

Анализ на свързани с продуктивността признаци на обикновената пшеница (*Triticum aestivum* L.) при използване на органични торове

Николай Ценов^{2,1}, Маргарита Нанкова², Тодор Губатов¹

¹Агроном I Холдинг, Добрич, България

²Добруджански Земеделски Институт, Генерал Тошево, България

E-mail: n_tsenov@abv.bg

Резюме

Обстановка и цел: Оскъдната информация относно използване на органични торове в света е предпоставка за организиране на изследване. Обект на полски опит е зимна мека пшеница, отглеждана след основно торене с органични торове. На фона на различни нива на азотно подхранване са проследени промените, настъпващи в количествени признаци на добива зърно. Целта на изследването е да се обяснят промените в добива, предизвикани от употребата на различни органични торове, чрез пряко сравнение с тези на минералния тор ДАП. Чрез анализ на връзките между признаците, които го формират, се търси отговор на причините за достигане на висок добив при различни ново създадени сортове.

Методи: Три вида органичен тор (пелети) са сравнявани пряко с минерален (ДАП) с оглед установяване на най-ефективния от тях за добива и елементите на продуктивност. В полския експеримент са включени още два фактора, които също оказват съществено влияние върху величината на добива зърно. Това са три нива на азотно торене (N_3 , N_{10} , N_{18}) и фактора „генотип”, който включва седем актуални за момента сорта, създадени в фирма „Агроном”.

Ключови резултати: Признакът, който е първо причина за високия добив зърно е продуктивната братимост (NPT). При прилагане на високи дози (N_{10} - N_{18}) той трябва да проявява относително ниски стойности, за да се компенсират отрицателните корелации, които съществуват между едрината на зърното (TGW) от една страна с братимостта (NPT) и от друга страна с броя на зърна в клас (NGS). Ефектът на признака брой зърна на m^2 (NGm) при торене с органични торове е също толкова съществен, както и в други многобройни изследвания за него. Стойностите му като индекс, в това изследване, са свързани в по-голяма степен с продуктивната братимост (NPT) и по-слабо с броя на зърната в клас (NGS). Високите стойности на последния (над 42 g) при преобладаващата част от сортовете са причина за наличие на пряка отрицателна корелация между него и добива зърно.

Изводи: Торене с органични торове увеличава по-силно добива зърно в сравнение с контролния вариант (DAP). Приложението на органични торове е предпоставка за намаляване на количеството азот за подхранване около 2 пъти, без това да се отрази негативно на добива зърно. Максималните реализирани стойности на добива са в резултат на комбинирания ефект на органичен тор с азотно торене (N_{10}) и роля на сорта. При комбинация между Sonar (C), минимално подхранване (N_3) и използване на някои от сортовете ABC Кловър, Риана или ABC Ломбардия е възможно да бъде получен максимално висок добив зърно. Продуктивната братимост на m^2 (NPT), броя на зърна на m^2 (NGm) и масата на 1000 зърна (TGW) са признаците, които определят до голяма степен величината на добива. Тяхното проявление при изследваните сортове е причина те да реализират различни добиви зърно.

Ключови думи: пшеница; корелации; елементи на продуктивност; органични торове; азотно хранене

Analysis of productivity related traits of common wheat (*Triticum aestivum* L) using organic fertilizers

Nikolai Tsenov^{2,1}, Margarita Nankova², Todor Gubatov¹

¹Agronom I Holding, Dobrich, Bulgaria

²Dobrudzha Agricultural Institute, General Toshevo, Bulgaria

E-mail: n_tsenov@abv.bg

Citation

Tsenov, N., Nankova, M., & Gubatov, T. (2021). Analysis of productivity related traits of common wheat (*Triticum aestivum* L) when using organic fertilizers. *Rastenievadni nauki*, 58(3) 14-27 (Bg).

Abstract

Background and purpose: The scarce information on the use of organic fertilizers in the world is a prerequisite for organizing research. The object of field experience is winter common wheat, grown after basic fertilization with organic fertilizers. Against the background of different levels of nitrogen nutrition, the changes occurring in quantitative traits of grain yield were observed. The aim of the study is to explain the changes in yield caused by the use of different organic fertilizers by direct comparison with those of the mineral fertilizer DAP. By analyzing the relationships between the traits that form it, an answer was sought to the reasons for achieving high yields in various newly developed varieties

Methods: Three types of organic fertilizer (pellets) were compared directly with mineral one (DAP) in order to determine the most effective of them for the yield and the elements of productivity. Two other factors were included in the field experiment, which also have a significant influence on the grain yield. These are three levels of nitrogen fertilization (N_3 , N_{10} , N_{18}) and the factor “genotype”, which includes seven current varieties created in the company “Agronom”.

Results: The hallmark that is the first reason for high grain yield is productive tillering (NPT). When high doses (N_{10} - N_{18}) are administered, it should exhibit relatively low values to compensate for the negative correlations that exist between grain size (TGW) on the one hand with tillering (NPT) and on the other hand with the number of grains per spike (NGS). The share of the number of grains per m^2 (NGm) in fertilization with organic fertilizers is just as significant as in numerous other studies. Its values as an index, in this study, are more related to productive tillering ability (NPT) and less to the number of grains per spike (NGS). The high values of the latter (over 42 g) in the predominant part of the varieties are the reason for the presence of a direct negative correlation between it and the grain yield.

Conclusions: Fertilization with organic fertilizers increases grain yield more than the mineral fertilizer (DAP). The application of organic fertilizers is a prerequisite for reducing the amount of nitrogen for feeding about 2 times, without adversely affecting grain yield. The maximum realized yield values are due to the combined effect of organic fertilizer with nitrogen fertilization doze (N_{10}) and the role of the variety. With a combination of Sonar (C), minimal nutrition (N_3) and the use of some of the ABC Clover, Riana or ABC Lombardy varieties, it is possible to obtain the highest possible grain yield. Tillering productivity per m^2 (NPT), number of grains per m^2 (NGm) and 1000 grain weight (TGW) are the characteristics that largely determine the size of the yield. Their manifestation in the studied varieties is the reason why they realize different grain yields.

Key words: wheat; correlations; quantitative traits; organic fertilizers; nitrogen nutrition

ВЪВЕДЕНИЕ

Съвременните органичните торове, са плод на човешката цивилизация през 21 век (Henri, 2003). Вече във вид на пелети, (Gorbell et al., 2011), те могат да бъдат лесно дозирани и успешно прилагани при земеделските култури със същата техника, с която се внасят всички гранулирани минералните торове. Съвременните технологии дори позволяват пропорциите между хранителните елементи в тях да бъдат

бързо и качествено променяни, според конкретните потребности на отделните земеделски култури за получаване на повече и по-качествена продукция от тях. Органичните торове вече присъстват на реалния пазар у нас в голямо разнообразие от формулировки, пригодни за използване при всички културни растения (https://italpollina.com/INT/Company_9).

При пшеницата у нас някои продукти от този вид торове са спорадично проучвани (Nankova & Nankov, 2012; Nankova et al., 2016). Част от из-

следванията се ограничават до изследване на тяхната роля само за добива и/или влиянието им върху качествата и свойствата на почвата (Edmeades, 2003; Thomas et al., 2019; Dimkra et al., 2020) и при това в комбинация с други торове в различни съчетания от дози на приложение (Араева et al., 2020; Geng et al., 2020; Hlisnikovský et al., 2020).

При проучване на low-input технологични решения във връзка с храненето на пшеницата в Добруджански земеделски институт през периода 2013-2017 е извършено сравняване влиянието на комбиниран химичен тор с органичен тор и комбинацията между тях върху продуктивността и качеството на широк набор от сортове пшеница (Nankova, 2013, 2014, 2015, 2016 and 2017). Като цяло в страната липсват системни изследвания за пряко сравняване ефекта от минерално и органично торене върху продуктивността на пшеницата, особено при различни почвени типове.

Ефектът от азотното торене върху пшеницата е обект на постоянни изследвания, поради неговата доказана положителна роля върху величината и качеството на добиваната продукция (Петрова, 1984; Nankova et al., 1999; Slavov, 2000; Panayotova et al., 2006; Fageria, 2009). Влиянието му върху добива от пшеница се изследва постоянно и в наши дни (Ivanova & Tsenov, 2011; Nankova & Atanasov, 2018; Atanasov & Nankova, 2019). Част от изследванията проучват ролята на различните дози върху компонентите на продуктивността (Atanasov & Nankova, 2019; Gismy et al., 2020; Перó, 2020), защото това е важно за нивото на добива зърно в конкретни почвено климатични условия. У нас е установявано многократно, че дозите на азот от 12-14 kg/da (активно вещество) са най-подходящи за получаване на максимално възможен добив зърно, чрез баланс, който те предизвикват между компонентите на продуктивността (Nankova et al., 1999; Ivanova & Tsenov, 2009; Rajčić et al., 2020).

Селекцията при пшеницата е една от най-интензивните из между полските култури в света. Разнообразието от типове, видове и разновидности на пшеница са предпоставка за огромно вариране в рамките на вида (Sierra-Gonzalez et al., 2021). Заложените различни биологични и стопански качества на всеки нов сорт са предпоставка за евентуални различия в начина и до-

зите по който той ще бъдат подхранван, за да достигне до максималния си генетичен потенциал. Ето защо винаги е важно да се изследва как новосъздадени сортове реагират на промени в технологичните нива на торене (Landjeva et al., 2014; Atanasov & Nankova, 2019).

В настоящия момент в страната има няколко вида органични торове, чиито ефекти върху пшеничното растение са почти непознати, поради ограничената информация за подобни продукти (Thomas et al., 2019; Араева et al., 2020, Tsenov et al., 2021). Не е изяснено как органичните торове влияят върху добива и неговите елементи, точно в какви дози да бъдат прилагани и дали трябва да бъдат съчетани с други торове, в случай, че имат някакъв положителен ефект. Ефектите, които те проявяват, не са сравнявани с тези на минералните гранулирани торове, които се използват в технологията на пшеницата от години.

Целта на проучването е да се установи кои от признаците, пряко свързани с продуктивността имат съществен ефект върху добива. Да се определят най-ефективните от тях, чрез проявлението или ефекта върху други признаци на които, да бъде обяснена величината на добива на всеки един от участващите в изследването сортове.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Обстановка на полския опит

Изследвано е влиянието на няколко агротехнически фактора върху добива зърно и признаци, свързано с него при зимната обикновена пшеница. Първият фактор се състои от четири вида тор за основно торене, както следва: ДАП (диамониев фосфат), с обозначение (А), Guanito, с обозначение (В), Sonar, с обозначение (С) и Italpollina, с обозначение (D). Торовете (В,С,D) са създадени от фирма Italpollina и са с органичен произход. Вторият фактор се състои от няколко различни дози на азотно подхранване, както следва: (N₃) (N₁₀) (N₁₈). Генотипът е третият фактор, който има седем измерения: (1) Риана, (2) АВС Наво, (3) АВС Зигмунд, (4) АВС Колино, (5) АВС Ломбардия, (6) АВС Рома и (7) АВС Кловър, създадени в селекционната компания „Агроном I Холдинг“, Добрич. Сортовете

са подбрани така, че да се различават съществено по произход, по качество, по ранозреелост и други биологични особености. Те са отглеждани в рандомизиран блок, в три повторения при големина на парцелите от 12,5 m². Агротехническите грижи през вегетацията са абсолютно еднакви за всички варианти, с изключение на изследваните фактори. Основните торове са приложени предсеитбено, а азотното подхранване е направено през пролетта 3-кратно в схема: 50/30/20% от съответната норма. Подробно описание на активните вещества и дозите на приложение на използваните торове са дадени в предходна публикация (Tsenov et al., 2021^b)

Измервания и наблюдения

Анализирани са признаци, свързани пряко с добива зърно. Представянето им в анализа е както следва: брой продуктивни стъбла на m² (NPT), маса на 1000 зърна (TGW), брой зърна в клас (NGS), тегло на зърното в клас (WGS) брой зърна на m² (NGm) и добив зърно (GY). Всички данни са от измервания на признаците на база на отделна парцела. Индексите тегло на зърното в клас (WGS) и брой зърна на m² (NGm), които са интегрални от по два основни компонента всеки, са представени също като отделни количествени признаци, за да могат коректно да бъдат анализирани с останалите.

Статистически методи

Всички варианти на опита са подложени на редица статистически анализи, за да се установи дали има достоверни разлики на ниво на единичен фактор, на комбинация от два и на комби-

нация на трите фактора. Вариантът на торене с ДАП (A) е използван като контролен за сравнение. Ефектите на отделните фактори и групи от такива са подредени (рангувани), според стойностите на признаците или на добива зърно. Данните са обработвани с помощта на статистически пакети, като Statgraphics XVIII, IBM SPSS 23 и RStat-GE 2.9, чиято цел е да се идентифицират отделни комбинации от варианти, ефектите на които увеличават най-съществено добива зърно. Приложен е корелационен анализ в няколко негови аспекта, за да се обясни влиянието на отделните признаци върху добива и как те сработват като комбинации при различните сортове. Голяма част от анализите са представени като графики, защото всички използвани тук програми генерират фигури, в които разликите между вариантите са достоверни.

РЕЗУЛТАТИ

Всеки един от факторите има достоверен ефект върху признаците, свързани с продуктивността, без изключение (Таблица 1). Двата агротехнически фактора, които имат различни нива, си взаимодействат (*FERT * N*) достоверно само при признаците продуктивна братимост (NPT) и брой зърна на m² (NGS).

Липсата на статистически доказано взаимодействие между тези фактори, при останалите признаци не е пречка да се проследи промяната им при наслагване на техните основни ефекти върху всеки един от признаците. Тези ефекти са достоверни при най-висока степен, което е ука-

Таблица 1. Анализ на вариансите на признаците, свързани с продуктивността (Суми от квадрати тип III)
Table 1. Analysis of variances for quantitative productivity traits (Type III Sums of Squares)

Признак, Trait	FERT ¹		N		VAR		FERT * N	
	MS	p-value	MS	p-value	MS	p-value	MS	p-value
NPT	37717,4	,000 ²	10368,0	,017	53038,1	,000	5567,3	,041
TGW	528,2	,000	176,6	,000	241,7	,000	8,07	,522
NGS	88,4	,000	30,1	,000	41,0	,000	1,68	,472
WGS	0,14	,000	0,04	,000	0,05	,000	0,08	,613
NGm	144023078	,000	20705487	,008	126138164	,000	5154933	,093

1- FERT – вид на тора/ type of fertilizer; N- подхранване с азот/ additional nitrogen fertilization; VAR – фактор сорт/ factor genotype; знакът (*)-означава взаимодействие / the sign (*) means interaction; 2- Изчислено при алфа =0,05 / Computed using alpha = 0,05

зание, че всеки един от тях има съществен дял върху стойностите на признаците. Стойностите на всеки признак след този комбиниран ефект на двата фактора показват различно поведение (Таблица 2). Статистическите разлики между стойностите са спрямо фактора (N) в отделните групи на фактора (FERT). Разликите между признаците, спрямо двата основни фактора са много показателни за влиянието на азотното подхранване (N) на фона на основното торене (FERT), средно за целия експеримент.

След торене с DAP (A) всеки признак увеличава стойностите си с увеличаване на дозата на фактор (N). Изключение са признаците маса на 1000 зърна (TGW) и тегло на зърното в клас (WGS), при които дозата N_{10} има по-високи стойности от N_{18} .

При торене с Guanito (B) увеличаването на дозата на азота води до прогресивно увеличаване на величината на признаците свързани с броя на зърната в клас (NGS) и (NGm). При продуктивната братимост (NPT) дозата на азота не предизвиква промяна на признака. Стойностите

на признаците, свързани с едрината на зърното (TGW) и (WGS) при умерената доза от N_{10} са по-високи в сравнение с високата доза от N_{18} . При броя на зърната от клас (NGS) няма разлика в стойностите между N_{10} и N_{18} и те попадат в една статистическа група на достоверност.

При торене със Sonar (C) се отбелязват следните особености: различните дози на азот не променят признака брой зърна в клас (NGS). При всички останали признаци високата доза на азота (N_{18}) предизвиква намаляване на стойностите, в сравнение с другите две дози. Статистическа значима разлика между нивата N_3 и N_{10} не съществува, с известно изключение при признака брой зърна на m^2 (NGm).

Основното торене с Italpollina (D) предизвиква различни по посока промени на признаците, спрямо азотното подхранване. При тези, свързани с едрина на зърното (TGW) и (WGS) стойностите при високата доза N_{18} са по-ниски, от останалите две, като най-високи са при вариант N_{10} . При признаците, свързани с броя на зърната, (NGS) и (NGm), с увеличаване на дозата на

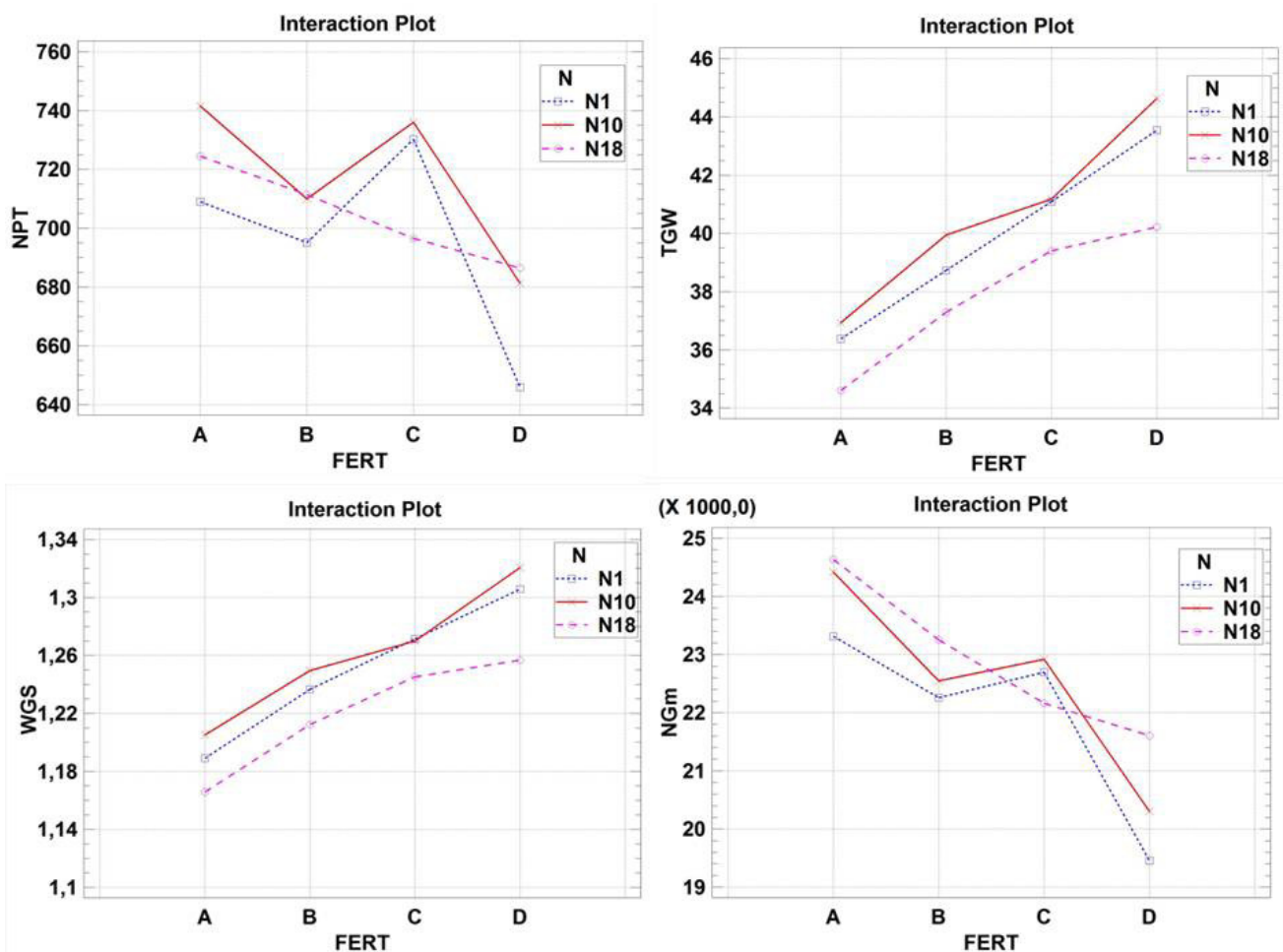
Таблица 2. Статистически групи при изследваните признаци при взаимодействие между според нивата на факторите (FERT) и (N)

Table 2. Statistical groups of the studied traits in the interaction between according to the levels of factors (FERT) and (N)

Признак Trait	Фактор Factor N	Фактор / Factor FERT			
		A	B	C	D
NPT	N_3	a*	a	b	a
	N_{10}	b	a	b	b
	N_{18}	b	a	a	b
TGW	N_3	b	a	b	b
	N_{10}	b	b	b	c
	N_{18}	a	a	a	a
NGS	N_3	ab	ab	a	ab
	N_{10}	b	b	a	a
	N_{18}	b	b	a	b
WGS	N_3	b	ab	b	ab
	N_{10}	c	b	b	b
	N_{18}	a	a	a	a
NGm	N_3	a	a	ab	a
	N_{10}	b	a	b	b
	N_{18}	b	b	a	c

* стойностите с еднакви букви са от една група на достоверност, според фактора FERT (метод: 95% LSD) /

* values with the same letters are from one group of significance, method: 95% LSD)



Фигура 1. Пространствено представяне на комбинирания ефект на факторите основно торене (FERT) и азотно хранене (N) върху признаците, свързани с продуктивността (Statgraphics XVIII)
Figure 1. Spatial representation of the combined effect of the factors basic fertilization (FERT) and nitrogen nutrition (N) on productivity related traits (Statgraphics XVIII)

азота се увеличават стойностите им. Промяната на признаците е напълно аналогична с тази при торене с Guanito (B).

Поведението на признаците след комбинираното действие на факторите (FERT) и (N) е представено на Фигура 1. Ясно и отчетливо се забелязват два факта: предимство на торенето с доза N_{10} с изключение на признака (NGm) и поведението на признаците при торене с Italpollina (D) е контрастно, в сравнение с останалите варианти: при признаците свързани с братенето е негативна, а при признаците, свързани с едрината на зърното – положителна. Торенето с DAP (A) предизвиква промяна на признаците коренно противоположно на това при Italpollina (D), споменато по-горе.

Торовете като фактори променят в различна степен и посока стойностите на отделните признаци. Как това би могло да повлияе на добива зърно, който е в резултат на всички тези сложни взаимодействия, породени от ефектите на факторите? За да отговорим на този въпрос трябва да установим признаците върху които се базира добива зърно. Според данните в таблица 3 те се свързани с признака продуктивна братимост – (NPT) и (NGm). Всички проучени признаци имат положителен ефект (корелация) върху добива зърно, с изключение на броя зърна в клас (NGS) и това е доказано чрез различните типове корелации. Поради тази причина той е игнориран в последвалите конкретни анализи на основните фактори. Признаците едрина на зър-

Таблица 3. Корелации между добива зърно и неговите компоненти, изчислени според познатите модели за анализ (IBM SPSS 23)

Table 3. Correlations between grain yield and its components, according to known models for analysis (IBM SPSS 23)

Trait	Pearson	p-value	Spearman	p-value
NPT	,786 (**)	,000	,758 (**)	,000
TGW	,116	,065	,134 (*)	,034
NGS	-,110	,081	-,123	,052
WGS	,128 (*)	,042	,131 (*)	,038
NGm	,489 (**)	,000	,441 (**)	,000

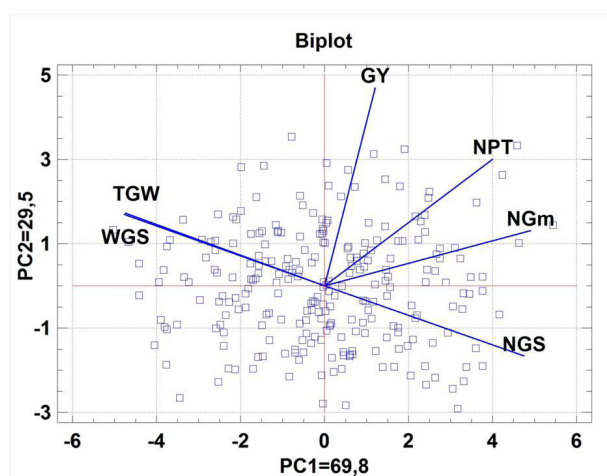
(*) Корелацията е значителна на ниво 0,05 (2-странно) / Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed),

(**) Корелацията е значителна на ниво 0,01 (2-странно) / Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed), Стойностите с **удебелен шрифт** не се различават от 0 с ниво на значимост алфа = 0,05 /

Values in **bold** are **no** different from 0 with a significance level alpha=0,05,

ното (TGW) и производния му тегло на зърното от клас (WGS) имат положително, но слабо влияние върху добива зърно. Допълнително доказателство за това е анализът на принципните компоненти, представен на Фигура 2. Векторите на двата признака, показващи съществена връзка с добива са продуктивната братимост – (NPT) и броят на зърната на m² (NGm), който явно е много силно зависим от първия.

Всички разсъждения са правилни, но все още трудно би могло да обяснят разликите в добива зърно при комбиниран ефект (FERT * N) чрез поведението на признаците, свързани с него.



Фигура 2. Пространствено представяне на главните компоненти на всички признаци (PCA)

Figure 2. Biplot of Principal Component analysis (PCA) of all traits

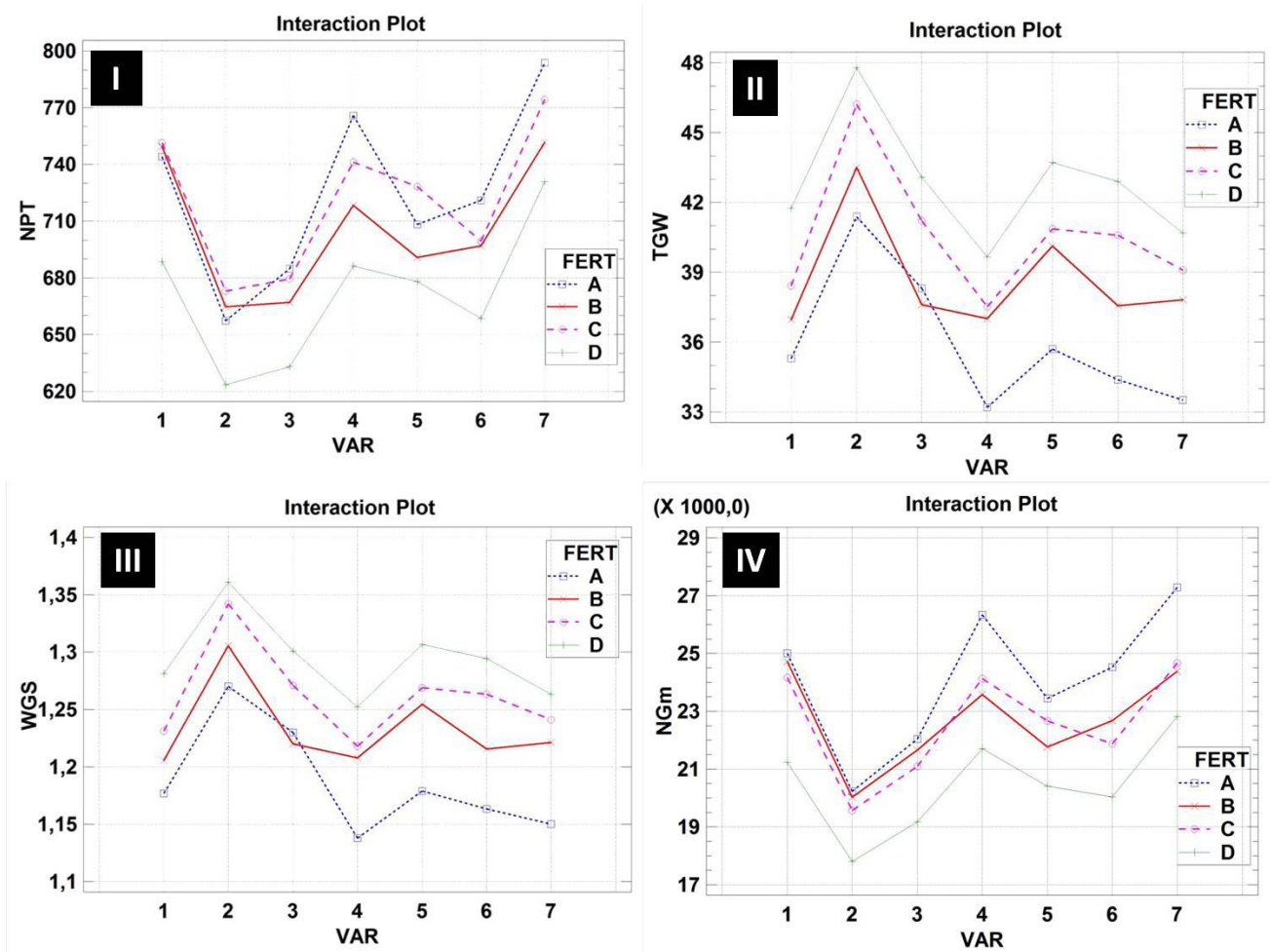
Освен това сортът като фактор (VAR) също има основна роля във величината на добива зърно. Все пак е важно да се установят не само принципните, но и конкретните взаимодействия между факторите, водещи до най-високия възможен добив зърно.

Данните на Фигура 3 показват твърде различно представяне на признаците при сортовете, когато са под влияние на фактора торене (FERT). Картината е сложна и противоречива, защото са намесени два фактора, а признаците са антагонистични по въздействие (TGW-NGS). Трудно е да се каже дали има сорт, който на фона на останалите да е най-продуктивен, изразено чрез неговите компоненти на продуктивността. При всеки един от признаците сортовете биха могли да бъдат подредени (ранг) или групирани.

При признака брой продуктивни стъбла на m² (I-NPT) и брой зърна на m² (IV-NGm) най-високи стойности са регистрирани при торене с (A) и (C), като най-добре са реагирали сортовете ABC Кловър (7), ABC Колино (4) и Риана (1).

При признака маса на 1000 зърна (II-TGW) и тегло на зърното от клас (III-WGS) всички органични торове имат предимство пред DAP (A), като тук отличниците са сортовете ABC Наво (2) и ABC Ломбардия (5).

Следователно сортовете, които сме проучили, „изграждат“ добива зърно чрез промяна на различни признаци. Първата група от Риана (1), ABC Колино (4), ABC Рома (6) и ABC Кловър (7) имат генетика за по-дребно зърно, но потен-



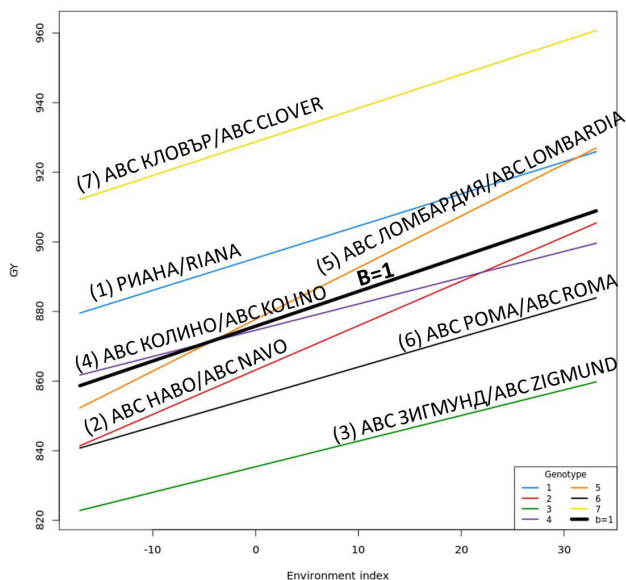
Фигура 3. Пространствено представяне на комбинирания ефект на факторите основно торене (FERT) и сорт (VAR) върху признаците, свързани с продуктивността, I-NPT (Брой продуктивни стъбла), II-TGW (Тегло на хиляда зърна), III-WGS (Тегло на зърното от клас), IV-NGm (Брой зърна на м²)

Figure 3. Spatial representation of the combined effect of the factors basic fertilization (FERT) and variety (VAR) on productivity related traits, I-NPT (Number of Productive Tillers), II-TGW (Thousand Grain Weight), III-WGS (Weight of Grain Per Spike), IV-NGm (Number of Grain Per m²)

циал за по-висока продуктивна братимост. Добивът при тях се получава благодарение точно на този признак и нищожно намаляване на едрината на зърното, която почти не се отразява негативно на добива. Втората група ABC Наво (2), ABC Зигмунд (3) и ABC Ломбардия (5) повишават добива чрез увеличаване на масата на 1000 зърна, но при относително ниско ниво на продуктивна братимост. Едрината на зърното (TGW) при тях е генетически много висока и това влияе негативно на баланса с продуктивната братимост (NPT) и затова тя е относително ниска, на фона на останалите сортове. При първата група сортове е логично торенето и по-

дхранването да увеличават повече братимостта и да не влияят на масата на 1000 зърна (която е в рамките на 35-40 g), докато при втората група се увеличава едрината на зърното (от 45-52 g), но за сметка на леко снижаване на продуктивната братимост до ниво, което в края на краищата не пречи за получаване на по-висок добив зърно.

Веднага възниква въпросът, кои от тези групи сортове ще покажат положителна спрямо органичното торене реакция по добив зърно? Частичен отговор на въпроса предоставят данните на Фигура 4. На нея са представени регресионните прави (вектори) на всеки сорт спрямо добива, на фона на всички изследвани фактори. Три са сор-



Фигура 4. Графика на регресионните уравнения на изследваните сортове по добив зърно
Figure 4. Plot of the regression equations of the studied varieties by grain yield

товете, (Риана, АВС Ломбардия и АВС Кловър) показали най-висок и същевременно стабилен добив на фона на останалите. Според теорията на Eberhard & Russell (1966) ако стойността на регресионния коефициент е близък до единица ($b=1$) сортът е стабилен по проява. Сортите, чиито регресионни прави (вектори) са успоред-

ни на вектора ($b=1$), могат да бъдат считани за стабилни по проява. Такива са четири от 7-те изследвани сорта. Много близо до тяхната реакция според стабилността се нареждат сортовете АВС Наво и АВС Колино, но те отстъпват по добив зърно на споменатата предходна група. В пълно потвърждение на тези разсъждения са данните на Фигура 5, която класира по сходен начин сортовете. Тя дава конкретна информация (чрез интензивността на оцветяване) при кои от торовете резултатите са най-добри и обратно. Сортите Риана (1), АВС Ломбардия (5) и АВС Кловър (7) проявяват максимални добиви при почти всички видове торове. Сортите АВС Наво (2) и АВС Колино (4) са успешни при торене с органичните торове Guanito (B) и Sonar (C), а АВС Зигмунд (3) почти не реагира положително на торене с органични торове.

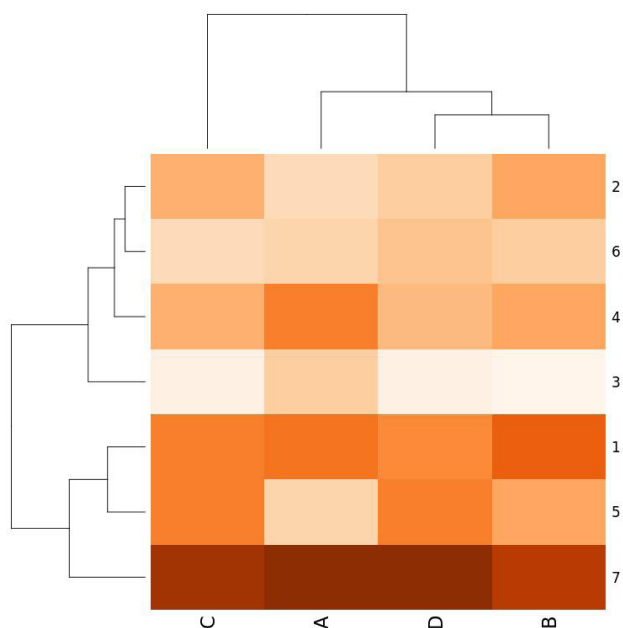
Как да подредим сортовете по значимост спрямо добива зърно в тази сложна плетеница от стойности на различните признаци? Подходът на Kang (1993), в който сортовете се подреждат (рангуват) в дадена група според интегрален параметър (Y_{si}), отчитащ значимостта на нивото и стабилността на признака едновременно, внася яснота по този въпрос (Таблица 4). Според проявлението на изследваните признаци, сортовете биха могли да бъдат подредени, както следва: 1. АВС Кловър, 2. Риана, 3. АВС Ломбардия, 4. АВС Колино, 5. АВС Наво, 6. АВС Рома, 7. АВС Клаузиус. Това подреждане е общо и не отчита

Таблица 4. Подредяне на сортовете според параметъра на стабилност на Kang (Y_{si}) при отделните признаци и група признаци

Table 4. Ranking of the varieties according to the Kang stability parameter (Y_{si}), for each trait and on average for the trait group

Variety №*	GY**	NPT	TGW	NGS	WGS	NGm	Sum***	Avg****	Ранг/ Rank
1	7	7	2	6	2	6	30	5,0	2
2	2	-1	10	2	10	-2	21	3,5	5
3	-1	0	6	2	7	0	14	2,3	7
4	3	6	-1	9	-1	8	24	4,0	4
5	6	3	7	1	6	2	25	4,2	3
6	1	2	3	5	3	3	17	2,8	6
7	9	9	1	7	1	8	35	5,8	1

* - сорт №, ** - (GY)- добив зърно, (NPT) - брой продуктивни стъбла на m^2 , (TGW) - маса на 1000 зърна, (NGS) - брой зърна в клас, (WGS) - тегло на зърното в клас, (NGm) - брой зърна на m^2 , *** - сума от ранговете, **** - среден ранг



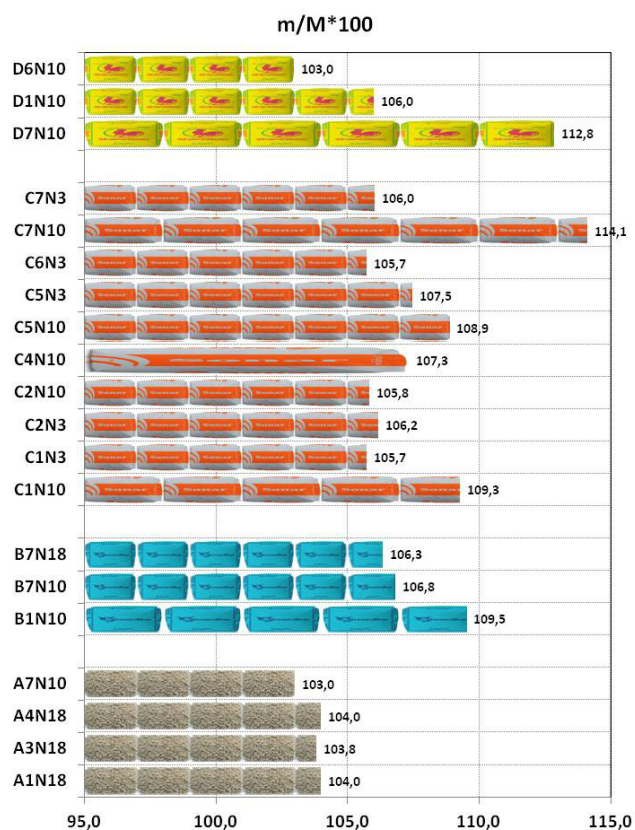
Фигура 5. Взаимодействие GxE на сорта с фактора вид тор (FERT), тъмния цвят означава по-силно взаимодействие и обратно (GxE „топлинна” карта)

Figure 5. Interaction of GxE of the variety with the fertilizer type factor (FERT), dark color means stronger interaction and vice versa (GxE “heat” map)

нивата на отделните фактори върху проявата на признаците.

Информацията за последните констатации се базира на общи закономерности (Фигура 5). Ако изчислим конкретно добива зърно като насложим трите изследвани фактора, дали ще може да се определят нивата им, които имат най-силен ефект на фона на цялата сложна картина? Получените цифри (84) са голям брой за да бъдат сравнявани пряко. Поради тази причина най-високите добиви (над 900 kg/da) бяха отделени от базата данни и идентифицирани, според трите фактора (фигура 6). Основа за сравнение на представените в относителни стойности добиви (%) са на базата на генералната средна (M) от целия опит по формулата $(m/M*100)$, където (m) е добива на конкретния вариант.

Отново най-успешни по добив са сортовете Риана (1) ABC Ломбардия (5) и ABC Кловър (7), които са дали по-високи добиви от останалите при торене с всички видове торове. Интересно е да бъде отбелязано, че при торене със Sonar



Фигура 6. Най-високи относителни добиви на зърно спрямо генералната средна стойност от целия опит след взаимодействието на основните фактори „торене * сорт * подхранване” ($FERT * VAR * N$)

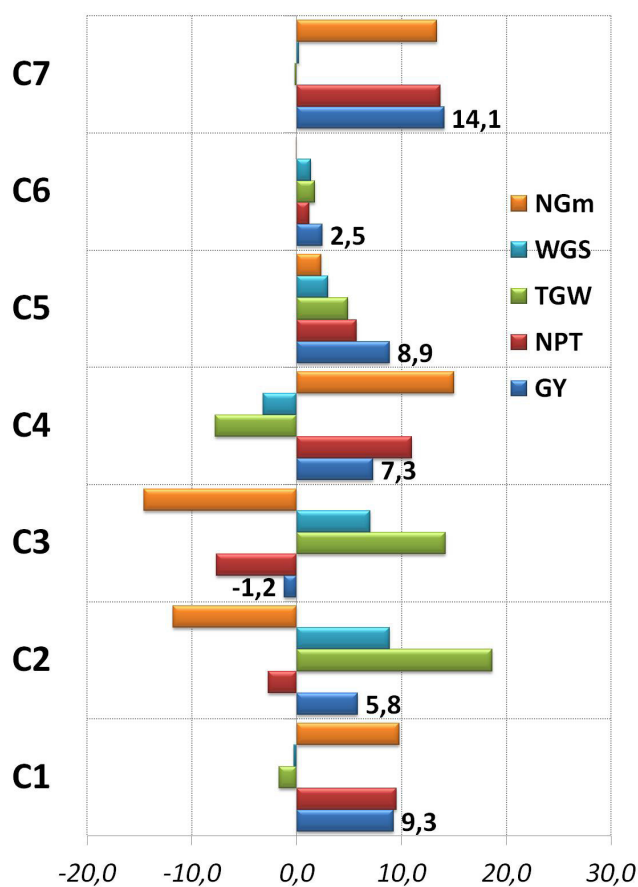
Figure 6. Highest relative grain yields relative to the grand mean of the whole trail after the interaction of the main factors “fertilization * variety * feeding” ($FERT * VAR * N$)

(C) всички сортове са показали високи добиви, с изключение на ABC Зигмунд (3). Както би могло да се очаква отново най-високи са добивите на трите сорта Риана (1) ABC Ломбардия (5) и ABC Кловър (7) с превишение над средното с 9 до 14%. Нивото на подхранване от N_{10} се оказва най-удачен вариант, чрез който добивът е най-висок и стабилен на фона на трите органични тора.

Стана ясно, че всеки сорт реализира нивата на своите признаци по различен начин, в зависимост от вариантите на експеримента. Най-високи в сравнение с останалите варианти (Фигу-

ра 6) са добивите при торене със Sonar (C) и подхранване с N_{10} . При този вариант почти всички сортове достигат до максималния си продуктивен потенциал. Следователно, той би могъл да послужи като база за сравнение на проявата на отделните сортове, чрез стойностите на техните признаци като комплекс. В резултат на какви съчетания от нива на отделните признаци всеки сорт изгражда добива може да се проследи на Фигура 7.

В нея признакът (NGS) е изключен, понеже той проявява негативна корелация с добива (таблица 3). Тези от тях, които дават най-високите добиви и бяха вече споменати (Риана (1)



Фигура 7. Разлика (в %) между стойностите на всеки признак (m) и съответната му генерална средна за целия опит (M) при вариант ($C * N_{10}$) на изследваните сортове

Figure 7. Difference (in %) between the means of each trait (m) and its corresponding grand mean for the whole experiment (M) in variant ($C * N_{10}$) of the varieties studied

ABC Ломбардия (5) и ABC Кловър (7), имат относително по-високи стойности при почти всички изследвани признаци. Дори там където те са по-ниски (например TGW–C1) разликата е несъществена. Изключително интересно е поведението на сорт (7) ABC Кловър. При него има висока корелация между добива (GY), продуктивната братимост (NPT) и броя на зърна на m^2 (NGm), всичките с около 14% по-високи стойности от генералната средна, на фона на средни стойности на едрината на зърното (TGW) и теллото на зърното от клас (WGS).

Данните показват, че сорт ABC Ломбардия (5) има отличен баланс между стойностите на признаците, които изграждат неговия добив зърно. Сортовете ABC Наво (2) и ABC Колино (4), които отстъпват по добив на първата група, имат коренно различно съчетание между признаците. При ABC Наво (2), високият добив (+5,8%) е резултат на значително по-едро от средното за опита зърно (TGW, плюс 18%) и съществено по-ниско нива на важния признак (NGm, минус 12%). При него намалението на броя на зърната m^2 се дължи на по-ниската продуктивна братимост (NPT). При сорт ABC Колино (4), добивът е по-висок с 7,3% в резултат на преобладаващ ефект на признака NGm, плюс 16%), но при доста по-дребно зърно (TGW, минус 8%). Наблюдавания висок брой зърна на m^2 (NGm) е в резултат на добро съчетание на висока продуктивна братимост (NPT, +8%) и вероятно повече зърна в клас (NGS), но по-дребно от останалите сортове зърно. останалите два сорта (3) ABC Зигмунд и (6) ABC Рома.

ОБСЪЖДАНЕ

Последните данни недвусмислено показват ролята на сорта в цялата схема на опита. Бе вече установено, че добивът зърно при торене с органични торове е по-висок от този с минерален тор (Tsenov et al., 2021^b). При конкретно сравнение след комбиниране на факторите е видно, че дори при ниско ниво на подхранване N_3 добивът зърно може да бъде точно толкова висок, колкото при N_{10} .

При торене с минерален тор DAP (A) ниво-то на подхранване N_{18} може да предизвика висок добив при двата продуктивни сорта – Риана

и ABC Кловър единствено (Фигура 6). При използване на органично торене и доза от N_{10} високи добиви се получават отново само от същите тези сортове.

Торенето с Guanito (B) и Italtolina (D), при ниво на подхранване от с азот N_{10} , е удачно само за отбрани сортове от изследваната група (ABC Кловър и Риана).

При прилагане на Sonar (C) като основен тор високи добиви са постигнати почти всички сортове при ниво на подхранване от N_{10} . Този вариант е удачен от гледна точка на стабилния му ефект без оглед избора на сорт. Комбинацията между факторите ($C * N_{10}$) се оказва универсален подход за получаване на висок и стабилен добив. Последното е валидно, защото единствено при използване на Sonar (C) е възможно да се получат високи добиви след подхранване дори с доза от N_3 и от сорт 6 (ABC Рома), който е с по-нисък генетичен потенциал за добив от останалите (фигура 5). Всичко това е указание, че сортовете с по-висок генетичен потенциал за продуктивна братимост реализират предимства пред другия тип. Броят на зърната на m^2 (NPT) е признак, който е основен фактор за добива зърно (Rasul et al., 2015; Prey & Schmidhalter, 2020). От друга страна сортовете, чийто признак тегло на зърното от клас е висок също имат шанс да реализират високи добиви (Shah et al., 2015). В нашето изследване това е сорт ABC Ломбардия (5), който притежава уникален баланс между признаците, които формират величината на добива. Това е рядко явление и трябва да бъде проучено от гледна точка на бъдеща селекция за повишаване на добива зърно (Tsenov et al., 2021^a).

Продуктивната братимост (NPT) е признакът, който в нашето изследване е причина за високия добив зърно. Мненията в изследвания за неговата роля в добива се отнасят до всички житни култури без изключение (Zhang et al., 2020; Pour-Aboughadareh et al., 2020; Soares et al., 2021). Получаването на висок добив зърно при торене с органични торове трябва да бъде съпроводено с „баланс“ между него и едрината на зърното (TGW). Последният дори при торене с високи дози (N_{10} - N_{18}) трябва да има относително ниски стойности, за да се компенсира отрицателните корелации, която съществува между едрината на зърното (TGW) от една страна с братенето (NPT) и от друга страна с броя на

зърна в клас (NGS) (Tsenov et al., 2021^a). При сортовете Риана (1) и ABC Кловър (7) съществува подобен баланс, който е причина за реализация на най-високите добиви, на фона на останалите сортове. Делът на признака брой зърна на m^2 (NGm) при торене с органични торове е също толкова съществен, както и в други многобройни изследвания за него (Gubatorov et al., 2016; Desheva, 2016; Tsenov et al., 2020). Неговите реализирани високи стойности, в това изследване са свързани предимно с продуктивната братимост (NPT) и по-слабо с броя на зърната в клас. Високите стойности на последния (над 42 g) при 4 от 7-те сорта са причина за наличие на пряка отрицателна корелация между него и добива зърно (Таблица 3).

ИЗВОДИ

Торенето с органични торове увеличава по-силно добива зърно в сравнение с контролния вариант с минерален тор (DAP). Максималните реализирани стойности на добива са в резултат на комбинирания ефект на органичен тор с азотно торене (N_{10}) и ролята на сорта, като генетика.

При приложение на Sonar (C) високи добиви биха могли да се получат при минимално подхранване (N_3), при положение, че се отглеждат точно сортовете ABC Кловър, Риана и ABC Ломбардия. При тях проявлението на отделните признаци е в отличен баланс, който е гаранция за висок и стабилен добив.

Признаците, които определят до голяма степен величината на добива са: продуктивната братимост на m^2 (NPT), броя на зърна на m^2 (NGm) и масата на 1000 зърна (TGW). Проявлението им при отделните сортове е в различни комбинации. Те са причина за различията в добива и подреждането на сортовете за предпочитане.

ЛИТЕРАТУРА

Апаева, N. N., Manishkin, S. G., Kudryashova, L. V. & Yamalievа, A. M. (2020). An innovative approach to the use of the granulated organic fertilizers based on bird droppings on crops of spring wheat, *Earth and Environment Science* 421: 022062, doi:10.1088/1755-1315/421/2/022062.

- Atanasov, A., Nankova, M., Iliev, I. & Ivanova, A.** (2019). Genotypic variability in productivity and nitrogen uptake efficiency of wheat according to basic agrotechnical practices, *Field Crops Studies*, 12(3), 45-58 (Bg).
- Desheva G.** (2016). Correlation and path-coefficient analysis of quantitative characters in winter bread wheat varieties, *Trakia Journal of Sciences I*, 24-29. <http://www.uni-sz.bg/>
- Dimkpa, C.O., Andrews, J., Sanabria, J., Bindraban, P. S., Singh, U., Elmer, W. H., Gardea-Torresdey, J. L., & White, J. C.** (2020). Interactive effects of drought, organic fertilizer, and zinc oxide nanoscale and bulk particles on wheat performance and grain nutrient accumulation, *The Science of the Total Environment* 722, 137808. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137808>
- Eberhart, S.A. & Russell, W.A.** (1966). Stability parameters for comparing varieties, *Crop Science* 6, 36-40.
- Edmeades, D.C.** (2003). The long-term effects of manures and fertilizers on soil productivity and quality: A review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 66, 165–180. <https://doi.org/10.1023/A:1023999816690>
- Fageria, N. K.** (2009). *The use of nutrition in Crop Plants*, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, USA, p. 419. <https://doi.org/10.1201/9781420075113>
- Geng, Y., Cao, G., Wang, L., & Wang, S.** (2019). Effects of equal chemical fertilizer substitutions with organic manure on yield, dry matter, and nitrogen uptake of spring maize and soil nitrogen distribution. *PlosOne* 14(7), e0219512. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219512>
- Gismy, S., Uddin, M. R., Rahman, M. S., Talukder, F. U., & Imran, S.** (2020). Effect of nitrogen (n) fertilizer to yield and yield contributing characters of Bari gom30. *Tropical Agroecosystems*, 1(1), 19-25. <http://doi.org/10.26480/taec.01.2020.19.25>
- Gorbell, B. N., Carin, C., Fedkenheuer, A. W., Jonasson, J. S., & Starosud A.** (2011). Process and apparatus for manufacture of fertilizer products from manure and sewage, *US Patent № US 7966741 B2*.
- Gubatov, T., Yanchev, I., & Tsenov, N.** (2016). Effect of the environments on the productivity-related characters in common winter wheat, *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 22(6), 927-935.
- Henri, D.** (2003). Pure organic fertilizer, *US Patent, № US 6517600 B1*.
- Hlisnikovský, L., Vach M., Abrahám Z., Mensik L., & Kunzová E.** (2020). The effect of mineral fertilizers and farmyard manure on grain and straw yield, quality and economical parameters of winter wheat, *Plant Soil and Environment* 66, 249-256. <https://doi.org/10.17221/60/2020-PSE>
- Ivanova, A., & Tsenov, N.** (2009). Behaviour of durum and bread wheat varieties in Dobrudzha region, *Field Crops Studies*, 6 (2), 251-259 (Bg).
- Ivanova, A., & Tsenov, N.** (2011). Winter wheat productivity under favourable and drought environments. III. Effect of fertilization, *Agricultural Science and Technology*, 3 (4), 306-309
- Kang, M. S.** (1993). Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers, *Agronomy Journal* 85, pp. 754-757.
- Landjeva, S., Koutev, V., Tsenov, N., Chamurlijski, P., Trifonova, T., Nenova, V., Kartseva, T., Kocheva, K., Petrov, P., & Georgiev, G.** (2014). Productivity and nitrogen use efficiency in bread wheat comparative analysis of old and modern Bulgarian cultivars, *Scientific Works of The Institute of Agriculture, Karnobat*, 3(1), 267-276 (Bg).
- Nankova, M., & Nankov, N.** (2012). Influence of a new generation organic fertilizer excell^{orga} on *Triticum aestivum* L. productivity. In: *First National Humic Substance Congress*, 06-09 June 2012, Sakarya, Turkey, pp. 455-463.
- Nankova M., Petrova, M. Gospodinov, M. & Kirchev, H.** (2012). Effect of mineral fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium on wheat productivity under long-term accumulation of nutrients in slightly leached chernozem soil (Haplic Chernozems). *FCS* 8(1):143-160 (Bg).
- Nankova, M.** (2013). Study on agrotechnological units in main field crops depending on the system of agriculture in the region of DobrudzhaP In: *Annual Report of Research project POSM 106*, Dobrudzha Agricultural Institute - General Toshevo, Agricultural Academy, Sofia (Bg).
- Nankova, M.** (2014). Research and improvement of technological elements in biological and conventional system for field production. In: *Annual Report of Research project POSM 186*, Dobrudzha Agricultural Institute - General Toshevo, Agricultural Academy, Sofia (Bg).
- Nankova, M.** (2015). Research and improvement of technological elements in biological and conventional system for field production. In: *Annual Report of Research project POSM 186*, Dobrudzha Agricultural Institute - General Toshevo, Agricultural Academy, Sofia (Bg).
- Nankova, M.** (2016). Research and improvement of technological elements in biological and conventional system for field production. In: *Annual Report of Research project POSM 186*, Dobrudzha Agricultural Institute - General Toshevo, Agricultural Academy, Sofia (Bg).
- Nankova, M.** (2017). Research and improvement of technological elements in biological and conventional system for field production. In: *Annual Report of Research project POSM 186 R*, Dobrudzha Agricultural Institute - General Toshevo, Agricultural Academy, Sofia (Bg).
- Nankova, M. & Atanasov, A.** (2018). Grain yield response of some agronomy practices on contemporary common winter wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Agricultural Science and Technology*, 10(4), 308 – 314.
- Nankova, M., Djendova, R., Kirchev, H., & Penchev, E.** (1999). Effect of long-term mineral fertilization with different nutrition elements norms and ratios on humic condition of the slightly leached chernozem in Dobroudja, In: *Annual ESNA/IUR Meeting: Soil-Plant Relationships*; Wye (United Kingdom); 7-12 Sep, 27-33.
- Nankova, M., Savov, V., & Chakalov, K.** (2016). Effect of a humic preparation with immobilized enzyme systems

- of beneficial microorganisms on the productivity of *T. aestivum* L. cultivars under low-input nutrition regime. In: *3rd National Humic Substance Congress with International Participation*, November 03-05, Konya, Turkey, pp 124-136.
- Panayotova, G., Dechev, D. & Valkova N.** (2006). Yield stability of durum wheat genotypes at nitrogen fertilization. *Proc. IV Intern. Eco-Conference on Safe Food*, Novi Sad, Serbia, 20-23 September 2006, 381-386.
- Pepó, P.** (2020). Effect of climate change and crop-year on the yield and nitrogen fertilizer efficiency in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) production, In: *Just Enough Nitrogen*, Sutton M. A. et al. (eds). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58065-0_24
- Petrova, M.** (1984). Optimizing the fertilization of wheat grown on leached Chernozems. Sofia, (Bg).
- Pour-Aboughadareh, A., Mohammadi, R., Etminan, A., Shooshtari, L., Maleki-Tabrizi, N., & Poczai, P.** (2020). Effects of drought stress on some agronomic and morphophysiological traits in durum wheat genotypes, *Sustainability*, 12, 5610. <https://doi.org/10.3390/su12145610>
- Prey, L., & Schmidhalter, U.** (2020). Deep Phenotyping of Yield-Related Traits in Wheat. *Agronomy*, 10(4), 603. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040603>
- Rajičić, V., Terzić, D., Perišić, V., Dugalić, M., Madić, M., Dugalić, G., & Ljubičić, N.** (2020). Impact of long-term fertilization on yield in wheat grown on soil type vertisol. *Agriculture and Forestry*, 66(3), 127-138.
- Rasul, G. A. M., Ahmedand, S. T. & Ahmed, M. Q.** (2015). Influence of different organic fertilizers on growth and yield of wheat. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 15 (6): 1123-1126. DOI: 10.5829/idosi.ajeaes.2015.15.6.12680.
- Shah, S., Mohammad, W., Shah, S., & Shafi, M.** (2015). Effect of Organic and Chemical Nitrogen Fertilizers on Grain Yield and Yield Components of Wheat and Soil Fertility. *Journal of Crop Nutrition Science*, 1(1), 63-74.
- Sierra-Gonzalez, A., Molero, G., Rivera-Amado, C., M. Babar, A., Reynolds, M. P., M. & Foulkes, J.** (2021). Exploring genetic diversity for grain partitioning traits to enhance yield in a high biomass spring wheat panel, *Field Crops Research* 260, 107979. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107979>
- Slavov, D.** (2000). Nitrogen. Nitrogen fertilizers. Nitrogen fertilization. Ambrosia Publishing House, Sofia, pp. 136 (Bg).
- Soares, G.F., Júnior, R. Quadros, W., Pereira, F. L., de Lima, C.A., Soares, D.S., Muller, O., Rascher, U., & Ramos, M.L.G.** (2021). Characterization of wheat genotypes for drought tolerance and water use efficiency. *Scientia Agricola*, 78(5), e20190304. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992x-2019-0304>
- Thomas, C.L., Acquah, G.E., Whitmore, A.P., McGrath, S.P., & Haeefe, S.M.** (2019). The Effect of Different Organic Fertilizers on Yield and Soil and Crop Nutrient Concentrations. *Agronomy* 9, 776. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120776>
- Tsenov, N., Gubatov, T., & Yanchev, I.** (2020). Correlations between Grain Yield and Yield Related Traits in Winter Wheat under Multi Environmental Traits, *Agricultural Science and Technology* 12(4): 295-300.
- Tsenov, N, Gubatov, T., & Yanchev I.** (2021^a). Correlations between quantitative traits of winter common wheat - breeding tool for increasing grain yield, *Agricultural Science and Technology* 13(2) *accepted*.
- Tsenov, N, Nankova, M, & Gubatov T,** (2021^b). Research of the effect of organic fertilizers on common wheat (*Triticum aestivum* L.) grain yield, *Bulgarian Journal of Crop Science*, 58(3): 3-13.
- Zhang, L., He, X., Liang, Z., Zhang, W., Zou, C., & Chen, X.** (2020). Tiller development affected by nitrogen fertilization in a high yielding wheat production system, *Crop Science* 60(2), 1034-1047. <https://doi.org/10.1002/csc2.20140>