

АГРАРЕН УНИВЕРСИТЕТ ПЛОВДИВ
Катедра „РАСТЕНИЕВЪДСТВО”

ТОДОР КОСТАДИНОВ ГУБАТОВ

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ УСЛОВИЯТА НА СРЕДАТА
И ДОБИВА НА ЗЪРНО ПРИ СОРТОВЕ ОБИКНОВЕНА
ПШЕНИЦА (*Triticum aestivum* L.)**

АВТОРЕФЕРАТ

Дисертация за присъждане на образователна и научна степен
„ДОКТОР” по научната специалност „Растениевъдство”

Научен ръководител:
доц. д-р Ваня Делибалтова

Пловдив, 2020

Изследването е проведено през периода 2009 – 2018 г. в опитните полета на фирма АГРОНОМ I ХОЛДИНГ, гр. Добрич.
<http://agronom.bg/>

Дисертационният труд съдържа 185 машинописни страници, 46 таблици, 23 фигури. Списъкът на цитираната литература включва общо 215 литературни източника, от които 25 на кирилица и 190 на латиница.

Дисертационният труд е обсъден на катедрен съвет.

Защитата на дисертацията ще се състои на 02.10.2020 г. от 11 часа на заседание на Специализираното научно жури във II аудитория - Аграрен университет, Пловдив, с членове:

Вътрешни членове:

Проф. д-р Христина Янчева

Проф. д-р Христофор Кирчев

Външни членове:

Проф. д-р Нели Вълкова

Проф. д-р Драгомир Вълчев

Доц. д-р Албена Иванова

1. УВОД

Всеки признак, показател, качество или свойство, имащи влияние върху добива и/или качеството на зърното се формира в резултат на взаимодействието на генотипа и средата. Това пряко влияние на природната среда, като метеорологични условия на сезона, почвено климатични особености на мястото на отглеждане е причина сортът да се разглежда като „генотип“ и „фенотип“. Целият селекционен процес е неразривно свързан с оценка на сорта (генотипа), чрез наблюдения върху фенотипа. Това, което се вижда и отбира в много случаи е в резултат на условията на отглеждане в по-силна степен от генетиката на индивида. Ето защо е изключително важно да се отчита влиянието на условията върху проявата на признаците, за да може да се прецени кой от създадените сортове е по-подходящ за отглеждане пред останалите. През последните 15 г. изучаването на взаимодействието на генотип*среда стана особено актуално, на фона на установените вече трайни тенденции за промяна на климата на планетата. Влиянието на средата върху сорта е обект на внимание от страна на учените при много култури, като например роза, маниока, сусам и фъстъци, защото е важно за тяхното правилно разпространение. Особено многобройни са изследванията при житните култури, които са най-масово отглежданите в света. Естествено те са обект на изследвания отдавна, защото са основна храна на човечеството. Полските култури, са подложени на продължително и непредвидимо въздействие от природните фактори на средата, особено тези с по-продължителен вегетационен период (ечемик, рапица, пшеница). На проучване за влияние на средата в този контекст се подлагат вече генетични, физиологични, биохимични, морфологични и др. показатели и свойства, което по същество представлява нов подход. Това е допълнително доказателство за актуалността и важността на подобен род изследвания.

Зимната хлебна пшеница вероятно е най-използваната култура като изследвания за ефекта на средата върху фенотипа. Това не е никак случайно, като се има предвид, че тя е продоволствена култура на света поради което усилията които полагат учените за нейното усъвършенстване са огромни. Продължителния вегетационен период на зимната пшеница (8-9 месеца) е причина да се организират мащабни изследвания по темата, които засягат много широк кръг от нейните признаци или свойства, като се започне от продуктивността, и качеството на зърното, и се стигне до гените и физиологичните процеси в отделни органи. В тях участват екипи от различни специалисти, които се опитват чрез прилагане на интердисциплинарен подход за анализ да изучат възможно най-добре влиянието на природата върху пшеницата.

У нас изследвания по темата генотип*среда се провеждат от около 30 години. От тогава при основните полски култури се провеждат периодични проучвания, главно върху установяване на взаимодействие между факторите и оценка на отделния сорт. До настоящия момент при нито една важна земеделска култура не е правено цялостно изследване на ефектите на взаимодействието генотип x среда върху продуктивността и комплексна оценка на сорта посредством наличния голям набор от методи и подходи, независимо от натрупаните познания за това в наши дни.

В настоящото изследване акцентът ще бъде върху ефективността и обективността на оценката на взаимодействието на сорта със средата. Особено място ще бъде отделено на сравнение между методите и подходите за оценка на поведението на сорта от гледна точка на неговата приспособимост и пластичност. Напоследък се забелязва интерес към критична оценка на различни статистически подходи за оценка на взаимодействието на сорта със средата. Сравняват се понякога параметрични методи, които взаимно си противоречат. Поради това е проведено проучване за съпоставяне информативността на различните подходи, методи или модели за оценка на варирането на добива на фона на многофакторни полски опити (МЕТ) и проявлението на отделния сорт по добив зърно в тях.

3. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Целта на изследването е да се проучат във възможно най-големи детайли закономерностите, свързани с влиянието на условията на средата върху варирането и нивото на признака добив зърно при зимната пшеница.

За да се изпълни поставената цел са поставени няколко задачи. Трите са основни задачи. Всяка от тях от своя страна съдържа конкретни под задачи, които са свързани с основните аспекти от изследвания проблем.

1. Да се проучи влиянието на условията на средата върху добива зърно

1.1. Да се установи степента на влияние на условията върху проявата на признака добив зърно

1.2. Да се установят закономерностите на взаимодействието на генотипа с условията на средата при продуктивността

1.3. Да се проучи реакцията на генотипа, неговата стабилност и пластичност в различни условия по отношение на добива зърно

2. Да се проучат възможностите на различни статистически методи и подходи за извличане на коректна информация относно взаимодействието генотип * среда при добива зърно на пшеницата.

3. Да се анализира пригодността на различни подходи за обективна оценка на конкретен сорт по отношение на компромисно съчетание между проява на признака ДЗ и неговата пластичност и стабилност.

4. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Обща информация за опитите

Това изследване обхваща основно два периода от по няколко години. През него са изследвани общо над 40, създадени в България сортове пшеница. Деветнадесет от тях са създадени в Агроном I Холдинг, три сорта (Ласка, Свилена и Ивета) се разпространяват в производството от фирмата по 20-годишен лицензионен договор с Добруджански земеделски институт.

Данните, които са представени в изследването са от проведени полски опити, които обхващат два периода от четири (4) и две години, през които са изследвани признаци и показатели, свързани с добива и качеството на зърното, на общо 24 сорта. В първия 4-годишен експеримент, обхващащ 5 пункта на изследване за сравнение са използвани и два стандартни сорта: Енола и Пряспа. Във втория 2-годишен полски опит в 3 пункта на изпитване за стандарти са използвани сортовете Пряспа, LG Avenue и LG Aparuna. В него са използвани същите 3 от петте първоначални пункта, но броят на сортовете е увеличен на четиридесет (40). Част от изследваните сортове от първия експеримент се повтарят (12 броя) и в опита са включени допълнително 26 селекционни линии, сортове в процес на изпитване и новопризнати сортове.

Пунктовете за изпитване са подбрани, така че да бъдат представителни за отделните зърно производителни региони на страната.

В изследването са включени данни от единен полски експеримент, основаващ се на трите основни фактора, характеристики за подобен род проучвания: генотип (G), условия на годината (сезона E) и пункт на изпитване (L). Всички събрани данни за различните признаци или показатели се основават на представената тук матрица, след внимателен анализ на събраните данни в по-голям брой пунктове и още няколко сезона на изпитване. Тестовите, които предшества анализ, са свързани основно с елиминиране на пунктове даващи сходни данни и провеждане на тест за нормално разпределение на данните за всеки един признак или показател, който е включен в изследването. Там, където анализът е бил на границата на

достоверността данните са нормализирани чрез подхода 1/n, който е класически за подобни изследвания. На много места в представените фигури обозначението на признаците и показателите е в английският им вариант, поради това, че повече от статистическите програми не работят коректно на кирилица.

Характеристика на изследвани сортове

Участващите в изследването сортове са от трите основни групи по качество, според което те са подредени в изследването. В групата по качество за стандарти са използвани сортовете Ивета (група А), Фактор за група Б и Алекса – за група В. Групите по качество, са представени според данните на ИАСАС при признаване на всеки един от изследваните сортове. В представените фигури в следващия раздел обозначението на сортовете е представено като цифри от 1 до 24, при признаците на продуктивността и от 1-до 22 при показателите на качество на пшеницата.

Методи и схеми на полските опити

Опитите са заложили в латински правоъгълник в три повторения, на фона на 24 (първи опит) и съответно 40 (втори опит) изследвани сорта. Във всеки от избраните пунктове сортовете са отглеждани в парцели с големина от 10 м², при прибиране. Във всеки отделен пункт е спазвано строго изискването за осигуряване на еднакви условия за всеки участник в схемата сорт. Това означава сеитба в един ден, еднакво хранене (торене) и грижи през цялата вегетация и накрая прибиране на парцелите. Всеки един от пунктовете на изпитване притежава уникално съчетание от почвено климатични условия. Понеже приемаме всеки отделен пункт като комплекс от особени и характерни за него условия на средата не представяме характеристика на тези места. Това за нас е само фактор, който приемаме за статистическите анализи като „фиксиран“. Такова е мнението за този фактор на голяма част от класическите изследвания по въпроса. От друга страна приемаме условията на годината (сезона) като „случаен“ фактор, понеже метеорологичните условия са непредвидими по характер на съчетание от температура, влага и светлина. При този фактор също не правим характеристика на условията, понеже приемаме че неговото въздействие по принцип е еднакво за всеки изследван сорт (генотип).

Поради това при статистическите анализи тези два фактора се анализират в група посредством техния ефект върху проявата на изследвания признак. Сравнението на всеки от факторите става на основата на средната проява на признака при него. По промяната на средните стойности на факторите се изгражда всяка статистическа хипотеза за сравнение между изследваните сортове при отделен признак или показател.

Статистически методи и подходи и софтуер

За целите на разработката са използвани голям брой статистически анализи, които основно биха могли да бъдат разделени на три групи, според информацията, която предоставят:

1. Установяване наличие на влияние на условията върху проявата на признаците и показателите или така нареченото популярно взаимодействие на генотипа със средата.

2. Анализирани на закономерностите на взаимодействието на генотипа с условията на средата

3. Установяване на стабилността и пластичността на всеки изследван сорт. Особено полезни в тази част на анализите са програми (№ 2, 3), в които са заложили анализи на многобройни параметри за оценка на стабилността, поради нейната специфика при изявата на всеки генотип в променящите се условия на средата.

5. РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

5.4. Пригодност на обикновени методи за оценка на нивото и стабилността на добива зърно

ТАБЛИЦА 1.

Балови стойности на изследваните сортове според използвания модел за оценка

№	СОРТ	БАЛ ДЗ	БАЛ GA ¹	БАЛ SI ²	БАЛ R ³	БАЛ CV ⁴
1	ТЕРВЕЛ	22	24	15	18	23
2	А 15/89	1	1	1	21	1
3	ИВЕТА*	7	12	2	15	4
4	АПОГЕЙ	20	23	18	20	20
5	ЛАСКА	8	20	4	9	10
6	ДАГЕЯ	13	11	22	17	21
7	САМУИЛ	9	22	14	22	14
8	БИЛЯНА	4	3	5	14	3
9	НЕВЕН	17	7	12	16	17
10	ФАКТОР	10	4	6	19	5
11	ПРЕСИЯНА	16	15	8	12	8
12	РАЛИЦА	2	2	3	24	2
13	РИАНА	3	8	23	23	6
14	ТОПОЛИЦА	19	21	17	10	19
15	ОГНЯНА	14	18	19	5	13
16	ЕНОЛА*	15	14	11	4	12
17	АЛЕКСА	23	13	20	3	22
18	АЛИСА	11	5	21	11	16
19	АП ВЕЛИКА	12	17	7	8	7
20	БУЛ АНЕТА	6	16	9	13	11
21	ВЯРА	5	6	10	1	9
22	СВИЛЕНА	21	10	13	7	15
23	ХЕЛА	18	9	16	6	18
24	ПРЯСПА*	24	19	24	2	24

1- $GA=(GY-bi)$ – обща приспособимост 2- $SI=(GY+\sigma^2)$ индекс на стабилността, според [Vulchinkov and Vulchinkova, \(2007\)](#), 3- R – регресионен коефициент, 4- CV - коефициент на вариране по [Francis & Kannenberg, \(1978\)](#)

Един от най-популярните методи за определяне на стабилността при различни условия е joint regression analysis (JRA), предложен 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 предложени 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 анализът е включен и друг индекс, наречен от Kang, (1988) индекс на стабилността (Stability Index=SI). Той представлява 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, наклона на регресионната линия (bi) и сумата на квадратното отклонение (S^2d), които са част от наречения от (Flores et al.,1998) 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 ниво на добива и степента на неговата промяна в MET. Стойностите на отделните индекси не са представени тук, поради това, че голяма част от подходите при рангуване на сортовете независимо как се прави, са описани в предходния раздел. Стойностите на всеки един от описаните параметри за всеки отделен сорт, са използвани за рангуване според индекса „стабилност“. Окончателно рангуване 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 на стойностите.

В **таблица 1** е представена обобщена информацията относно ранговите оценки на сорта, според приложения метод за подреждане. Без много анализ на цифрите е видно, че информацията за всеки отделен сорт е много обхващаща, особено на фона на останалите.

ТАБЛИЦА 2.

Балови оценки на добива зърно и коригираните му стойности чрез индекса за обща приспособимост (*GA), и индекса за стабилност (SI)**

№	СОРТ	GA*			SI**		
		ДЗ	СТАБ	ДЗ+СТАБ	ДЗ	СТАБ	ДЗ+СТАБ
1	ТЕРВЕЛ	22	18	18	14	5	5
2	А 15/89	1	21	8	1	7	2
3	ИВЕТА*	4	15	9	2	2	1
4	АПОГЕЙ	19	20	17	16	11	10
5	ЛАСКА	7	9	12	3	1	1
6	ДАГЕЯ	21	17	15	21	13	14
7	САМУИЛ	13	22	6	22	22	17
8	БИЛЯНА	3	14	3	4	16	6
9	НЕВЕН	16	16	14	10	10	6
10	ФАКТОР	6	19	13	5	4	3
11	ПРЕСИЯНА	10	12	11	7	6	4
12	РАЛИЦА	2	24	1	9	23	13
13	РИАНА	5	23	4	23	24	19
14	ТОПОЛИЦА	20	10	16	15	8	8
15	ОГНЯНА	14	5	7	18	17	15
16	ЕНОЛА*	12	4	4	11	19	12
17	АЛЕКСА	23	3	17	19	9	11
18	АЛИСА	15	11	7	20	18	16
19	АП ВЕЛИКА	11	8	14	6	3	3
20	БУЛ АНЕТА	8	13	5	8	14	7
21	ВЯРА	9	1	2	12	20	13
22	СВИЛЕНА	17	7	10	13	12	9
23	ХЕЛА	18	6	11	17	15	13
24	ПРЯСПА*	24	2	9	24	21	18

ТАБЛИЦА 3.

Балови оценки на добива зърно и коригираните му стойности чрез метода „свързан регресионен анализ“ (*JRA) и (**FK) статистическия модел на Francis and Kannenberg (1978)

№	СОРТ	JRA*			FK**		
		ДЗ	СТАБ	ДЗ+СТАБ	ДЗ	СТАБ	ДЗ+СТАБ
1	ТЕРВЕЛ	18	20	18	22	22	20
2	А 15/89	21	19	19	1	5	1
3	ИВЕТА*	15	22	17	4	21	9
4	АПОГЕЙ	20	15	16	19	18	18
5	ЛАСКА	9	24	15	8	6	5
6	ДАГЕЯ	17	12	12	21	19	19
7	САМУИЛ	22	2	9	13	11	10
8	БИЛЯНА	14	9	8	3	20	9
9	НЕВЕН	16	14	13	16	14	14
10	ФАКТОР	19	21	19	6	8	4
11	ПРЕСИЯНА	12	17	12	10	9	6
12	РАЛИЦА	24	3	11	2	10	4
13	РИАНА	23	1	9	5	3	2
14	ТОПОЛИЦА	10	16	10	20	15	16
15	ОГНЯНА	5	6	3	14	23	17
16	ЕНОЛА*	4	5	1	12	16	12
17	АЛЕКСА	3	18	7	23	24	21
18	АЛИСА	11	4	4	15	7	8
19	АП ВЕЛИКА	8	23	14	11	4	3
20	БУЛ АНЕТА	13	10	8	7	1	3
21	ВЯРА	1	8	1	9	17	11
22	СВИЛЕНА	7	13	6	17	12	13
23	ХЕЛА	6	11	5	18	2	7
24	ПРЯСПА*	2	7	2	24	13	15

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 е 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 им оценки. Последвалата трансформация на данните чрез прилагане на рангуване чрез индекса „ДЗ-СТАБ“ е представено на [таблицы 2 и 3](#). Анализът на тези цифри не би могъл да даде ясна представа за ефективността на всеки един от използваните начини за подреждане. Рангуването на основата на 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 стабилност на сорта, чрез посочения ранг. Отговор до някъде дават резултатите от корелационния анализ в [таблица 4](#). Приложени са всички различни типове корелации с цел да бъде установена недвусмислено наличието на връзка между индексите. Корелациите между ДЗ и индекса ДЗ+СТАБ са високи при всеки един от приложените методи. Относително по-високи са стойностите на корелационния коефициент при методите FK и SI, като при последният 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 корелационните зависимости между споменатите индекси и при останалите два

подхода за подреждане. Какъв е компромисът между добива и неговата стабилност при приложените подходи?

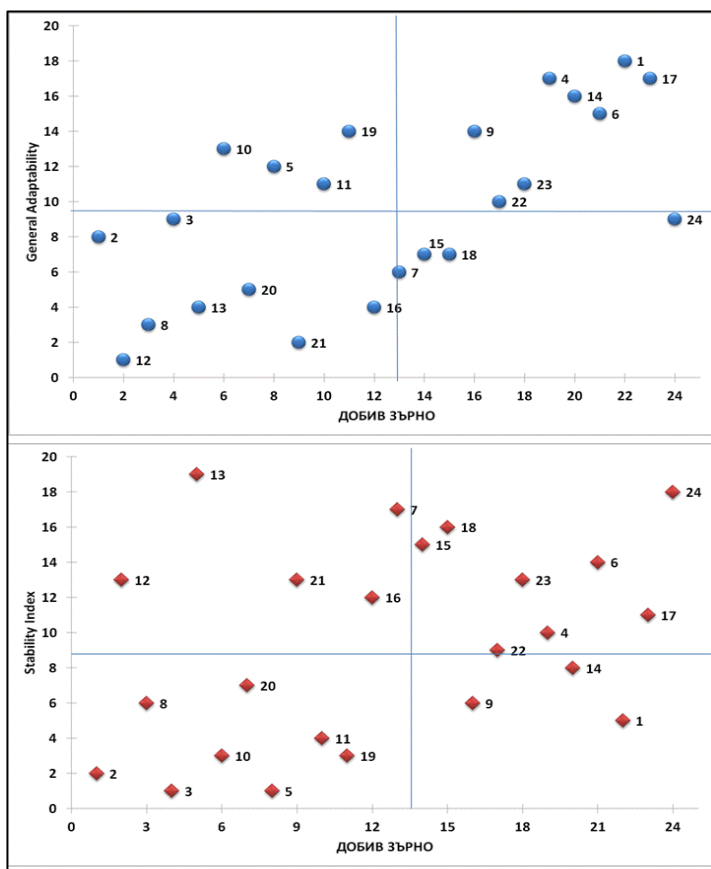
ТАБЛИЦА 4.

Корелации между добива зърно е неговата стабилност при групиране на сортовете чрез рангуването им по методите * GA- обща адаптивност (GY+b); **FK- статистически модел на Francis and Kannenberg (1978), ***R-съвместен регресионен модел; ****селекционен индекс (GY-S²);

Индекс	Тип корелация	г коефициент	p- стойност	г коефициент	p- стойност
		*GA(ДЗ)		GA(СТАБ)	
GA(стаб)	Pearson	-0,403	0,0000		
	Spearman	-0,403	0,0506		
	Kendall	-0,297	0,0420		
GA(ДЗ-стаб)	Pearson	0,637	0,0000	-0,023	0,9300
	Spearman	0,633	0,0009	-0,021	0,9212
	Kendall	0,491	0,0009	0,000	1,0000
		**FK(ДЗ)		FK(СТАБ)	
FK(стаб)	Pearson	0,305	0,0000		
	Spearman	0,305	0,1470		
	Kendall	0,232	0,1124		
FK(ДЗ-стаб)	Pearson	0,802	0,0000	0,800	0,0000
	Spearman	0,792	0,0000	0,811	0,0000
	Kendall	0,616	0,0000	0,623	0,0000
		***R(ДЗ)		R(СТАБ)	
R(стаб)	Pearson	-0,042	0,0000		
	Spearman	-0,042	0,8465		
	Kendall	-0,007	0,9604		
R(ДЗ-стаб)	Pearson	0,672	0,0000	0,705	0,0000
	Spearman	0,675	0,0003	0,696	0,0002
	Kendall	0,516	0,0005	0,486	0,0010
		****S(ДЗ)		S(СТАБ)	
S(стаб)	Pearson	0,611	0,0000		
	Spearman	0,611	0,0015		
	Kendall	0,457	0,0018		
S(ДЗ-стаб)	Pearson	0,889	0,0000	0,889	0,0000
	Spearman	0,890	0,0000	0,887	0,0000
	Kendall	0,747	0,0000	0,725	0,0000

* Стойностите в удебелен шрифт, са различни от 0, с ниво на значимост $\alpha = 0,05$.

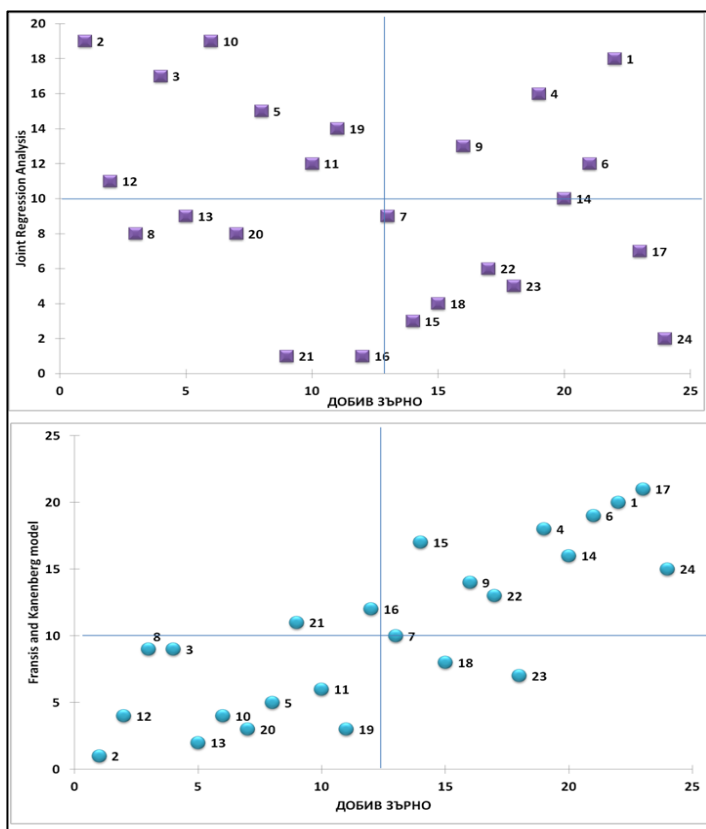
На този съществен за нас въпрос отговарят стойностите на корелациите между индексите „СТАБ” и „ДЗ-СТАБ” в същата **таблица 4**. В общи линии техните стойности по подходи са аналогични на тези между ДЗ и „ДЗ-СТАБ”. Изключение прави липсата на корелация между индексите при подреждане по GA. Това го приемаме 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 индекси е сходна по стойност. Това е изключително важно, поради това, че в случая не са преви компромис между тях, в която и да е посока. За сведения при модела на Kang (1993), при който определяща роля в ранга има ДЗ, докато стабилността е на втори план. При изследването на други 4 подхода в предходния раздел бе посочено, че методът за индексирание на „ДЗ-СТАБ” при тези подходи не е от значение. При тях дори моделът на Kang (1993), чрез параметъра Y_{Si} би могъл да бъде използван като референтен за сравнение на който е да е статистически подход в това направление. В нашият случай това би могъл да бъде подходът на общата адаптивност (GA), който показва аналогични резултати на споменатия по-горе.



ФИГУРА 1. Визуално представяне на точките на сортовете според индекса добив-стабилност и ДЗ, според подходите за групиране GA (горе) и SI (долу)

За да проверим дали получената информация може да бъде използвана за групиране на сортовете построихме няколко фигури (*scatter plot*) в които поставихме ранговите оценки на ДЗ и стойностите на индекса „ДЗ-СТАБ“ на всеки един от приложените статистически прийоми (фигури 1 и 2). Дали е възможно подреждането по всеки един от начините да направи групиране на най-перспективните сортове. Последните би трябвало да имат най-удачен компромис между ДЗ и СТАБИЛНОСТ.

Всеки плот (фигура) се разделя условно на четири зони: зона А – горе в дясно; зона В – горе в ляво; зона С – долу в дясно и зона D- долу ляво. Това е направено по подобие на публикациите на [Thiry et al., \(2016\)](#), [Tsenov et al., \(2017\)](#), в които сортовете са разделят по аналогичен начин спрямо тяхната реакция към контрастни условия на средата. Според това разположението 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 образците в зони А, В и С, в зависимост от условията на конкретната обстановка на страната. Естествено най-желани са сортовете от група А.



ФИГУРА 2. Визуално представяне на точките на сортовете според индекса добив-стабилност и ДЗ, според подходите за групиране JRA (горе) и FK (долу)

Това са те с обозначения: 1, 4, 6, 9, 14, 22, 23 и 24. Същите тези сортове бяха идентифицирани след разглеждане по други методи в раздел 7.4. Сортовете под номера 2, 8, 13, 20 трябва да се избягват за отглеждане поради ниския и много променлив добив зърно в пунктовете. За условията на северна България, където условията са по-благоприятни за отглеждане на пшеница са също 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 обратен 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 показва 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:** приложеният подход за подреждане на сортовете по добив и варирането му е приложим и **четвърто:** прилагането на простички подходи като регресионен коефициент (b_i) или 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.

5.5. Сравнение на модели за оценка на величината и стабилността на добива зърно

Напоследък селекционната оценка на сортовете е невъзможна без количествената оценка на взаимодействието *генотип*среда* (Gubatov *et al.*, 2016, Golkari *et al.*, 2016, Karimzadeh *et al.*, 2016). Причините за това са, че всеки признак при земеделските култури се влияе силно от околната среда. Терминът взаимодействие *генотип*среда* не е нов, но през последните 10 години придоби особено значение поради наличието вече на работещи статистически методи и модели за неговата оценка (Gauch and Zobel. 1996, Yan and Hunt. 2001, Kang, 2002).

При житните култури изследванията стигнаха до единното мнение на редица изследователи като Lin *et al.*, (1986), Snape *et al.*, (2007) и Najafian *et al.*, (2010), че без количествена оценка на взаимодействието „генотип*среда“, е невъзможно да се направи реално подреждане на сортовете по добива зърно в широк кръг от условия. Основната предпоставка и мотив за подобно твърдение се основава на терминът „стабилност“, чрез който сортът се оценява, не само като ниво на добив, но и като степен на вариране в условията на средата (Yan and Hunt. 2001, Annicchiarico, 2002, Aycicek and Yilderim, 2006).

Във връзка с проблема за приспособимостта е въведен и термина пластичност (издръжливост, устойчивост), (Annicchiarico, 2002). Според динамичната концепция даден сорт проявява пластичност, ако неговото поведение е сходно на групата при промяна на условията на средата.

Подходите за оценка на стабилността на сорта се делят на параметрични, непараметрични и многовариантни, както го е направил един от изтъкнатите теоретици на проблема (Kang, 2002). Понеже оценката на който и да е подход никога не дава пълна информация за сложното взаимодействие *генотип*среда* от около 15 години се използват широко и редица визуални методи за оценка на генотипа, които се причисляват към многовариантните методи, понеже нагледното представяне е в резултат на компромис между продуктивност и стабилност (Yan *et al.*, 2000, Namorato *et al.*, 2009, Ahmadi *et al.*, 2012).

В тази връзка най-ефективни за нас са тези от подходите, които имат най-силна връзка между нивото на признака и степента на неговата стабилност, респективно пластичност. В наши дни това е Biplot - анализът, понеже информацията която дава е най-комплексна (Ding *et al.*, 2008), (Malla *et al.*, 2010) и (Abakemal *et al.*, 2016). Този анализ е в основата на два модела, които са широко използвани напоследък- AMMI и GGE (Ahmadi *et al.* 2012). Според последните изследвания на (Roostaei *et al.*, 2014) се оказва че именно посредством GGE и AMMI моделите може да бъде направен най-приемлив компромис между ниво на признака и стабилност в огромен брой пунктове на изпитване (24). В изследванията на Alberts (2004) и Tazu (2011) се прави задълбочен анализ на възможностите, които всеки един от тези методи предоставя за оценка на сорта. Въпреки това все още малко се знае относно пригодността на отделните модели за компромисна оценка на продуктивността и стабилността на всеки сорт от дадена група (Roostaei *et al.*, 2014).

Изчислявани са рангови корелации, като за целта са използвани два статистически метода (JRA and NP) и два модела (AMMI, GGE biplot), които се използват масово за подреждане на изследваните генотипове, според варирането на добива им в различни условия на средата. За да се установят ефектите на генотипа, на условията на средата и на взаимодействието между тях е приложен комбиниран анализ на вариансите в който е включен и принципния компонентен анализ за AMMI-модела. Той е направен с помощта на статистическите пакети IBM SPSS 23 и GenStat 15. Подреждането на изследваните сортове по добив и стабилност на добива е направено с помощта на 4 различни статистически подходи. При всеки един от тях подреждането на сортовете става въз основа на три критерия: добив зърно (GY), стабилност (stab) и

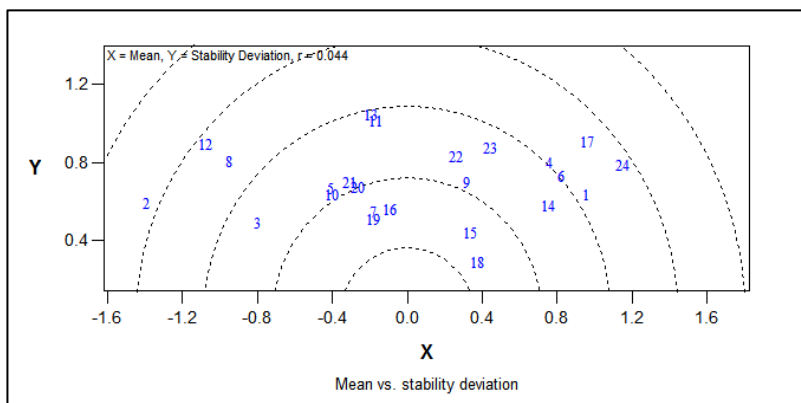
добив-стабилност (*yield-stability*). При всеки един от използваните методи това става по различен начин, според начина за тълкуването на стабилността на съответната програма. Критерият „добив-стабилност“ е получаван след сумиране на стойностите от първите два ранга, след което той отново се подлага на рангуване.

Подреждането и оценката на сортовете по модела $YS(i)$ statistic е направено чрез използване на специална компютърна програма (*STABLE*). Индексът на стабилността на добива зърно (YSi) е изчислен по метода на [Kang \(1993\)](#), при който се прави компромис между високодобивни и устойчиви сортове. Сортът с най-висок добив зърно получава балова оценка (ранг) от 24, а този с най-нисък - 1. Ранговата оценка на даден сорт бе коригирана чрез оценката за неговата стабилност както следва: - 8, - 4, и - 2 за измерена значителна стабилност при $P < 0.01$, 0.05 и 0.10, съответно и 0 за незначителна стабилност на сорта. Рейтингът на стабилността от - 8, - 4, и - 2, е избран, така, че да променя рангът на генотипа от този на базата само на добива ([Kang, 1988](#)). По този начин се получава коригиран статистически добив зърно, обозначен от авторът като (Ysi). Рейтингът за стабилност на сортовете се получава според варирането на параметъра на Shukla (σ^2) [Shukla \(1972\)](#). Рангът на критерия „добив- стабилност“ за всеки сорт е получен отново след рангуване въз основа на сумата от първите две балови оценки (добив) и (стабилност).

Баловите оценки според не параметричния модел на [Huehn \(1990\)](#) са поставени на всеки сорт по сходни на първия критерии. Стабилни с висок бал (24) са сортовете чийто вариант на ранга (S^2_i), спрямо различните пунктове на изпитване е най-нисък или спрямо сумата от абсолютното отклонение от максималния бал на всеки сорт (S^3_i). Подреждането на сортовете по добив стабилност е спрямо сумата от първите два ранга, след като за втори е приет средния ранг от двата критерия за стабилност на този метод.

Анализът чрез **AMMI** съчетава добавъчни компоненти в един единствен модел за основните ефекти на сортове и среди, както и компоненти за ефекта на взаимодействие. Според него генотипове (или среди) с големи IPC бал (или положителни или отрицателни) са със силно взаимодействие, докато генотипове (или среди) с IPC1 бал близо до нула имат ниски взаимодействия, т.е. ниско вариране.

За да се опише стабилност се използва AMMI статистически коефициент (D), който се изчислява според методиката на ([Zhang et al., 1998](#)). Генотипът с най-ниската стойност на параметъра D се счита за най-стабилен ([Zhang et al., 1998](#)) и съответно получава най-висок (24) ранг за това за критерия „стабилност“.



ФИГУРА 3. GGE Biplot класиране на сортове въз основа на техния ДЗ и неговата стабилност в условията на MET

Анализът на модела GGE biplot се получава при използване на софтуера на (Yan, 2001). Чрез него всеки генотип от групата получава оценка за ефекта на генотипа (G) и взаимодействието генотип*среда (GE) (Yan et al., 2000). За оценка на всеки сорт, основна отправна точка е един малък кръг в центъра на biplot-а, която изразява средната „средова“ координата (AEC-Average Environmental Coordinate), която е средно аритметична от оценката PC₁ и PC₂ на околната среда (E). Около началото на координатната система (0,0) има концентрични кръгове (фиг. 3). Колкото точката на даден сорт се намира в концентричен кръг по близо до началото, толкова варирането му в условията на опита е по-слабо. Например: сорт № 18 има най-слабо вариране, сорт № 3 има средно по степен вариране, докато сорт № 2 варира най-силно от цялата група (Yan, 2001, Yan and Kang, 2003). По отношение на стабилността рангуването става според разстоянието от началото (0,0) до точката на сорта, като най-висок бал имат тези сортове с най-късо разстояние до това място. Параметърът добив - стабилност е в резултат на сумата от първите два бала.

За да се установи, дали даден метод може успешно да раздели сортовете в групата според техния добив и стабилност (добив-стабилност) са изчислени трите основни типа корелации (Pearson, Spearman and Kendall) между баловите оценки на трите параметъра от всеки от използваните подходи, с помощта на статистическия пакет **Unistat 6**.

Според данните от изследването, част от което са публикувани вече (Gubatov et al., 2017) взаимодействието на сорта с условията на средата е много съществено. Това ясно се вижда от данните в **таблица 5**, която е компилация между два анализа, споменати в раздел материал и методи. Според тях почти всички източници на вариране са значими при високо ниво на достоверност (*p-value*). Особена силно е взаимодействието между изучаваните фактори на средата, което достига до 1/3 от цялото вариране (31.94 %). Най-силен е ефектът на сезона (годината), чиито основен ефект е около 40 %, а заедно с пункта на изпитване причиняват почти цялото вариране на взаимодействието (88.72 %). Това е изключително силен ефект върху признака от страна на факторите на средата. Делът на генотипа е много нисък (1,17 %), но той участва във взаимодействието със средата осезаемо силно (около 12 %).

ТАБЛИЦА 5.

Комбиниран ANOVA и AMMI анализ на вариациите на взаимодействието GE през четиригодишен период на разследване

Източник на вариране	SS %	df	MS	F-stat	p-value	η^{2**}
<i>Основен ефект</i>	64.55	30	41,45	168,72	0,0000	0,911
Година	43,12	3	276,904	1127,18	0,0090	0,598
Пункт	20,26	4	97,555	397,11	0,1380	0,416
Сорт	1,17	23	0,98	3,99	0,1110	0,340
<i>Взаимодействие</i>	31.94	173	3,56	14,47	0,0000	
година * пункт	88.72	12	45,486	185,161	0,0000	0,890
година * сорт	6.95	69	0,619	2,521	0,0000	0,387
пункт * сорт	4.33	92	0,290	1,18	0,1560	0,282
Коригиран модел	3.52	203	9,156	37,72	0,0000	0,908
Грешка	67,82	276	0,246			
Общо	1926,49	479	4,022			
Регресия	22.20	23	0.123	3.12	0.00000	
Отклонение	77.80	276	0.435	2.55	0.00000	
IPCA1	58.8	25	0.99	3.86	0.00000	
IPCA2	12.6	23	0.57	2.23	0.00112	
IPCA3	11.2	21	0.23	0.90	0.59706	
Остатъчно вар.	10.0	0	0.333	2.78	0.00012	

Анализът на вариансите чрез AMMI- модела установява достоверно високи дялове на регресията (22.20 %) и отклоненията от нея (77.80 %). На практика варирането в експеримента, изразено чрез взаимодействия достига до 82,6 % и около 10 % остатъчно вариране. Наличието на три компоненти (PC_1 , PC_2 , PC_3) при взаимодействието на признака със средата е показателно за сложната му природа. Наистина третата компонента PC_3 не е достоверно висока, но все пак е указание за наличие на нелинейно взаимодействие на добива зърно с условията на средата. Според [Gubatov et al., \(2017\)](#) нелинейното взаимодействие е от порядъка на около 35 % при 50 % дял на PC_1 , което наистина е значимо. Силно нелинейно взаимодействие при добива зърно се съобщава вече като закономерност при голяма част от основните както житни ([Bose et al., 2014](#), [Golkari et al., 2016](#), [Karimzadeh et al., 2016](#), [Dyulgerova & Dyulgerov, 2016](#), [Ramazani et al., 2016](#)), така и бобови култури ([Asfaw et al., 2009](#), [Sabaghpour et al., 2012](#)) и достига до PC_3 , което е уникална по рода си информация. Тези факти говорят красноречиво за сложната природа на реакция на сорта чрез добива зърно в разнообразни условия на отглеждане. При тези обстоятелства е ясно защо голяма част от индексите и параметрите за оценка на взаимодействието генотип*среда при различните модели дават различна информация ([Kaya and Turkoz, 2016](#), [Storck, et al., 2016](#)) от гледна точка на коректността за оценка на сорта спрямо другите в изследваната група. Различното подреждане на сортовете по ниво на признака и неговата стабилност при различните подходи е причина да се прилага балова оценка, както в нашето изследване. Първото подреждане по ранг (бал) е според подхода на [Kang \(1993\)](#), (таблица 6). Ясно и отчетливо се вижда начина на формиране баловата оценка и разликата в бала за добива (GY) и коригирания добив (YS_i). Още по-голяма става разликата в оценката на генотипа след корекция на бала според параметъра „добив - стабилност“ (таблица 6).

Това подреждане в зависимост от не параметричните подходи (YS_i) и (NP) се различава в голяма степен, ако се фокусираме върху конкретни сортове. Налице са две основни групи за сравнение: група от сортове, които имат сходен бал (1, 8, 15, 23), група, които имат контрастни балове при двата подхода (2, 4, 10, 19).

ТАБЛИЦА 6.

Класация на 24-те сорта чрез оценяване на индекс добив-стабилност (YS_i), по модела на Kang (1993)

№	Сорт	ДЗ	РАНК, ДЗ	Корекция на ДЗ	Коригиран ранг	стабилност	YS (i)
1	Тервел	6,87	22	1	23	-8	15
2	A 15/89	6,15	1	-1	0	-4	-4
3	Ивета*	6,38	4	1	5	-8	-3
4	Апогей	6,83	19	-1	18	-4	14
5	Ласка	6,48	7	1	8	-8	0
6	Дагея	6,87	21	-1	20	-2	18
7	Самуил	6,58	13	-2	11	0	11
8	Билияна	6,34	3	1	4	-2	2
9	Невен	6,73	16	-1	15	-4	11
10	Фактор	6,47	6	-1	5	-8	-3
11	Пресияна	6,55	10	-1	9	-8	1
12	Ралица	6,22	2	-2	0	0	0
13	Риана	6,46	5	-1	4	0	4
14	Тополица	6,84	20	1	19	-4	15
15	Огняна	6,72	14	2	25	-2	23
16	Енола*	6,57	12	1	13	0	13
17	Алекса	6,90	23	1	22	-4	18
18	Алиса	6,73	15	1	16	-2	14
19	Ап велика	6,56	11	-1	10	-8	2
20	Бул анета	6,48	8	-1	7	-2	5
21	Вяра	6,52	9	1	10	0	10
22	Свилена	6,74	17	1	18	-4	14
23	Хела	6,79	18	1	19	-2	17
24	Пряспа*	6,98	24	2	26	0	26

Подреждането на сортовете по добив и стабилност чрез AMMI анализа е представено на **таблица 8**. Според закономерностите на анализа най-висок добив имат сортовете около началото на координатната система (9, 10, 17). Според GGE програмата най-висок бал имат сортовете 1, 4, 17, 24, тоест различни от тези от предходния анализ. След корекция на баловата оценка спрямо стабилността на сортовете картината се променя в някои случаи драстично (**таблица 7**).

В сравнение от предходните два модела при тези баловата оценка на сорта има сходно поведение. Ясно е че при всеки статистически подход оценката на сорта след изваждане на „шума“, който се предизвиква от взаимодействието му с условията на средата, е различно. Поради тази причина през последните години масово се използват двата най-съвременни за това методи– AMMI и GGE (*Asfaw et al., 2009, Sabaghnia et al., 2013*).

Основната причина за този интерес е възможностите, които имат и двете за визуално представяне на всеки сорт, като точка на фона на цялата картина на експеримента. Логично е да възникне въпроса: дали това отговаря на обективната истина за връзката между нивото на добива и неговата промяна в условията, на конкретния експеримент.

ТАБЛИЦА 7 .

Оценка (подреждане) по добив на зърно и неговата корекция чрез критерия на индекса за оценка на стабилност (YSi) и непараметричен анализ на GE взаимодействията (НП)

СОРТ	Подреждане по YSi			Подреждане по (НП)		
	ДЗ	СТАБ	ДЗ-СТАБ	ДЗ	СТАБ	ДЗ-СТАБ
1	22	23	15	22	22	20
2	1	0	-4	1	5	1
3	4	5	-3	4	21	9
4	19	18	14	19	18	18
5	7	8	0	8	6	5
6	21	20	18	21	19	19
7	13	11	11	13	11	10
8	3	4	2	3	20	9
9	16	15	11	16	14	14
10	6	5	-3	6	8	4
11	10	9	1	10	9	6
12	2	0	0	2	10	4
13	5	4	4	5	3	2
14	20	19	15	20	15	16
15	14	25	23	14	23	17
16	12	13	13	12	16	12
17	23	22	18	23	24	21
18	15	16	14	15	7	8
19	11	10	2	11	4	3
20	8	7	5	7	1	3
21	9	10	10	9	17	11
22	17	18	14	17	12	13
23	18	19	17	18	2	7
24	24	26	26	24	13	15

Отговор на този въпрос дават корелационните зависимости между баловата оценка на параметрите за оценка на добива и стабилността на сорта (**таблица 9**). Данните показват, че между тези два параметъра връзката е положителна, но не е достатъчно силна. Налице са силни корелации между оценките след прилагане на непараметричния модел и двата съвременни методи. Липсата на достатъчно силна корелация между ранговете за добив и стабилност се приема в случая за нормално, понеже те показват коренно различни характеристики са сорта. Това, че непараметричния модел показва високи корелации се дължи по-скоро на начина, по

който при него се оценява стабилността. От друга страна силните и достоверни корелации между оценката на добива при AMMI и GGE (достигащи почти до единица) са нагледно доказателство за еднотипната оценка, която двата модела предоставят.

ТАБЛИЦА 8.

Рангови оценки за добив на зърно и неговата корекция според стабилността чрез критерии, свързани с * AMMI -модела и софтуерна програма GGE Biplot (GGE)**

Сорт	AMMI*			GGE**		
	ДЗ	СТАБ	ДЗ-СТАБ	ДЗ	СТАБ	ДЗ-СТАБ
1	22	11	20	22	11	14
2	1	1	1	1	1	1
3	7	21	16	7	21	11
4	20	12	18	20	12	13
5	8	15	10	8	15	7
6	13	10	9	13	10	7
7	9	22	15	9	22	11
8	4	16	7	4	16	5
9	17	13	17	17	13	12
10	10	8	5	10	8	4
11	16	17	19	16	17	14
12	2	6	3	2	6	2
13	3	5	2	3	5	2
14	19	7	13	19	7	9
15	14	24	22	14	24	15
16	15	23	21	15	23	15
17	23	19	24	23	19	17
18	11	14	12	11	14	8
19	12	9	8	12	9	6
20	6	3	4	6	3	3
21	5	20	11	5	20	8
22	21	18	23	21	18	16
23	18	2	6	18	2	5
24	24	4	14	24	4	10

ТАБЛИЦА 9.

Корелации между подреждането (рангуването) на сортове по критериите "Добив" и "стабилност" според моделите (Ys), непараметричния анализ (N), AMMI (A) и GGE (G)

параметър	Ys (ДЗ)	Ys (СТАБ)	N (ДЗ)	N (СТАБ)	A (ДЗ)	A (СТАБ)	G (ДЗ)	G (СТАБ)
Ys(ДЗ)	1	0.8871**	0.2414	0.1085	0.1052	0.1043	0.1052	0.1043
Ys(СТАБ)	0.031*	1	0.9743	0.8150	0.2731	0.9903	0.2731	0.9903
N(ДЗ)	0.249	-0.007	1	0.0941	< 0.0001	0.9229	< 0.0001	0.9229
N(СТАБ)	0.336	0.050	0.350	1	0.0748	0.0016	0.0748	0.0016
A(ДЗ)	0.339	0.233	0.852	0.370	1	0.5905	< 0.0001	0.5905
A(СТАБ)	0.440	-0.003	0.021	0.609	0.116	1	0.5905	< 0.0001
G(ДЗ)	0.339	0.233	0.877	0.370	0.998	0.126	1	0.5905
G(СТАБ)	0.540	-0.003	0.021	0.611	0.116	0.999	0.133	1

* - корелация – *под диагонала diagonal*, ** -достоверност (p-value) – *над диагонала*

ТАБЛИЦА 10.

Корелации между подреждането на сортове чрез моделите на коригиран добив (Y_s *), на непараметричен анализ (** NP), на AMMI-анализ и GGE от ранговете по добив на зърно, стабилност на добива и коригираните чрез параметъра добив-стабилност

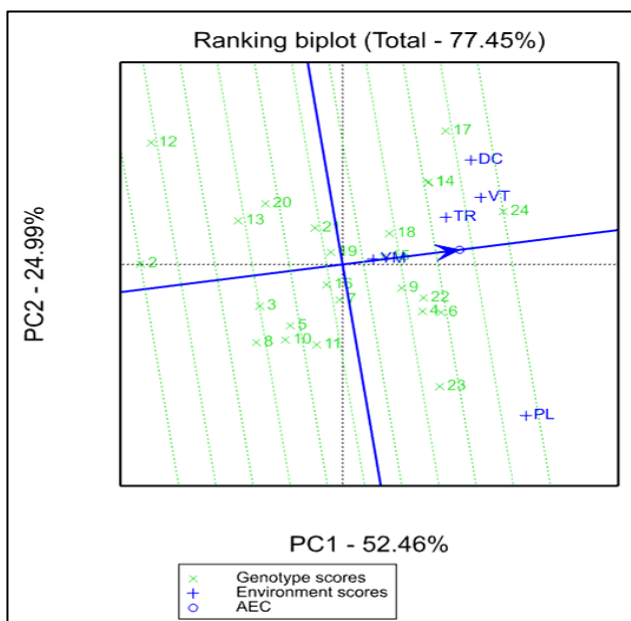
МОДЕЛ	Ранг по индекс	Тип на корелация	Корелация	$p = 0.1 \%$	Корелация	$p = 0.1 \%$
*Y _s	ДЗ-СТАБ		ДОБИВ		СТАБИЛНОСТ	
		Pearson	0,741	0,0000	0,621	0,0000
		Spearman	0,741	0,0000	0,604	0,0018
		Kendall	0,537	0,0003	0,464	0,0016
**NP	ДЗ-СТАБ		ДОБИВ		СТАБИЛНОСТ	
		Pearson	0,802	0,0000	0,800	0,0000
		Spearman	0,792	0,0000	0,811	0,0000
		Kendall	0,616	0,0000	0,623	0,0000
AMMI	ДЗ-СТАБ		ДОБИВ		СТАБИЛНОСТ	
		Pearson	0,738	0,0000	0,713	0,0000
		Spearman	0,731	0,0000	0,718	0,0001
		Kendall	0,562	0,0001	0,532	0,0003
GGE	ДЗ-СТАБ		ДОБИВ		СТАБИЛНОСТ	
		Pearson	0,745	0,0000	0,728	0,0000
		Spearman	0,755	0,0000	0,733	0,0001
		Kendall	0,593	0,0001	0,544	0,0003

Стойностите в **удебелен шрифт**, са различни от 0 с алфа ниво на значимост = 0,05;

Нашите усилия са насочени да разберем дали трансформацията към баловата оценка при „добив-стабилност“ кореспондира с нивото на добива и неговата стабилност при различните модели. Всеки един от приложените модели за оценка на сорта може да бъде коректно използван за тази цел. Доказателствата за това са неоспорими (таблица 10). Високи и достоверни при най-високо статистическо ниво са и трите типа корелационни зависимости между критерия „добив-стабилност“ и другите два. Като цяло критерият „добив“ показва съвсем малко по-силна връзка с „добив-стабилност“, от колкото критерия „стабилност“, при съпоставяна на всеки метод по отделно.

При сравнение между методите, най-силни са корелациите при непараметричния подход на анализ ($r = 0,802$). Веднага след него се нареждат с напълно сходни взаимовръзки между изследваните параметри съвременните два метода AMMI и GGE. Не е за пренебрегване и вече поостарелият подход на Kang (1988), който успешно отделя най-успешните сортове на фона на силното взаимодействие с условията на средата. Напълно според очакванията ни стойностите на корелациите са най-високи при алгоритъма на Pearson, следвани от този на Spearman и най-ниски са тези според Kendall, независимо от използвания метод за формиране на трите критерия. Типовете корелации са анализирани с цел да се установи дали наистина съществуват обективно детерминирани връзки между изследваните величини.

В заключение може да се каже, че конкретния подход, който приложихме ни предостави информация относно използване на различни статистически подходи за оценка на конкретния сорт на фона на групата (Malla et al., 2010, Roostaei et al., 2014). Стана ясно че всеки един от използваните подходи може да групира сортовете според добива и неговата стабилност успешно. Biplot като подход в това отношение е най-подходящ и това е основната причина да бъде използван масово за селекционни цели (Ding et al., 2008, Bose et al., 2014).

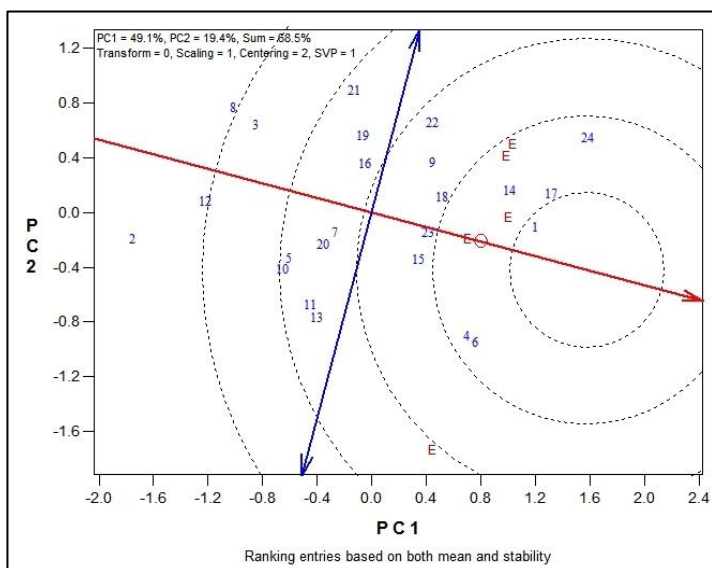


ФИГУРА 4. AMMI Biplot на IPCA балове на средните добиви на зърно на сортовете и на околната среда (пунктовете)

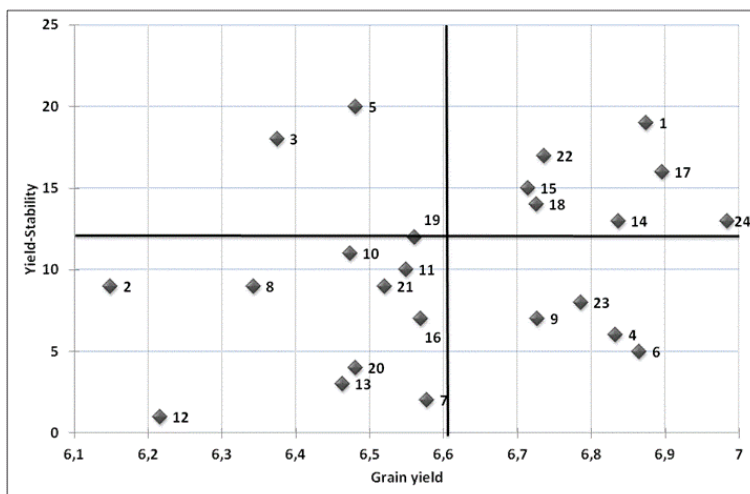
След ранговата оценка на всеки сорт получихме конкретна информация за подреждане на сортовете, според трите критерия, които проучихме. После решихме да проверим дали графичният модул на двата най-използвани програмни продукта GenStat 15 (AMMI) GGEbiplot 6.3, ще групира сортовете по сходен начин, както повече от изследователите считат ([Sabaghnia et al., 2013](#), [Bose et al., 2014](#))

AMMI анализът на данните от нашия експеримент поставя точките на всеки изследван сорт по начин, показан на [фигура 4](#). Според тяхното разположение сортовете с обозначение 9 (Невен), 15 (Огняна), 18 (Алиса), 22 (Свилена), 4 (Апогей), и 6 (Дагея) показват най-добро съчетание между добив и обща стабилност. Това са сортовете, които са показали малко по-нисък добив от еталонния сорт Пряспа (24), но са значително по-стабилни от него. Разположението на 4 (Апогей), и 6 (Дагея) показва, тяхната отлична стабилност при неблагоприятни условия на средата в южна България (Ямбол и Пловдив).

Според анализа на програмата GGE Biplot разположението на точките при вече Според анализа на програмата GGE Biplot разположението на точките при вече споменатите сортове е напълно аналогично ([фигура 5](#)). Съществена разлика има само при сорт Хела (23), който според графичния анализ има отлично съчетание между добив и стабилност. При AMMI този сорт е показал много висока нестабилност чрез силното си вариране ([фиг.6](#)). подобни разлики, предизвикани от анализа са нещо обичайно и вече са отбелязани от много автори ([Malla et al., 2010](#), [Roostaei et al., 2014](#), [Agyeman et al., 2015](#)). В случая е важно че голяма част от информацията, която дават различните статистически модели за сортовете е аналогична ([таблица 29](#)). Доказателство за подобно твърдение е почти сходното разположението на изследваните сортове по отношение на техния критерии добив-стабилност, което подходът на [Kang \(1993\)](#) предоставя като информация ([фиг. 6](#)).



ФИГУРА 5. GGE Biplot класиране на сортове въз основа на ДЗ и неговата стабилност в четирите изследвани сезона



ФИГУРА 6. Визуално представяне на точките на сортовете според индекса добив-стабилност и подхода за класиране по YSi

Подобно подреждане на сортовете, чрез ранговете им оценки, независимо от метода по който те са поставени, е много подходящо, защото предоставя нагледна информация за характеристиките на всеки сорт по отношение на неговия добив и стабилност в условията на средата. Подобна визуализация би могло да се направи

спрямо всеки отделен подход или метод. Резултатите ще бъдат аналогични, защото ранговия подход е обективен и се препоръчва от редица автори като [Huhn \(1990\)](#), [Kang \(2002\)](#) и [Kaya and Turkoz \(2016\)](#). От друга страна става ясно, че принципният подход за създаване на критерий „*добив-стабилност*“ за корекция на добива зърно е много правилен и не зависи от конкретния начин за неговото изчисляване посредством индекси или параметри при отделните методи за това.

5.6. Оценка на сортове пшеница чрез стабилността на добива зърно в екологични опити, с цел райониране

Целта на тази част от изследването е да се провери и потвърди на практика ефективността на различни индекси за разграничаване на сортовете според тяхното взаимодействие с условията на средата, в която са изпитвани. Взаимодействието *сорт * условия* е причина за различно по мащаб и посока вариране, което от своя страна трябва да бъде отчетено, когато сортовете се подреждат по добив или качество на зърното.

Събраната база данни за добива и качеството по вече споменатите признаци и показатели е подложена на анализ за стабилност на всеки един от тях чрез най-използваните за това параметрични и непараметрични методи за оценка на стабилността, по-голяма част от които бяха разгледани в предходните раздели. Оценката на всеки отделен сорт е направена чрез използване на най-новия статистически пакет „*Stabilitysoft*“ ([Pour-Aboughadareh et al., 2019](#)), в които се изчисляват 18 отделни статистически параметъра (индекси) за това. Всеки от тях носи част от информацията относно стабилността на генотипа, поради което почти всички автори предлагат да се използват няколко от тях за оценка едновременно, което е напълно логично. Това изключително много затруднява подреждането, което по принцип трябва да е основано на един от тях. То произлиза от липсата на избор из между няколко индекса при корекция на добива, чрез неговата стабилност, което е основната цел на целия проект. Пригодността на всеки един от тях за оценка трябва да се прави се във всяка конкретна база данни, понеже тяхната ефективност се мени в резултат на факторите на полския опит: броя на сортовете и условията на тяхното отглеждане като климат, включително сезоните. Основен критерий, който е използван за оценка на пригодността е корелацията между подреждането по добив на зърното и стабилността (KR) според най-популярния подход за това на [Kang, \(1988\)](#), който фигурира в използвания софтуер и който неколккратно е обсъждан в предходните раздели.

След изчисляване на тези индекси са установени тези от тях, които дават най-обективна информация за подреждането (рангуване) на сортовете от групата. Корелационните зависимости между индексите и подреждането според техните стойности са изчислени с помощта на програмата *XLStat 2014*, а анализът на варирането е направен със статистическите пакети *Statgraphics XVI*, и *IBM SPSS 23*.

Анализът на данните за добива зърно включва два основни етапа, които предоставят различно ниво на информация за сортовете:

1. Оценката на конкретното проявление на сортовете в различните пунктове на изпитване. Последователно са посочени и анализирани в детайли нивото и варирането на добива зърно във всеки един от районите, в сравнение със средното ниво на групата сортове, както и спрямо използваните стандартни сортове.

2. Оценката на стабилността и пластичността на всеки сорт спрямо цялото вариране в експеримента (ABC). Подреждане (рангуване) е основния инструмент, чрез който всеки един сорт ще бъде съпоставен спрямо другите, както и спрямо стандартните сортове. Този тип на подреждане цели установяване на образците, които съчетават в себе си висок добив зърно и стабилност над средната за изследваната група. Поради тази причина е много целесъобразно да се изследват голям брой сортове (над 30), както в нашия случай.

Данните сочат достоверен самостоятелен ефект на всеки един от факторите – пункт, сезон и сорт, както и взаимодействие между сорта и пункта на изследване. Недостоверно е взаимодействието на сезона*генотипа. Промяната на величината на

добива зърно е също в резултат на взаимодействието пункт*година (таблица 11). На фона на този анализ е ясно, че варирането на добива зърно на всеки един сорт се явява важен елемент от неговата оценка. От посоката и величината на варирането зависи неговото проявление спрямо средното от опита и спрямо средното от стандартните сортове.

ТАБЛИЦА 11.
Анализ на вариансите на добива зърно

Фактор	df	MS	F	p-стойност
Основен ефект на факторите				
A:пункт	2	360,53	1488,03	0,0000
B:година	39	2,06815	8,54	0,0000
C:сорт	78	1,34285	5,54	0,0047
Взаимодействие между факторите				
A*B	2	1,15687	4,77	0,0000
A*C	78	1,69799	7,01	0,0000
B*C	39	0,248266	1,02	0,4420

Използваният софтуерен пакет *Stabilitysoft* предоставя стойности на 18 индекса за оценка на стабилността на признака. Елементарният поглед върху цифрите показва колко съществено се различава подреждането по всеки един от индексите.

ТАБЛИЦА 12.
Pearson корелации между ранговете на индексите за стабилността на добива зърно, сумата от ранговете (SR) и осреднения ранг (AR)

	Индекс	AR	p-value	R ²	SR	p-value	R ²
1	GY	0,58	0,0001	0,34	0,55	0,0002	0,30
2	S ⁽¹⁾	0,77	< 0,0001	0,60	0,80	< 0,0001	0,64
3	S ⁽²⁾	0,81	< 0,0001	0,66	0,83	< 0,0001	0,69
4	S ⁽³⁾	0,93	< 0,0001	0,87	0,94	< 0,0001	0,89
5	S ⁽⁶⁾	0,92	< 0,0001	0,85	0,93	< 0,0001	0,86
6	NP ⁽¹⁾	0,77	< 0,0001	0,60	0,78	< 0,0001	0,62
7	NP ⁽²⁾	0,79	< 0,0001	0,62	0,79	< 0,0001	0,63
8	NP ⁽³⁾	0,90	< 0,0001	0,81	0,89	< 0,0001	0,80
9	NP ⁽⁴⁾	0,92	< 0,0001	0,85	0,91	< 0,0001	0,83
10	W _i ²	0,79	< 0,0001	0,63	0,79	< 0,0001	0,62
11	σ _i ²	0,79	< 0,0001	0,63	0,78	< 0,0001	0,62
12	s ² d _i	0,76	< 0,0001	0,57	0,75	< 0,0001	0,56
13	CV _i	0,48	0,0015	0,23	0,48	0,0014	0,23
14	KR	0,86	< 0,0001	0,74	0,84	< 0,0001	0,70
15	θ _{i0}	0,79	< 0,0001	0,63	0,77	< 0,0001	0,59
16	θ _i	-0,79	< 0,0001	0,62	-0,72	< 0,0001	0,52
17a	SR	0,96	< 0,0001	0,92			
17b	AR				0,96	< 0,0001	0,92

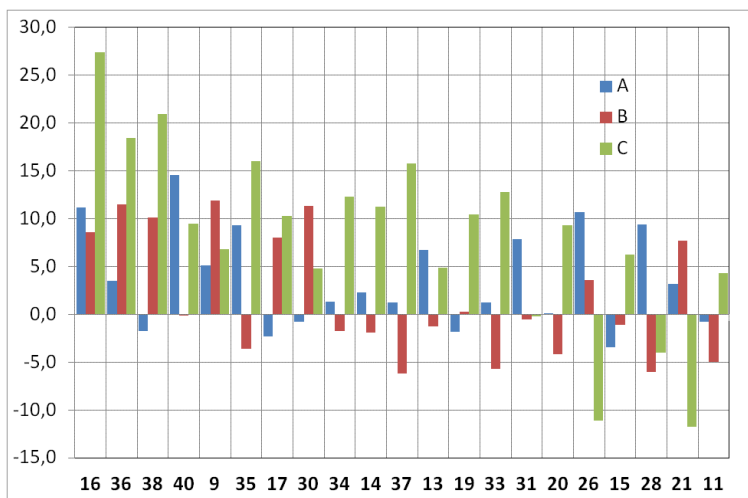
Кой от тях да приемем за основен или кои от тях. Има изобилие от изследвания в различни основни направления за селекция на пшеницата (качество, добив, устойчивост към стрес), в които различни параметри са ефективни за корекция на подреждането по даден признак (Akcura et al., 2017; Bornhofen et al., 2017; Arshadi et al., 2018). Ако има един, чиито стойности да кореспондират (корелират) с добива зърно би било много удобно за обективен анализ. Не случайно ранговете на два от предложените

статистическите параметри са производни на останалите. Това са параметъра **SR=сума от ранговете** на всички изчислени параметри и **AR=средна аритметична от ранговете** на всички параметри. За се да установи, кой от споменатите два индекса (техния ранг) да бъде приет за корекция на подреждането са изчислени корелациите между всички рангове, включително този на добива зърно (таблица 12).

Връзката между ранговете на **SR** и **AR** с останалите рангове на параметрите са високи и достоверни, без изключение. Самата връзка между тях е почти абсолютна ($r=0.96^{***}$), което означава че е без значение кой от тях ще бъде използван. В същото време корелацията им с добива зърно е средна, но достоверна ($r=0.58^{*}$). Това е твърде „удобен“ резултат от гледна точка на стабилността.

При положение че връзката между добива и който и да е параметър е силна ($r>0.65$) се смята, че той не оценява коректно варирането, което по принцип е в негативна корелация с нивото на признака. В случай, че корелацията е ниска ($r<0.25$) има опасност да се оцени в по-силна степен стабилността, от колкото нивото на признака, което е целта. В това изследване е ясно, че стойностите на параметъра AR са ефективен инструмент за корекция на ранга на всеки сорт от групата.

Информацията за поведението на сортовете в даден регион е интересна за правилното райониране на всеки сорт. Това важи особено силно за новите сортове, чието проявление трябва да се сравни с вече районираните. Усилията на селекцията са непрекъснато насочени към създаване на пластични и същевременно високопродуктивни сортове. Относителният добив зърно на осемнадесетте сорта в низходящ ред (спрямо средния) е представен пространствено на **фигура 7**. обратно, при оптималните условия на пунктовете (A и B).



ФИГУРА 7. Относителен добив зърно спрямо средния за всеки пункт на изпитване на по-продуктивните от стандартните сортове *Пряспа* (11) и *LG Avalue* (21)

Четири от сортовете (16, 36, 40 и 9) са показали по-високи добиви и в трите пункта. Останалите – в два от трите пункта. Прави впечатление високите относителни добиви на тези сортове в пункт C, с изключение на сортовете с номера 26 и 28. Това означава, че високият среден добив от тях се дължи до голяма степен на пункт C, особено при сортовете 35 и 37. От друга страна внимателния анализ на стандартите сочи, че при сходен добив от тях в порядъка на 8-8,16т/ха, сорт *Пряспа* има предимство в стресови условия (C), а при френския сорт

Следващата стъпка бе да се установи дали стойностите на параметъра **AR** биха могли да бъдат използвани на ниво на пункт. Данните показва различия между корелациите с добива на ниво на фактора „пункт“ (таблица 13).

ТАБЛИЦА 13.
Pearson корелации между ранга на добива зърно и осреднения ранг (AR), според пункта на изпитване и за целия опит (ABC)

Пункт	AR	p-value	R ²
A	0,22	0,1797	0,05
B	0,50	0,0010	0,25
C	0,39	0,0120	0,15
ABC	0,58	< 0,0001	0,34

В два от трите пункта подобно подреждане е теоретично възможно, според величината на корелациите (B=0,50, C=0,39). За съжаление стойностите R² са много ниски (0,25 и 0,15, респективно) за да бъдат използвани, като доказателство за твърдение. Поради тази причина направихме компромисно подреждане на сортовете по ранг на добива зърно до стойност от 20, т.е. първата половина от целия ред (ДЗ-R),(таблица 14). Срецу всеки от показаните сортове е отбелязано стабилност, като колкото повече на брой са отметките (+), толкова високият ранг на добива е свързан с висок ранг на стабилността (AR). По този начин се засичат сортове като **9, 16, 17, 31 и 40**, които са изключително ценни поради високия си добив зърно и значително по-висока от средната за групата стабилност. По отношение на последното те превишават много стандартите сорт Пряспа (ранг на стабилност=27) и LG Avenue (33). С известен компромис по отношение на стабилността към тази група можем да прибавим и сортове 13 и 38, чийто AR е 11 и 15, респективно

ТАБЛИЦА 14.
Подреждане на сортовете с висок ранг до 20, според добива зърно и стабилността**

	№	СОРТ	ДЗ	ДЗ-R	AR	Стабилност**
1	16	ABC 48/716	8,88	1	7	++
2	13	06N137-22	8,54	2	11	+
3	9	ABC 27/512	8,35	3	1	+++
4	40	ABC НАВО	8,22	4	5	+++
5	17	A 47/415	8,21	5	6	+++
6	38	ABC ЗИГМУНД	8,21	6	15	+
7	31	РИАНА	8,19	7	9	+++
	21	LG avenue	8,14	8	34	СТ*
8	35	ABC ЛОМБАРДИЯ	8,10	9	24	+
9	33	ФАКТОР	8,08	10	14	+
10	37	ABC СПЕРИ	8,04	11	18	+
11	20	05N48-22-8	8,01	12	3	++
12	26	АЛИСА	7,99	13	16	+
13	19	05N48-22-1	7,97	14	4	+
14	30	РАЛИЦА	7,96	15	12	+
15	36	ABC КЛАУЗИУС	7,95	16	38	+
16	24	ПРЕСИЯНА	7,92	17	30	
17	15	04/255-92-2-1	7,90	18	2	+
18	22	АНЕТА	7,86	19	39	
19	25	ОГНЯНА	7,85	20	20	+
	11	ПРЯСПА	7,61	33	27	СТ**

* - стандартен сорт; ** - стабилен сорт с ранг до 20

Втора група сортове, които са стабилни, но с малко по-нисък добив от френския са № 15 и 20, които също са ценни за практиката, особено ако ги сравним с вече районирани сортове Фактор (33) и Анета (22).

За североизточната част (Добрич) само един от вече районирани сортове (Вяра) може да продължи да бъде отглеждан (**таблица 15**). Останалите районирани сортове спокойно биха могли да бъдат заменени с няколко нови (31, 35, 36 и 40), както в бъдеще към тях да бъдат прибавени и най-перспективните нови линии – 9 и 16.

ТАБЛИЦА 15.
Списък на подходящите сортове за района на област Добрич

	№	Сорт	А	Особеност за сорта
1	40	ABC НАВО	111,1	Нов сорт
2	16	ABC 48/716	107,8	Кандидат сорт в Румъния
3	26	АЛИСА	107,3	Нов сорт
4	35	ЛОМБАРДИЯ	106,0	Нов сорт
5	28	ВЯРА	106,0	Райониран вече сорт
6	31	РИАНА	104,6	Нов сорт
7	9	ABC 27/512	101,9	Нов сорт в Румъния ARO SANKTI
8	36	ABC КЛАУЗИУС	100,3	Нов сорт
	21	LG AVENUE	100,0	Еталонен сорт в ИААС

ТАБЛИЦА 16.
Списък на подходящите сортове за района на област Русе

	№	Сорт	В	Особеност за сорта
1	9	ABC 27/512	103,9	Нов сорт в Румъния ARO SANKTI
2	36	КЛАУЗИУС	103,5	Нов сорт
3	31	РИАНА	103,4	Нов сорт
4	38	ABC ЗИГМУНД	102,2	Нов сорт
5	16	ABC 48/716*	100,8	Кандидат сорт в Румъния
6	17	A 47/415	100,3	Нов сорт - ABC VETO
	21	LG AVENUE	100,0	Еталонен сорт в ИААС

За райони на Русе най-подходящи от цялата група се оказват само новите 3 сорта (31, 36 и 38) и перспективните кандидат сортове 9 и 17 (**таблица 16**). В този регион нито един от вече районирани сортове не е успял да преодолее конкуренцията на новите генотипове. Това твърдение е подкрепено с високата стабилност на споменатите сортове.

Картината на подходящите за район Ямбол е значително по-различна от тази в Добрич и Русе (**таблица 17**). На фона на добрите резултати за вече районирани сортове Вяра и Фактор, ярко изпъкват най-новите сортове (31, 35, 36, 37, 38 и 40) и перспективните кандидат сортове (9, 16, 17 и 18). Част от тези сортове са вече в процес на официално признаване и имат вече имена. Освен това превишението на добива зърно спрямо стандарта е много високо от 9 до 45 %, което е в известен смисъл „шокиращо“. Явно е че френския сорт не е подходящ за сравнение в условията на стрес, който се наблюдава в пункт С (Ямбол). В него средният добив зърно е с 35 % по-нисък в сравнение с оптималните условия на пункт А (Добрич), именно поради тази причина.

ТАБЛИЦА 17.

Списък на подходящите сортове за района на област Ямбол

	№	Сорт	C	Особеност за сорта
1	16	ABC 48/716	144,4	кандидат сорт в Румъния
2	38	ABC ЗИГМУНД	137,1	Нов сорт
3	36	ABC КЛАУЗИУС	134,2	Нов сорт
4	35	ABC ЛОМБАРДИЯ	131,5	Нов сорт
5	37	ABC СПЕРИ	131,3	Нов сорт
6	18	ABC 37/716	130,3	Нов сорт в Румъния- ARO REDMAT
7	33	ФАКТОР	127,9	Райониран сорт
8	34	ABC АЛФИО	127,3	Нов сорт
10	17	A 47/415	125,0	Нов сорт - ABC VETO
11	40	ABC HAVO	124,1	Нов сорт
12	9	ABC 27/512	121,1	Нов сорт в Румъния - ARO SANKTI
13	30	РАЛИЦА	118,8	Нов сорт
14	31	РИАНА	113,1	Нов сорт
15	28	ВЯРА	108,9	Райониран сорт
	21	LG AVENUE	100,0	

След внимателен анализ на резултатите бе логично стойността на индекс AR да бъдат изчислени според нивото на корелациите на индексите. Шестте индекса, показали най-силна корелация с ДЗ (таблица 12) бяха включени в изчисляването на коригиран осреднен ранг, обозначен като (AR6).

Корелацията между този (AR6) индекс с добива се оказа не само висока, но и най-висока в сравнение с 6-те индекса, които образуваха неговата стойност (таблица 18). Нивото на определеност на корелацията ($R^2=0.78$) е значително по-високо от това на най-високата стойност на индекса NP⁽³⁾ ($R^2=0.62$). Следователно рангът, по този модел би могъл да бъде считан за определящ стабилността на генотипа.

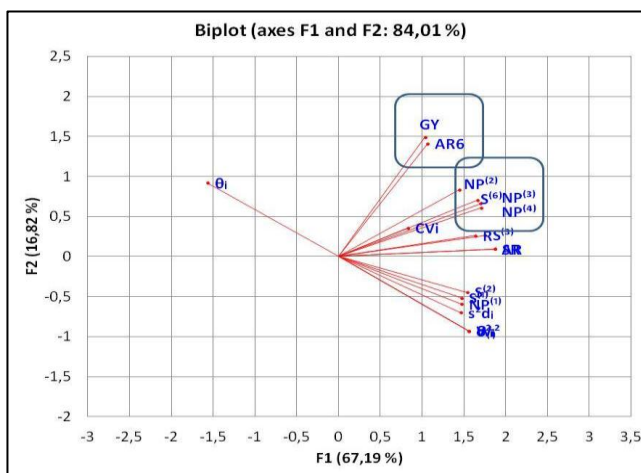
ТАБЛИЦА 18.

Pearson корелации между отбраните индекси за рангуване на сортовете по добив зърно (GY)

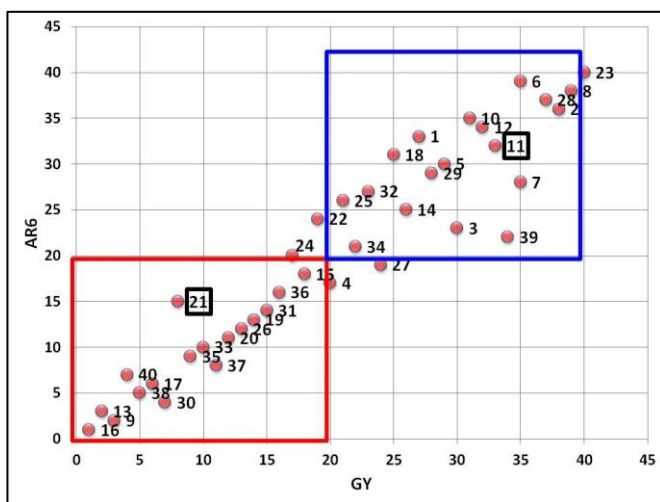
№	Индекс	GY	p-value	R ²
3	S ⁽⁶⁾	0,72	< 0,0001	0,52
4	NP ⁽²⁾	0,75	< 0,0001	0,56
6	NP ⁽³⁾	0,78	< 0,0001	0,61
7	NP ⁽⁴⁾	0,76	< 0,0001	0,58
8	MSI	0,63	< 0,0001	0,39
13	KR	0,74	< 0,0001	0,54
	AR6 *	0,88	< 0,0001	0,78

* - среден ранг, получен от стойностите на 6-те индекса

За да бъде максимално проверен подобен подход бе направена паралелна проверка на резултатите от таблица 18 с помощта на PCA (фигура 8). Пределно ясно е че индекс (AR6) и останалите имат достатъчно силна корелация с ранга на добива, което е видно от разположението на техните вектори спрямо този на GY. Острият ъгъл който е с най-малки стойности се наблюдава между тези вектори е достатъчно силно доказателство за доказаната връзка с добива зърно.



ФИГУРА 8. Принципен компонентен анализ (PCA) на индексите, свързани с подреждане на сортовете по добив и стабилност на зърното



ФИГУРА 9. Пространствено групиране на изследваните сортове според техният ранг по добив (GY) и коригираният среден ранг на стабилността (AR6)

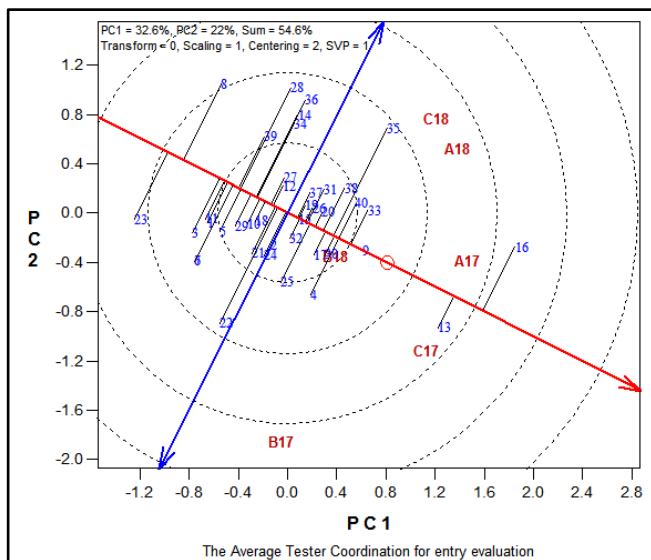
След всички тези резултати логично е да се достигне до кулминационна точка състояща се от подреждане на сортовете по добив и стабилност на добива (фигура 9). Използван е модулът *scatter plots* на статистическия пакет Xlstat 2014, което означава „разпръснато подреждане“. Терминът напълно отговаря на целта с която е приложен. За подреждането са сортовете са използвани техните рангови оценки на добива зърно (GY) и средния ранг по стабилност (AR6). В квадранта с червен цвят се позиционирани сортовете, които имат ранг на двата параметъра над средното за цялата група (20). В

горния десен квадрат са позиционирани сортове, с нисък и силно вариращ добив зърно, което е за избягване при райониране.

Сортовете, които се намират в червения квадрант също биха могли да бъдат подразделени според тяхната ценност (фигура 10). Най-ценни са сортовете 9, 13 и 16, следвани от 38 и 40, при които добивът зърно се запазва висок, но намалява стабилността му. Ако правим компромис със стабилността следващите по ценност сортове са 17, 30, 33 и 35, като стандартния сорт *LG Avenue* е точно в тази последна група. Спрямо неговата позиция от гледна точка на стабилност, но с малко по-ниски относителни добиви (>95 %) от него са сортовете с № 19, 20, 26 и 37. Следователно всички нови сортове с номера 33, 35, 36, 37, 38 и 40 попадат в групата на най-ценните и според това визуализирани.

Двата стандартни сорта са в различните квадранти. Сорт *Пряспа* е с нисък ранг и по добив и по стабилност на добива, спрямо стандарт *LG Avenue*. Разположението на този сорт показва, високи стойности на добива и стабилност над средната за групата, което го прави висок стандарт за сравнение. При това положение ако приемем ранг до 20 по отношение на ДЗ и СТАБ. Получаваме група от 15 сорта (40 % от всички), които са от ранга на френския сорт-стандарт. Седем от тях го превишават и по двата критерия, което съставлява 18 % от всички изследвани сортове.

В другата група сортове 23 на брой (60 %) с ниски рангове са предимно качествените сортове с № 10, 23, 25, 32, 34 и 39, което на фона на високия стандарт за ДЗ е напълно логично. Голяма част от останалите сортове като № 22, 27, 28, 29 са вече районирани сортове, които предстои да бъдат подменени в практиката. Това е препоръчително на фона на отличните резултати, които новите сортове и кандидат сортове (таблицы 42, 43 и 44) показват.



ФИГУРА 10. Пространствено групиране на сортовете по добив зърно и стабилност в изследваните условия на средата

Понеже съществуваша съмнения относно пълната обективност на подобно пространствено представяне, данните бяха допълнително анализирани с програмата GGE biplot, 6.3, която в настоящия период е най-мощно използваната в света за тази цел (Neisse et al., 2018; Quintero et al., 2018).

На **фигура 10** са представени пространствено точки на всички изследвани сортове във всички пунктове и сезони на полския опит. Червеното кръгче, разположено на червената (донякъде успоредна на абсцисата) линия е мястото на „идеалния“ сорт от гледна точка на добив и стабилност. Най-близко до него са същите сортове – 9, 13, 16 38 и 40. На противоположния край са точките на същите сортове 8, 23 и 28, с нисък и променлив добив, напълно сходно с разположението им на **фигура 10**. Следователно, подходът на пространствено представяне на ранговете чрез **фигура 10** отразява обективно съотношенията между сортовете по добив и стабилност на фона на групата.

В заключение трябва да отбележим, че изследването е замислено с цел събиране на достатъчно информация относно поведението на група сортове в условията на страната. Събрани и анализирани бяха голямо количество данни за продуктивността и качеството на зърното на зимната пшеница. Поради голямата сложност и комплексност на тематиката, свързана с анализа на взаимодействията *генотип*среда* в това изследване са описани закономерностите, свързани единствено с добива зърно.

Основният акцент естествено бе поставен на добива зърно, поради наличие на много сходна информация за него в огромен брой научни статии. При описанието на данните и анализ на резултатите установихме, че тематиката, свързана със закономерностите GEI са много актуални за много сфери на науката, като биология (Shao et al. 2015), физиология (Mishra et al. 2015), генетика (Gitonga et al. 2014), селекция на растения (Ishaq et al. 2015) и животни (Bresolin et al., 2015) медицина (King 2015), (Molenaar et al. 2015), фармация (Shewry et al., 2011), и др. Това предизвиква допълнителна сериозна мотивация за възможно най-задълбочени анализи на всеки един от аспектите на този актуален проблем. Преподавателите в университетите вече са оформили изучаването на проблема като дисциплина (van Eeuwijk et al., 2016), (Salvatore & Dick 2015). Може би това стана и основна причина за невъзможност да бъде включен анализ и на други признаци, въпреки, че е направено вече според цялостния замисъл на тезата.

Анализът на признака добив зърно бе осъществено последователно и системно, като са проучени голяма част от познатите индекси (параметри) за оценка на ефектите на средата. Във всеки отделен етап на изследването бе правен критичен анализ на възможностите на използваните подходи. Резултатите от всеки отделен раздел бяха сравнявани с предходни публикации. В нашата страна при житните култури има относително ограничен брой публикации, свързани с проблемите на GEI (Tsenov et al., 2004, Tsenov and Atanasova, 2013). Сравнително малка част от тях са конкретно цитирани в отделните раздели (Дюлгерова и Вълчева 2011, Вълкова и Дечев, 2012, Ценов *и аем.*, 2013). Причина за това са, че те са свързани с проучване на най-общите аспекти от GEI, без да се правят каквито и да са сравнения между подходи за оценка и събиране на информация по проблема. По-голяма част от изследванията са насочени не към методите или подходите за оценка, а към директно сравняване на сортове в дадена група (Chamurliski et al., 2015, Dyulgerova and Dyulgerov, 2016). Изследванията са свързани предимно със селекция на културните растения (Генчев, 2010, Ганушева *и аем.* 2011,) и малка част с изясняване на въпроси, свързани с технологията на отглеждане (Иванова и Ценов, 2010, Ivanova & Tsenov, 2011, Янчев *и аем.*, 2013, Иванова и Ценов, 2014). Основна слабост на част от изследванията са малкият брой сортове (под 10) в изследваните групи, а включването на пунктове за изпитване почти липсва (Димова и авт., 2006, Вълчева *и аем.*, 2009, Савова *и аем.*, 2014, Chamurliski et al., 2015).

В това изследване всички тези слабости са избегнати. Подбрани са достатъчно голям брой сортове (24 и 40). Чрез успешно проведен многофакторен полски опит, в който има достатъчно на брой среди (1-ви етап: 4 години и 5 пункта; 2-ри етап: 2 години и 3 пункта) е направена комплексна оценка на влиянието на условията върху добива зърно. Данните които бяха събрани от експеримента са свързани предимно с оценка на група сортове. Информацията, която е събрана тук е ценна от гледна точка на проверката на ефективността и пригодността на отделни методи и

подходи за оценка на сорта. Закономерностите които бяха установени в някои аспекти са оригинални, понеже не потвърждават вече натрупани познания за пшеницата (Gubатов *et al.*, 2017, Tsenov *et al.*, 2017). Тук трябва да споменем, че прилагането едновременно на параметрични и не параметрични подходи повишава ефективността на част от анализите. Пример за това са резултатите в разделите 7.4. 7.5. и 7.6, в които ранговата оценка бе в основата на успеха в опитите за максимално обективна оценка на контретната проява на всеки един от изследваните сортове. Поради тези причини резултатите след анализите веднага са предложени за публикуване (Gubатов *et al.*, 2017, Tsenov and Gubатов 2018 и Gubатов and Delibaltova, 2020). В последствие се установи, че няма да има достатъчно по обем място за анализ на признаци като дата на изкласяване, брой зърна на м² и тегло на зърното в клас, които имат най-силна връзка с добива зърно. Независимо от това те бяха публикувани, защото предоставят ценна за пшеницата информация (Gubатов *et al.*, 2016). Всички останали извън тезата данни за качеството на зърното ще бъдат публикувани допълнително.

6. ИЗВОДИ

1. Варирането на признака ДЗ е много силно в резултат на влиянието на условията на годината, пункта на изпитване и генотипа, като фактор.

2. Взаимодействието на признака с условията на средата е около 32 % от цялото му вариране и се дължи предимно на комбинираното влияние на взаимодействието година* пункт (88 %)

3. Взаимодействие между генотипа и средата има и нелинеен характер с дял от около (20 %), което по принцип затруднява коректната оценка на реакцията на отделния сорт спрямо другите в групата.

4. В заключение можем да направим извода, че като цяло че модела на Kang (1993) не може да бъде приеман като критерий за оценка на пригодността на други модели за анализ на варирането в MET опити,

5. Следователно, чрез стойностите на нито един от изследваните семпли методи самостоятелно не е възможно да се направи едновременна оценка за ниво на признака и неговата степен на вариране, особено при голяма група от сортове.

6. Проучените индекси за оценка на поведението на признака в разнообразни условия на средата дават коректна информация за стабилността на всеки конкретен сорт.

7. Индексът „ASV” (AMMI Stability Value) не дава обективна информация относно варирането на сортовете, когато е необходимо те да бъдат сравнявани помежду си.

8. Сравнително информативни за групиране на сортовете по добив и стабилност са непараметричният подход на Huhn (1979) и параметричният метод на Francis and Kannenberg (1978) при които връзката между добива зърно и неговата стабилност е най-силно изразена.

9. Най-ефективни за диференциране на сортовете според тяхното вариране в условията на MET се оказват моделите на AMMI GGE особено чрез техния графичен модул.

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

11. 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.

12. Групирането на сортовете по компромис между ДЗ и СТАБИЛНОСТ 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, GGEBiplot, GEST, Genes, Stable) данните на които да потвърдят тези получени чрез семплите методи, анализирани тук.

13. Ранговата оценка на сортовете може успешно да бъде използвана за установяване на тези от групата с желан висок добив и адаптация към различни условия на средата.

14. Прилагането на различни подходи за оценка на нивото и стабилност на добива дава сходна информация при подреждане на сортовете от изследваната група, като между тях липсва принципна разлика.

15. Всички приложени съвременни методи за анализ на взаимодействието генотип*среда, са достатъчно информативни, поради което те са ефективни за диференциране на поведението на сортове в широк кръг условия за отглеждане.

16. Измерването на промяната (варирането) на добива зърно на сорта, отглеждан в различни условия е действие, което е задължително за неговата обективна оценка, на фона на останалите от групата

17. Оценката на стабилността на отделните сортове по добив зърно е най-обективна при използване на коригирания осреднен индекс (AR6)

18. Съчетаването на класическият начин (осредняване на данните от различните условия) с корекция от страна на стабилността на генотипа е правилен подход за групиране на сортовете с цел районирането им в конкретни условия на средата.

19. Подреждането на изследваните сортове чрез пространствено представяне на ранговете за добив и неговата стабилност е ефективен начин за комплексна оценка генотипа.

20. Оценката на стабилността на добива зърно на всеки сорт може да бъде направена бързо, точно и коректно, чрез използване на съвременни статистически пакети, създадени с тази цел.

7. ПРИНОСИ

Научно теоретични приноси:

1. Добивът зърно при пшеницата е резултативен признак, който е зависим в голяма степен от условията на средата, поради сложната промяна на признаците, от които се формира.

2. Взаимодействието на признака добив зърно с условията на средата има сложен и многокомпонентен характер, който трудно може да бъде предвиден и анализиран без експерименти на фона на непредсказуемите условия на сезоните.

3. Анализът на промяната (варирането) на добива зърно на сорта, отглеждан в различни условия е задължителен за неговата обективна оценка, на фона на останалите сортове от групата.

4. 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 характеризиран в някоя от четирите групи според величината на добива и неговата стабилност.

5. Всеки един от анализирания методи за оценка на взаимодействието генотип*среда сам по себе си дава част от информацията за поведението на всеки сорт в условията на многофакторни полски опити, която обаче не е достатъчна за неговото правилно съпоставяне с останалите изследвани сортове.

6. Ранговите подходи за оценка на сортовете могат успешно да бъде използвани за установяване на тези сортове от експеримента, притежаващи висок добив и силна приспособимост (адаптация) към различни условия на средата.

Научно приложни приноси:

1. Сравнително информативни за групиране на сортовете по добив и стабилност са непараметричният подход на Huhn (1979) и параметричният метод на Francis and Kannenberg (1978) при които връзката между добива зърно и неговата стабилност е най-силно изразена.

2. При прилагане на индексите „ASV” и “GA” не е възможно да се получи коректна информация за степента на вариране на конкретен сорт в групата, поради което не трябва да бъдат използвани за тази цел.

3. Съчетаването на класическият начин (осредняване на данните от различните условия) с корекция от страна на стабилността на генотипа е правилен подход за групиране на сортовете с цел районирането им в конкретни условия на средата.

4. Новите сортове, създадени през последните няколко години превъзхождат стандартите по добив и стабилност, независимо от силното взаимодействие на добива с факторите на средата

Научни публикации, свързани с дисертацията:

GUBATOV T., N. Tsenov, I. Yanchev, 2017. Correlation between the ranking of winter wheat genotypes by grain yield and stability through various statistical approaches *Bulgarian Journal of Agricultural Sciences*, **23**(1): 921-101

Tsenov, N. and **GUBATOV, T.** 2018. Comparison of basic methods for estimating the size and stability of grain yields in winter wheat, *Bulgarian Journal of Crop Sciences*, **55**(6): 9-19 (Bg)

GUBATOV, T., V. Delibaltova. 2020. Evaluation of wheat varieties by the stability of grain yield in multi environmental trails. *Bulgarian Journal of Agricultural Sciences*, **26**(2): 384-394

EXTENDED SUMMARY

Todor Gubatov 2020. Influence of the environments on grain yield in common wheat varieties, *PhD Thesis, Agricultural University, Plovdiv*, Bulgaria, pp. 185.

The aim of the study was to investigate as possible detail regularities related to the impact of environmental conditions on the variation and the level of the grain yield in winter wheat.

Material and methods: 24+40 common winter wheat varieties, mainly breeding of "Agronom". Field trials include a study of grain yield in four consecutive seasons (2009 – 2012, 2017-2018) in three to five test locations, typical for grain-producing regions. The influence of environmental conditions on grain yield in the presence of the maximum possible variation of the attribute was studied. Analyzed all existing statistical capabilities to assess the interaction genotype * environment. Each particular variety was rated as behavior of grain yield amid contrasting environmental conditions and other genotypes in the test group. Various approaches to detailed comparison between the level and stability of the variety to others by fundamentally different statistical models and approaches were used. The relationships between grain yield and its stability against the background of different methods to compare were examined.

Key results: Grain yield is a character is strongly influenced by growing conditions. In its interaction genotype x environment is fairly high compared to factor year, and location test as a factor. Interaction between the factors location x year is the most significant, given the influence of genotype on the expression of the trait. The latter effect is only about 5 % while the difference in environments (location and year) is responsible for around 32% of the interaction genotype * environment. The change in yield grain is associated with variation ternary (PCA) which further complicates the assessment of the individual variety in the group.

Key conclusions: **1)** The variation of the attribute GY is very strong as a result of the influence of the conditions of the year, the test locations and the genotype, as a factor; **2)** The interaction of the feature with the environmental conditions is about 32% of its total variation and is mainly due to the combined effect of the year * location interaction (88%); **3)** Interaction between the genotype and the environment has a non-linear character with a share of about (20%), which

generally makes it difficult to correctly assess the reaction of each variety to others in the group; **4)** In general, the Kang model (1993) cannot be accepted as a criterion for assessing the suitability of other models for the analysis of variation in MET experiments; **5)** Therefore, it is not possible to make a simultaneous assessment of the level of the trait and its degree of variation by the values of any of the old popular methods studied, especially in a large group of varieties; **6)** The studied indices for assessment of the behaviour of the trait in various environmental conditions provide correct information about the stability of each specific variety; **7)** The "ASV" index (AMMI Stability Value) does not provide objective information on the variation of varieties when it is necessary to compare them with each other; **8)** Relatively informative for grouping varieties by yield and stability are the nonparametric approach of Huhn (1979) and the parametric method of Francis and Kannenberg (1978) in which the relationship between grain yield and its stability is most pronounced; **9)** The most effective for differentiation of the varieties according to their variability in the conditions of MET are the models of AMMI and GGE especially through their graphic module; **10)** The approach for evaluation by ranking by means of statistical indices is correct and fully applicable for differentiation of valuable varieties from each studied group; **11)** The information on the grain yield behaviour of the individual variety is relative to the background of the group in which it is tested and thanks to it can be placed in any of the four groups; **12)** The grouping of varieties by compromise between GY and STABILITY can be done by old simple statistical approaches (indices), which have been well known for a long time. However, this grouping is not always similar in the individual approaches, which always causes mistrust and uncertainty in the interpretation of the results obtained. For this reason, we recommend using the latest statistical software programs, which are designed specifically for these purposes (GenStat, GGEbiplot, GEST, Genes, Stable) data to confirm these obtained by the simple methods analyzed here; **13)** The ranking of varieties can be successfully used to identify those in the group with the desired high yield and high adaptation to different environmental conditions; **14)** The application of different approaches for assessment of the level and stability of the yield gives similar information when arranging the varieties from the studied group, as there is no fundamental difference between them; **15)** All applied modern methods for analysis of the interaction genotype * environment are sufficiently informative, therefore they are operative for differentiating the behaviour of varieties in a wide range of growing conditions; **16)** The measurement of the change (variation) of the grain yield of the variety grown in different conditions is an action, which is obligatory for its objective assessment, against the background of the rest of the group; **17)** The assessment of the stability of individual grain yield varieties is most objective when using the adjusted average index (AR6); **18)** The combination of the classical method (averaging of the data from the different conditions) with the correction by the stability of the genotype is a proper approach for grouping the varieties in order to zoning them in specific environmental conditions; **19)** The arrangement of the studied varieties by spatial representation of the yield ranks and its stability is an effective way for complex assessment of the genotype; **20)** The assessment of the stability of grain yield of each variety can be done quickly, accurately and correctly, using modern statistical packages created for this purpose.
