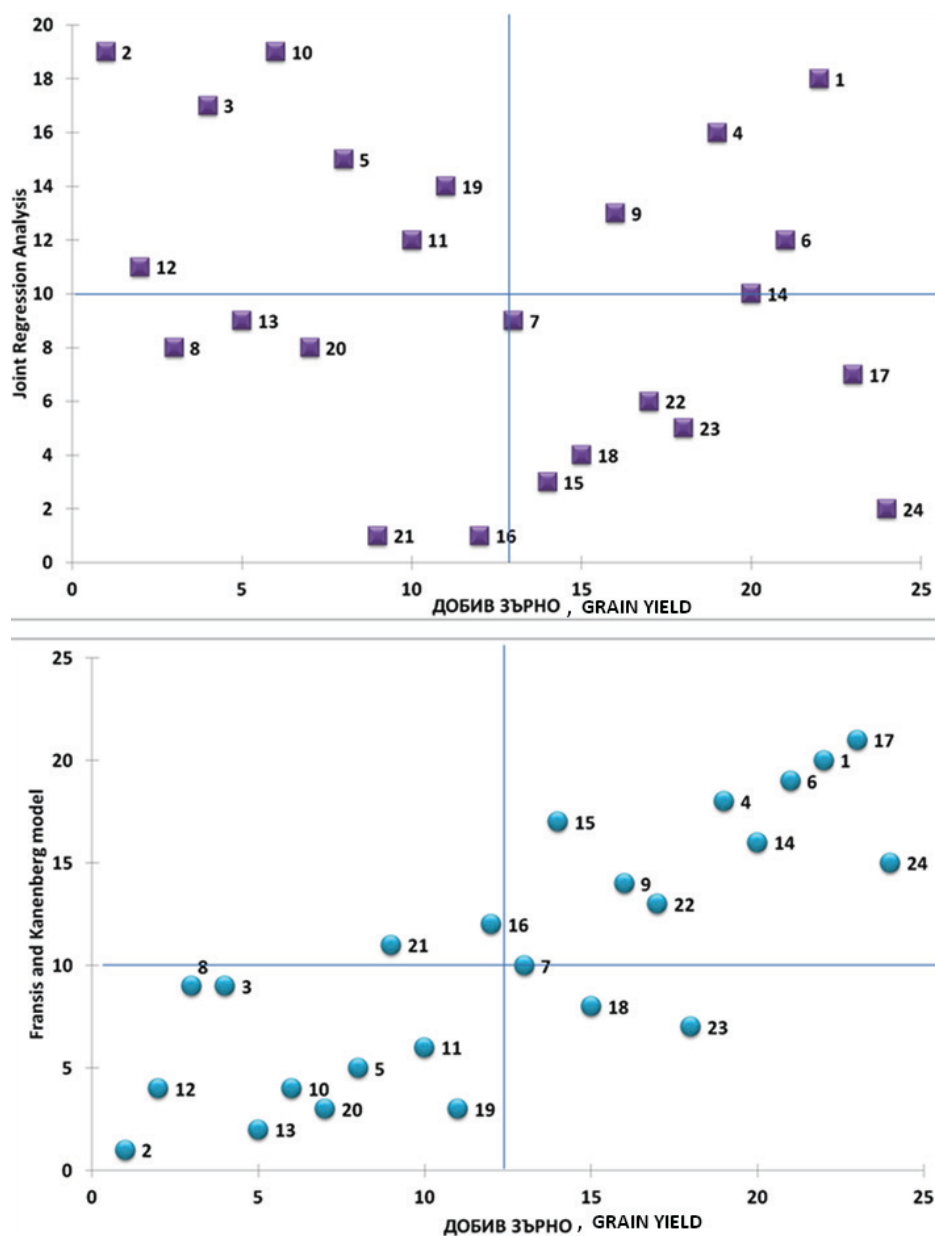


Фигура 1. Визуално представяне на точките на сортовете чрез индексите ДЗ-СТАБ и ДЗ, според подходите за групиране GA (горе) и SI (долу)

Figure 1. Visual presentation (scatter plot) of the varieties points by GY-STAB and GY indexes, according to GA (top) and SI (bottom) approaches

спрямо тяхната реакция към контрастни условия на средата. Според това разположение сортовете се групират по следния начин: А – висок ДЗ, висока СТАБИЛНОСТ; В – среден ДЗ, висока СТАБИЛНОСТ; С – висок ДЗ, ниска СТАБИЛНОСТ и D – нисък ДЗ и ниска СТАБИЛНОСТ. Естествено, за нас важни са и четирите групи, особено генотиповене в зони А, В и С, в зависимост от условията на конкретната об-

становка на страната. Естествено най-желани са генотиповете от група А. Това са сортовете 1, 4, 6, 9, 14, 22, 23 и 24. Същите тези сортове бяха идентифицирани след подреждане по други методи. Сортовете под номера 2, 8, 13, 20 трябва да се избягват за отглеждане поради ниския и много променлив добив зърно в страната. За условията на Северна България, където условията са по-благоприятни за отглеждане на пшеница,



Фигура 2. Визуално представяне на точките на сортовете чрез индексите ДЗ-СТАБ и ДЗ, според подходите за групиране JRA (горе) и FK (долу)

Figure 2. Visualization of the varieties points by GY-STAB and GY indexes, according to JRA (above) and FK (below) approaches

също са подходящи сортовете от група В, защото те притежават висок продуктивен потенциал, независимо че той се променя от сезон в сезон. За условията на Южна България, обратно, интересни са сортовете от група С, които имат средни добиви, но са стабилни на фона на стресовите условия в тази част на страната.

Детайлното сравнение между местонахождението на отделните сортове на двете фигури по-

казва няколко основни факта. **Първо:** сортовете по всеки един от приложените методи се разпределят „равномерно“ по целия плот. **Второ:** в общи линии сортовете, разположени в отделните зони се почти аналогични. **Трето:** избраният подход за подреждане на сортовете по добив и варирането му е приложим. **Четвърто:** прилагането на простички подходи като регресионен коефициент (bi), отклонение от регресионната

права (σ_2) или коефициент на вариране (CV) по ефективност се доближават до възможностите на големите статистически програми, създадени специално за тези цели.

ИЗВОДИ

В заключение може да направим следните важни изводи:

Подходът за оценка чрез рангуване посредством статистически индекси е правилен и напълно приложим за диференциране на ценни сортове от всяка изследвана група.

Информацията за поведението на добива зърно на отделния сорт е относителна на фона на групата, в която той се изпитва и благодарение на нея той може да бъде поставен в някоя от четирите групи.

Групирането на сортовете по компромис между добив зърно (ДЗ) и стабилност (СТАБ) може да бъде направено чрез елементарни статистически подходи (индекси), които са добре известни отдавна. Това групиране не винаги обаче е сходно при отделните подходи, което предизвиква винаги недоверие и несигурност при тълкуване на получените резултати. Поради тази причина препоръчваме използване на най-новите статистически софтуерни програми, които са създадени точно за тези цели (GenStat, GGE Biplot, GEST, PB Tools, Genes, Stable) и други подобни. Всяка една от тях вече е проверена относно възможностите за коректна оценка на добива, пластичността и стабилността на сорта на фона на многофакторни екологични опити.

ЛИТЕРАТУРА

- Alberts, M. J.** (2004). A comparison of statistical methods to describe genotype x environment interaction and yield stability in multi-location maize trials (Doctoral dissertation, University of the Free State, S. Africa).
- Aminzadeh, G. R.** (2010). Evaluation of seed yield stability of wheat advanced genotypes in Ardabil, Iran. *Research Journal of Environmental Science*, 4(5), 478-482.
- Annicchiario, P.** (2002). Genotype x environment interactions: challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations (No. 174), FAO Plant.
- Atanasova, D., Tsenov, N., Stoeva, I., & Dochev, V.** (2008). Genotype x environment interaction for some quality traits of Bulgarian winter wheat varieties. In *Modern variety breeding for present and future needs. Proceedings of the 18th EUCARPIA general congress, Valencia, Spain, 9-12 September, 2008* (pp. 532-537). Editorial Universidad Politécnic de Valencia.
- Atanasova, D., Tsenov, N., Stoeva, I., & Todorov, I.** (2010). Performance of Bulgarian winter wheat varieties for main end-use quality parameters under different environments. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 16(1), 22-29.
- Chapman, S. C.** (2008). Use of crop models to understand genotype by environment interactions for drought in real-world and simulated plant breeding trials. *Euphytica*, 161(1-2), 195-208.
- Denčić, S., & Kobiljski, B.** (2008, November). Results of half a century of wheat breeding at Institute of Field and Vegetable Crops in Novi Sad. In *Proceedings of International Conference "Conventional and Molecular Breeding of Field and Vegetable Crops, 24-27 Nov 2008, Novi Sad, Serbia* (pp. 377-382).
- Eberhart, S. T., & Russell, W. A.** (1966). Stability parameters for comparing varieties I. *Crop science*, 6(1), 36-40.
- Finlay, K. W., & Wilkinson, G. N.** (1963). The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research*, 14(6), 742-754.
- Flores, F., Moreno, M. T., & Cubero, J. I.** (1998). A comparison of univariate and multivariate methods to analyze G x E interaction. *Field Crops Research*, 56(3), 271-286.
- 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(4), 1029-1034.
- Gubatov T., Tsenov, N. & Yanchev, I.** (2017). Correlation between the ranking of winter wheat genotypes by grain yield and stability through various statistical approaches, *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 23(1), 92-101.
- Hristov, N., Mladenov, N., Djuric, V., Kondic-Spika, A., Marjanovic-Jeromela, A., & Simic, D.** (2010). Genotype by environment interactions in wheat quality breeding programs in southeast Europe. *Euphytica*, 174(3), 315-324.
- Hühn, M.** (1979). Beiträge zur Erfassung der phänotypischen Stabilität. I. Vorschlag einiger auf Ranginformation beruhenden Stabilitätsparameter. *EDV in Medizin und Biologie*, 10, 112-117.
- Kang, M. S.** (1993). Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers. *Agronomy Journal*, 85(3), 754-757.
- Kang, M. S.** (1988). A rank-sum method for selecting high-yielding, stable corn genotypes. *Cereal Research Communications*, 16(1/2), 113-115.
- Letta, T.** (2007). Genotype-environment interactions and correlation among some stability parameters of yield in durum wheat (*Triticum durum* Desf) genotypes grown in South East Ethiopia. In *African Crop Science Conference Proceeding* (Vol. 8, pp. 693-698).

- Malla, S., Ibrahim, A. M., Little, R., Kalsbeck, S., Glover, K. D., & Ren, C.** (2010). Comparison of shifted multiplicative model, rank correlation, and biplot analysis for clustering winter wheat production environments. *Euphytica*, 174(3), 357-370.
- Parveen, L., Khalil, I. H., & Khalil, S. K.** (2010). Stability parameters for tillers, grain weight and yield of wheat cultivars in north-west of Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 42(3), 1613-1617.
- Purchase, J. L.**, (1997). Parametric analysis to describe genotype x environment interaction and yield stability in winter wheat. Ph.D. Thesis, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture of the University of the Free State, Bloemfontein, South Africa.
- Roostaei, M., Mohammadi, R., & Amri, A.** (2014). Rank correlation among different statistical models in ranking of winter wheat genotypes. *The Crop Journal*, 2(2-3), 154-163.
- Sharma, R. C., Morgounov, A. I., Braun, H. J., Akin, B., Keser, M., Bedoshvili, D., & van Ginkel, M.** (2010). Identifying high yielding stable winter wheat genotypes for irrigated environments in Central and West Asia. *Euphytica*, 171(1), 53-64.
- Shukla, G. K.** (1972). Some statistical aspects of partitioning genotype environmental components of variability. *Heredity*, 29(2), 237-245.
- Thiry, A. A., Chavez Dulanto, P. N., Reynolds, M. P., & Davies, W. J.** (2016). How can we improve crop genotypes to increase stress resilience and productivity in a future climate? A new crop screening method based on productivity and resistance to abiotic stress. *Journal of Experimental Botany*, 67(19), 5593-5603.
- Tsenov, N., Atanasova, D., Todorov, I., & Dochev, V.** (2008). Environmental effect on common winter wheat productivity. In *Modern variety breeding for present and future needs. Proceedings of the 18th EUCARPIA General Congress, Valencia, Spain, 9-12 September, 2008* (pp. 480-484).
- Tsenov, N., Gubatov, T., Raykov, G., Ivanova, A., & Chamurliiski, P.** (2017). New approaches for evaluation the grain yield of winter wheat in contrasting environments. *International Journal of Current Research*, 9(1), 44487-44495.
- Tsenov, N., Kostov, K., Gubatov, T., & Peeva, V.** (2004). Study on the genotype x environment interaction in winter wheat varieties. I. Grain quality. *Field Crops Studies*, 1(1), 20-29 (Bg).
- Tsenov, N., Petrova, T. & Tsenova, E.** (2009). Breeding for increasing the stress tolerance of winter common wheat in Dobrudzha Agricultural Institute. *Field Crops Studies*, 5(1), 59-69 (Bg).
- Vulchinkov S. & Vulchinkova, P.** (2007). General adaptation index in breeding of stress tolerance maize genotypes. In: *Proc. International Scientific Conference, Stara Zagora*, vol. 1, pp. 324-330 (Bg).
- Williams, R. M., O'Brien, L., Eagles, H. A., Solah, V. A., & Jayasena, V.** (2008). The influences of genotype, environment, and genotype x environment interaction on wheat quality. *Australian journal of agricultural research*, 59(2), 95-111.
- Yan, W., & Rajcan, I.** (2002). Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science*, 42(1), 11-20.
- Yan, W., & Hunt, L. A.** (1998). Genotype by environment interaction and crop yield. *Plant Breeding Reviews*, 16, 135-178.
- Yan, W., & Hunt, L. A.** (2001). Interpretation of genotype x environment interaction for winter wheat yield in Ontario. *Crop Science*, 41(1), 19-25.
- Yates, F., & Cochran, W. G.** (1938). The analysis of groups of experiments. *The Journal of Agricultural Science*, 28(4), 556-580.