

## Линии тритикале съчетаващи висока продуктивност, стабилност и адаптабилност при контрастни условия на средата

**Христо Стоянов, Валентин Байчев**

Добруджански земеделски институт – Генерал Тошево

E-mail: [hpstoyanov@abv.bg](mailto:hpstoyanov@abv.bg)

### Резюме

С цел да бъде оценена продуктивността и съчетаването и с висока стабилност и адаптабилност 12 линии зимно хексаплоидно тритикале са изследвани в 6 контрастни периода на отглеждане. Оценката на продуктивността е извършена на базата на сравняване на отделните генотипове с възприети локални стандарти тритикале – АД-7291, Вихрен и Ракита. За да могат да бъдат оценени продуктивните възможности на линиите спрямо световните тенденции са използвани и световните стандарти при културата Ласко и Престо. Стабилността и адаптабилността на линиите са определени по модела на Eberhart & Russell. Изследваните линии тритикале се характеризират с изключително високи продуктивни възможности, които средно за изследвания период превъзхождат както локалните така и световните стандарти. Най-висока продуктивност е отчетена при линията G8, а най-високата продуктивност през конкретен период – при линията G12. Стабилността на изследваните линии е значително по-висока спрямо световните стандарти Ласко и Престо, като най-висока стабилност е отчетена при линиите G5, G6 и G7. Добро съчетание на продуктивност над средната и адаптабилност към по-благоприятните условия на отглеждане е отчетено при линиите G2, G3, G4, G5, G7, G8, G9 и G12. Най-добро съчетание на висока стабилност, широка адаптабилност и висока продуктивност се наблюдава при линията G7. От друга страна линията G12 се характеризира с повишена стабилност, а G11 е с много добра адаптабилност към неблагоприятните условия на средата. Тези характеристики правят изследваните линии особено подходящи за разнообразните почвено-климатични особености на страната.

**Ключови думи:** адаптабилност; линии; продуктивност; стабилност; тритикале

## Triticale lines combining high productivity with stability and adaptability under contrasting environments

**Hristo Stoyanov, Valentin Baychev**

Dobrudzha Agricultural Institute – General Toshevo

E-mail: [hpstoyanov@abv.bg](mailto:hpstoyanov@abv.bg)

### Citation

Stoyanov, H., & Baychev, V. (2021). Triticale lines combining high productivity with stability and adaptability under contrasting environments. *Rastenievadni nauki*, 58(5) 3-15 (Bg).

### Abstract

With the aim to evaluate the productivity and its combination with high stability and adaptability, twelve winter hexaploid triticale lines were studied under six contrasting periods of growing. The evaluation of productivity was based on the comparison of the genotypes to local triticale checks: AD-7291, Vihren & Rakita. To assess the productivity potential of the lines in comparison to the world tendencies, the world checks in this crop Lasko and Presto were also involved. The stability and adaptability of the lines were determined by the model of Eberhart and Russell. The investigated triticale lines were characterized by extremely high productivity potential, which,

averaged for the period, exceeded both the local and the world checks. The highest productivity was determined in line G8, and the highest productivity for a specific period – in line G12. The stability of the studied lines was significantly higher than the world checks Lasko and Presto, reading the highest stability in lines G5, G6 and G7. A good combination of above-the-average productivity and adaptability to the more favorable growing conditions was found in lines G2, G3, G4, G5, G7, G8, G9 and G12. The best combination of high stability, wide adaptability and high productivity was observed in line G7. On the other hand, line G12 was characterized by high stability, and G11 was with very good adaptability to the unfavorable conditions of the environment. These characteristics make the investigated lines particularly suitable for the varied soil and climatic conditions of Bulgaria.

**Key words:** adaptability; lines; productivity; stability; triticale

## ВЪВЕДЕНИЕ

Създаването на високопродуктивни сортове тритикале, които да съчетават и висока стабилност и адаптабилност е ключова задача в подобрителната работа при културата (Mergoum et al., 2019). Това се свързва с факта, че променящите се условия на средата изискват новите сортове да отговорят адекватно на различни видове абиотичен стрес (Araus et al., 2008; Ayydiev, 2012). Все по-често наблюдавани високоинтензивни стресови фактори като силни пролетни засушавания, неравномерни, но прекомерно силни валежи, резки температурни амплитуди изискват селекционния процес да бъде провеждан внимателно, тъй като всяка реакция на растенията има уникален характер. Същевременно изследваните генотипове при контрастни условия на средата силно изменят своята реакция, което не дава възможност за определяне на тенденции в тяхната продуктивност и до адекватен избор на най-добрия генотип. Това налага съвременната селекция на тритикале да бъде провеждана в дългосрочен план, въпреки съвременните динамични процеси.

Високата продуктивност на тритикале е в резултат на дългогодишна подобрителна работа с културата. Макар първите хексаплоидни форми да са били обект по-скоро на генетични изследвания (Tsvetkov, 1989), на съвременния етап тритикале се счита за една от най-продуктивните зърнено-житни култури с добиви зърно достигащи до над 1500 kg/da при някои генотипове, при определени условия на средата. Резултати за съвременните сортове тритикале създадени при условията на Русия (Bogovik, 2016), показват продуктивност между 600 и 900 kg/da. Високи добиви съобщават и Vespalova et

al. (2012) при условията на Краснодар. Разнообразни изследвания от други изследователски програми също подчертават високите продуктивни възможности на културата (Dogan et al., 2009; Goyal et al., 2011; Cifci et al., 2010; Beres et al., 2012; Ayydiev, 2012; McLeod et al., 2012; Mut & Köse, 2018; Dimitrov et al., 2018; Bezabih et al., 2019; Grabovets & Krohmal, 2019; Kızılgeçi, 2019; Derejko et al., 2020). Същевременно съвременните български сортове тритикале също се отличават с висока продуктивност. Сортове като Дони 52, Благовест и Борислав реализират средни добиви от над 700 kg/da в контрастни условия на средата (Stoyanov & Baychev, 2018). Резултатите от разнообразни изследвания върху тях (Baychev, 2013<sup>a</sup>; Stoyanov, 2018) потвърждават както тяхната висока продуктивност, така и тяхната стабилност и адаптабилност към контрастни условия на средата. Това поставя твърде високи граници при създаването на нови сортове, което налага оценката на новите линии да бъде извършвана както въз основа на световните тенденции, така и спрямо конкретните метеорологични особености.

Съществуват различни подходи за групиране (рангуване) на съвкупност от изследвани генотипове по тяхната продуктивност в контрастни условия на средата. Един от най-ефективните методи за рангуване по добив на генотипове тритикале според Stoyanov et al. (2017) е използването на относителен добив спрямо възприет стандарт. В нашата страна е възприето оценката на нови линии тритикале да бъде извършвана чрез използване на среден стандарт между сортовете Вихрен и Ракита, а за международни стандарти се използват полските сортове Ласко и Престо. През 2015 г. в системата на ИАСАС като стандарт за сортоизпитване бе възприет

сорт Колорит. Всички тези особености показват, че при оценка на продуктивността може да се получи разнообразна информация, на база на която да бъде избран високопродуктивен и стабилен генотип с добра адаптабилност към определена съвкупност от условия на средата и превъзхождащ предварително определени стандартни генотипове.

Оценката на стабилността и адаптабилността на група изследвани генотипове, може да бъде направена на базата на редица методи и модели (Chahal & Gosal, 2000). Разработеният от Eberhart & Russell (1966) регресионен модел дава възможност да бъде оценена едновременно както стабилността, така и адаптабилността посредством параметрите  $b_i$  (регресионен коефициент) и  $s^2_{Di}$  (средноквадратично отклонение от регресията). Този метод и неговото приложение са сравнително семпли, като резултатите се доближават до тези получавани от значително по-сложни анализи и статистически програми за обработка на данни (Tsenov & Gubatov, 2018). В своето изследване Mut & Köse (2018) надграждат този модел като съчетават стойностите на добива и параметъра  $b_i$  в рамките на биplot. Подобна техника дава възможност да бъдат подбрани тези генотипове, при които се наблюда-

ват най-оптималните съчетания на продуктивност и адаптабилност.

Целта на настоящия доклад е да бъдат оценени по своята продуктивност, адаптабилност и стабилност новосъздадени линии зимно хексаплоидно тритикале спрямо възприетите локални и международни стандарти и да бъдат определени тези с най-висок потенциал за отглеждане при почвено-климатичните особености на страната.

## МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

### Растителен материал

За изпълнение на поставената цел са използвани 12 новоселекционни линии зимно хексаплоидно тритикале посочени в Таблица 1. Линиите са отгледани в слят посев в опитни парцели с площ 10 m<sup>2</sup>, в четири повторения, разположени по стандартен блоков метод. Сеитбата е извършена механизирано в стандартни срокове за тритикале с гъстота 550 семена на m<sup>2</sup>. Освен посочените сортове са включени локалните стандартни сортове тритикале – АД-7291, Вихрен и Ракита, а също така и световните стандарти Ласко и Престо. Парцелите са приби-

**Таблица 1.** Използвани линии през периода на изследване

**Table 1.** Lines used in the study during investigation period

No	Name/Наименование	Pedigree/Педигре
1	AD-7291/АД-7291	Local check/Локален стандарт
2	Vihren/Вихрен	Local check/Локален стандарт
3	Rakita/Ракита	Local check/Локален стандарт
4	Kolorit/Колорит	Local check/Локален стандарт
5	G1	5741-43 / 2853-1044
6	G2	46/96-244 / 129/98
7	G3	115/96-238 / 129/98-81
8	G4	161/98-133 / Respekt
9	G5	18/95-159 / Akord
10	G6	Akord / Respekt
11	G7	Akord / Respekt
12	G8	49/97-142 / 18/95-89
13	G9	Akord / 54/03
14	G10	61/97-215 / 88/96-222
15	G11	Respekt / Kolorit
16	G12	Respekt / 110/03
17	Lasko/Ласко	World check/Световен стандарт
18	Presto/Престо	World check/Световен стандарт

рани в пълна зрелост като е отчетен добивът от всяка поотделно.

### Условия на отглеждане

Опитът се провежда през 6 последователни реколтни години – 2014/2015, 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020. Представените данни за средномесечната температура и сумарните месечни валежи (Таблица 2) показват контрастния характер на изследваните периоди. Най-големи разлики спрямо многогодишната тенденция по отношение на температурата са наблюдавани през периода декември-март, а при валежите през месеците декември и май. Различията в тези периоди са достатъчно основание да се счита, че вегетацията през отделните години е протичала по различен начин. Ясно се открояват определени явления и процеси в метеорологично отношение, които имат единичен характер не се повтарят през отделните периоди и са в състояние силно да повлияят физиологичните процеси в растителния организъм.

Особено силно се открояват стопанските 2015/2016, 2017/2018 и 2018/2019, при които се наблюдават съответно изключително интензивни и продължителни валежи през май (2015/2016), нехарактерни ежедневни краткотрайни превалявания през юли (2017/2018) и силни засушава-

ния в периода февруари-март (2018/2019). Силно неблагоприятна за отглеждане на тритикале е и стопанската 2019/2020, поради твърде продължителното засушаване в периода март-април. Същевременно най-благоприятни за отглеждане на тритикале са условията на 2014/2015, при които се наблюдава най-малък брой негативни явления по време на вегетацията.

### Статистически анализ

Данните за добива са обобщени и осреднени по генотипове и по периоди на изследването. Установени са най-малките достоверни разлики по години и средно за периода на изследване спрямо средния стандарт между сортовете Вихрен и Ракита, а също така и спрямо стандарта Колорит и световните стандарти Ласко и Престо. За определяне на стабилността и адаптабилността е приложен регресионния модел на Eberhart & Russell (1966). Изведен е биплот анализ между стойностите на  $b_1$  и средните стойности за добива с цел да се установи съчетаване на добра адаптабилност и продуктивност, по предложения от Mut & Köse (2018) способ. За обобщаване на данните и за изчисляване на средните стойности е използван програмен продукт MS Office Excel, 2003, а за анализа по Eberhart & Russell – софтуерния продукт Genes v.1990.2017.49 (Cruz, 2013).

**Таблица 2.** Средно месечна температура (СМТ) и сумарни месечни валежи (СМВ) за изследвания период

**Table 2.** Average monthly temperature (AMT) and total monthly precipitation (TMP) in the investigated period

Показател/ Parameter	Година/ Year	Септ./ Sept.	Окт./ Oct.	Ное./ Nove.	Дек./ Dec.	Яну./ Jan.	Фев./ Feb.	Мар./ Mar.	Апр./ Apr.	Май/ May	Юни/ June	Юли/ July
СМТ, °C	2014/2015	17.5	11.2	5.6	3.1	1.4	2.0	5.0	10.1	16.4	19.4	22.4
	2015/2016	19.5	10.9	9.3	3.4	-0.8	7.3	6.8	13.2	14.7	20.9	22.8
	2016/2017	18.1	10.6	6.5	-0.6	-4.1	2.0	7.3	8.7	15.0	20.2	21.8
	2017/2018	19.0	11.8	7.5	4.7	1.7	1.1	4.6	13.4	17.7	20.4	22.2
	2018/2019	17.7	13.3	5.4	1.2	1.0	3.5	8.2	9.0	16.0	22.3	22.0
	2019/2020	17.9	13.4	11.7	5.2	1.8	5.1	8.0	10.0	15.4	19.6	22.3
	1960/2020	16.9	11.7	6.8	1.9	-0.2	1.2	4.7	9.9	15.2	21.9	21.4
СМВ, mm	2014/2015	31.4	57.9	33.2	87.0	33.2	79.5	67.7	8.5	12.9	31.3	27.2
	2015/2016	20.8	78.3	55.1	0.4	86.3	40.7	52.7	20.8	117.1	55.7	2.8
	2016/2017	35.8	72.2	43.3	12.5	48.4	27.4	48.9	38.4	29.0	87.7	66.3
	2017/2018	69.9	50.5	57.2	55.8	75.4	48.8	4.9	30.9	90.8	59.6	59.6
	2018/2019	54.7	11.7	66.2	43.8	19.2	16.3	16.1	49.4	31.7	37.5	54.0
	2019/2020	36.7	27.6	35.4	21.8	2.8	28.1	28.3	5.8	48.0	51.3	2.7
	1960/2020	46.3	42.1	43.4	41.7	36.4	34.2	35.5	39.9	52.0	60.9	51.3

## РЕЗУЛТАТИ

Контрастният характер на метеорологичните условия наблюдавани по време на експеримента много ясно могат да бъдат проследени по отношение на резултатите за абсолютния добив отчетен при отделните сортове в различните стопански години (Таблица 3). Върху изследваните генотипове най-неблагоприятно влияние са оказали условията на стопанската 2019/2020, когато са отчетени и най-ниските добиви от изследваните линии (549 kg/da). Това се свързва с много интензивното засушаване през този период (особено в периода април-май), което не позволява реализирането на продуктивния потенциал на културата. Ниски добиви са установени и през стопанските 2017/2018 и 2018/2019. През първия период основна причина за ниските добиви е засушаването през предзимния период

и изключително неблагоприятните валежи в преджътвения и жътвения период. През стопанската 2018/2019 години причина за намаляване на добивите е пролетното засушаване, макар и с по-малка интензивност от това през 2019/2020. Съответно през 2014/2015 година е отчетен най-висок добив от изследваните линии – 844 kg/da. Сравнително висок е добивът и през стопанските 2015/2016 и 2016/2017 година. Следва да се подчертае фактът, че през 2015/2016 година през периода на наливане на зърното са се наблюдавали твърде неблагоприятни валежи, които при някои от изпитваните стандартни сортове са довели до силно намаляване на стойностите на добива.

Въпреки, че повечето от изследваните линии реагират идентично спрямо промяната в условията на средата, то тяхното поддръждане не е еднакво в отделните периоди на изследва-

**Таблица 3.** Добив на изследваните линии и стандарти тритикали по периоди

**Table 3.** Yield of investigated triticale lines and checks by periods

Генотип/ Genotype	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019	2019/2020	Средно/ Average
AD-7291/АД-7291	663	491	591	599	526	485	559
Vihren/Вихрен	618	419	592	633	583	457	550
Rakita/Ракита	785	602	737	560	579	519	630
Kolorit/Колорит	685	543	626	596	542	473	577
G1	815	677	703	648	570	474	648
G2	878	607	731	651	739	583	698
G3	856	737	766	723	605	501	698
G4	859	721	822	634	705	469	702
G5	877	743	786	627	639	541	702
G6	780	735	686	646	670	586	684
G7	839	753	773	649	694	582	715
G8	887	815	742	651	781	582	743
G9	874	829	680	623	744	572	720
G10	804	805	662	639	728	530	694
G11	750	751	696	718	680	597	699
G12	915	782	751	637	704	571	726
Lasko/Ласко	765	455	614	631	561	547	596
Presto/Престо	777	436	681	624	612	596	621
AC/CC	702	511	664	596	581	488	590
AL/СЛ	844	746	733	654	688	549	702
Average/Средно	801	661	702	638	648	537	665
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>38,3</i>	<i>64,0</i>	<i>31,1</i>	<i>17,5</i>	<i>36,1</i>	<i>22,9</i>	<i>28,1</i>
<i>LSD<sub>0,01</sub></i>	<i>50,3</i>	<i>84,1</i>	<i>40,9</i>	<i>22,9</i>	<i>47,4</i>	<i>30,0</i>	<i>37,0</i>
<i>LSD<sub>0,001</sub></i>	<i>64,2</i>	<i>107,4</i>	<i>52,3</i>	<i>29,3</i>	<i>60,5</i>	<i>38,4</i>	<i>47,2</i>

AC/CC – Average check of Vihren and Rakita/Среден стандарт между Вихрен и Ракита; AL/СЛ – Average for lines/Средно за линиите

не. Това се свързва с много високо влияние на взаимодействието между факторите генотип и среда. Поради тази причина линиите следва да бъдат по-подробно разгледани през отделните изследвани периоди.

През най-благоприятната за отглеждане стопанска година (2014/2015) от изследваните локални стандарти по-добър е Ракита, следван от Колорит и АД-7291, а с най-ниска продуктивност е стандартът Вихрен. Двата световни стандарта са реализирали стойности, които са на нивото на стандарта Ракита. Средната стойност за изследваните линии е 844 kg/da, което показва, че средно генотиповете надвишават кой да е от изследваните стандарти. С най-високи добиви се отличават линиите G5, G8 и G12, а с най-нисък са G6 и G11. Всички линии превъзхождат достоверно средния стандарт и стандарта Колорит при най-високо ниво на доказаност на разликите (Таблица 3). Всички линии превъзхождат достоверно световните стандарти Ласко и Престо с изключение на G11.

През стопанската 2015/2016 година сортовете стандарти са реализирали значително по-ниски стойности на добива в сравнение с изследваните линии. Въпреки това по-добър стандарт е Ракита (602 kg/da), следван от Колорит (543 kg/da).

Световните стандарти Ласко и Престо са реализирали ниска продуктивност, която е на нивото на локалния стандарт Вихрен. От изследваните линии най-високи добиви са отчетени при G8, G9 и G10, а най-ниски при G1 и G2. Всички изследвани линии превъзхождат достоверно както средния стандарт между Вихрен и Ракита, така и кой да е от изследваните локални или световни стандарти (Таблица 3).

Използваните локални стандарти през стопанската 2016/2017 показват също разнообразни резултати, като по-добър отново е Ракита, следван от Колорит. Световния стандарт Ласко е на нивото на Колорит, докато Престо е между стойностите на Ракита и Колорит. Средната стойност за линиите превишава достоверно средни стандарт между Вихрен и Ракита, но е на нивото на Ракита, което показва, че през този период част от изследваните генотипове са реализирали по-ниски добиви. В действителност с ниски резултати са G6, G9, G10 и G11. От друга страна с високи стойности на добива са G4, G5 и G7 като при G4 се наблюдава значимо преви-

шение спрямо кой да е от стандартите. Всички линии с изключение на G6, G9 и G10 превъзхождат достоверно средния стандарт. Същата тенденция се наблюдава и спрямо Престо, но на неговото ниво са и G1 и G11. При всички линии се наблюдава достоверно превишение над местния стандарт Колорит и световния стандарт Ласко.

През стопанската 2017/2018 се наблюдават сравнително ниски резултати при добива както на изследваните стандарти, така и на изследваните линии. По-добър стандарт от локалните стандарти е Вихрен, следван от АД-7291 и Колорит. Световните стандарти Ласко и Престо са на нивото на Вихрен. На същото ниво е и средната стойност за добива на изследваните линии, което показва, че условията на стопанската година са повлияли идентично голяма част от изследваните генотипове. Най-високи стойности на добива са отчетени при линиите G3 и G11, а най-ниски при G4, G5 и G9. Всички изследвани линии превъзхождат достоверно средния стандарт между Вихрен и Ракита. Само 7 от изследваните 12 линии са реализирали добиви достоверно по-високи от тези на световните стандарти Ласко и Престо.

По отношение на стопанската 2018/2019 локалните стандарти реализират твърде сходни стойности. Въпреки това по-добър стандарт е Вихрен, следван от Ракита, но разликата между тях е твърде незначителна и няма достоверен характер. Световния стандарт Ласко е реализирал добиви между тези на Колорит и Ракита, като не се различава достоверно и от двата локални стандарта. При Престо се наблюдават най-високите стойности от изследваните сортове-стандарти, но разликата с Вихрен и Ракита не е достоверна. От изследваните линии най-високи добиви са отчетени при G2, G8, G9 и G10, а най-ниски при G1 и G3. Спрямо средния стандарт всички линии с изключение на G1 и G3 реализират достоверно по-високи стойности. Въпреки това всички линии достоверно превишават стандарта Калорит. Спрямо Ласко достоверни разлики не се наблюдават при линията G1, а спрямо Престо – при G1, G3 и G5.

При условията на интензивно засушаване наблюдавани през стопанската 2019/2020 изследваните локални стандарти са реализирали твърде ниска продуктивност. Независимо от това с

най-високи стойности на добива се характеризира Ракита следвана от АД-7291. Между отделните стандарти се наблюдават малки разлики, които в по-голямата част от случаите не са доказани. Значително по-висок добив е отчетен при световните стандарти Ласко и Престо. Средната стойност на добива за изследваните линии е значително по-ниска от тази на двата световна стандарта, но по-висока от стойността на кой да е от локалните стандарти. С най-високи стойности се отличават G6, G7, G8 и G11. Съответно най-ниски стойности на добива са отчетени при G1 и G4. С най-нисък добив и на нивото на средния стандарт между Вихрен и Ракита са G1, G3 и G4. Подобна тенденция се наблюдава и спрямо стандарта Колорит, но разликата с G3 е доказана. Спрямо световния стандарт Ласко достоверно по-висок относителен добив се наблюдава при G2, G6, G7, G8, G9, G11 и G12, а спрямо Престо при нито една от изследваните линии.

Средно за изследвания период (2014/2020) с най-високи стойности от изследваните локални стандарти се отличава Ракита. С по-нисък добив е Колорит, а стандартите АД-7291 и Вихрен имат сходни по между си стойности. Световният стандарт Ласко е реализирал добив между този на Ракита и Колорит, а Престо е на нивото

на Ракита. При изследваните линии с най-високи стойности са G7, G8, G9 и G12, а с най-ниски – G1 и G6. Всички изследвани линии показват много висока продуктивност спрямо използваните стандарти средно за изследвания период. Дори спрямо световните стандарти Ласко и Престо, които се характеризират с високи добиви разликите са доказани, при най-високо ниво на достоверност.

Изследваните линии превишават средния стандарт между Вихрен и Ракита с между 9,8 и 25,9%, а Колорит с 12,3 до 28,7%. Това показва, че тези генотипове се характеризират с много високи продуктивни възможности средно за изследвания период, дори при наличие на периоди, в които стойността на добивите е силно понижена. Спрямо световния стандарт Ласко превишението е между 8,8 и 24,7%, а спрямо Престо – между 4,3 и 19,6%. Подобни стойности са показателни, че включените в изследването линии следват адекватно световните тенденции, към повишаване на продуктивността на културата.

Независимо от резултатите за продуктивността, изчислените параметри за адаптабилност и стабилност (Таблица 4) също показват разнообразни резултати в зависимост от изследвания

**Таблица 4.** Параметри за стабилност и адаптабилност на изследваните линии

**Table 4.** Stability and Adaptability parameters of the investigated lines

Генотип/Genotype	$b_i$	$S^2_{D_i}$	Добив/Yield
AD-7291/АД-7291	0,66	2217,40	559
Vihren/Вихрен	0,54	7404,48	550
Rakita/Ракита	1,16	1884,18	630
Kolorit/Колорит	0,81	963,08	577
G1	1,30	1619,10	648
G2	1,13	3131,38	698
G3	1,34	3435,78	698
G4	1,56	2628,17	702
G5	1,38	1453,50	702
G6	0,73	946,16	684
G7	1,04	863,74	715
G8	1,14	3651,81	743
G9	1,10	6242,41	720
G10	0,95	5841,82	694
G11	0,52	1687,74	699
G12	1,34	1602,64	726
Lasko/Ласко	0,61	9983,87	596
Presto/Престо	0,69	11455,01	621

генотип. При изследваните стандарти АД-7291, Вихрен и Колорит, както и световните стандарти Ласко и Престо са отчетени стойности на  $b_i$  по-ниски от 1.00, което показва тяхната по-тясна адаптабилност, към периоди с по-неблагоприятни условия на средата. От друга страна стандарта Ракита се характеризира със стойност на  $b_i$  по-висока от 1.00, което демонстрира по-високата и приспособимост към благоприятните условия на средата. Характерна особеност на изследваните линии е, че по-голямата част от тях (G1, G2, G3, G4, G5, G7, G8, G9 и G12) са с адаптабилност към по-благоприятните условия на средата, подобно на стандарта Ракита. Само три от линиите (G6, G10 и G11) са със стойности под 1.00 т.е. с адаптабилност към неблагоприятните условия на средата. Най-близко до широка адаптабилност са линиите G7 и G10. Параметърът за стабилност ( $S^2_{D_i}$ ) от друга страна ясно демонстрира значително по-високата стабилност на изследваните линии спрямо стандартите АД-7291, Вихрен и световните стандарти Ласко и Престо. От друга страна Ракита и Колорит показват значително по-висока стабилност на добива както спрямо останалите стандарти, така и спрямо голяма част от изследваните линии. Много висока стабилност е отчетена при G5, G6 и G7, а значително по-ниска е тази на G8, G9 и G10.

Получените резултати за стабилност, адаптабилност и продуктивност на изследваните генотипове ясно показват, че високата продуктивност не кореспондира с висока стабилност и широка адаптабилност. Често се наблюдават комбинации висока стабилност и ниска продуктивност и ниска стабилност-висока продуктивност. От друга страна широката адаптабилност се отчита при генотипове, при които продуктивността клони към средната. Същевременно се наблюдава тенденция по-голяма част от линиите да притежават стабилност, значително сходна по стойност и по-висока от тази на стандартите АД-7291 и Вихрен и световните стандарти Ласко и Престо и същевременно доближаваща се до стабилността на Ракита. Това показва, че от селекционна гледна точка изискването за стабилност е постигнато, но при силно различаващи се адаптабилност и продуктивност.

Биплотът, основан на средната продуктивност и параметърът за адаптабилност съглас-

но моделът на Eberhart & Russell ( $b_i$ ) (Фигура 1) дава възможност да се проследят тези генотипове, които съчетават оптималните за района на изследване комбинации между продуктивност и адаптабилност. С изключение на линия G1 всички останали линии се характеризират с продуктивност над средната. Същевременно използваните стандарти ясно се диференцират по отношение на своята продуктивност. Биплотът условно се разделя на четири квадранта, всеки от които отразява различни комбинации на продуктивност и адаптабилност. Първия квадрант обхваща линии, които съчетават продуктивност над средната и адаптабилност към по-благоприятните условия на отглеждане ( $b_i > 1.00$ ) – G2, G3, G4, G5, G7, G8, G9 и G12. Вторият квадрант обхваща генотипове с продуктивност под средната, но с адаптабилност към по-благоприятните условия на отглеждане ( $b_i > 1.00$ ) – Ракита и G1. Третият квадрант включва генотипове с продуктивност по-ниска от средната и адаптабилност към неблагоприятните условия на средата ( $b_i < 1.00$ ). Тук попадат всички останали стандарти, включително световните стандарти Ласко и Престо. Последният квадрант обхваща тези генотипове, при които се наблюдава продуктивност над средната, но адаптабилност към неблагоприятните условия на средата ( $b_i < 1.00$ ). В тази група са линиите G6, G10 и G11. Първи и четвърти квадрант съчетават линиите, които се характеризират с по-висока продуктивност. Въпреки това коя комбинация от продуктивност и адаптабилност е по-надеждна от селекционна гледна точка е обект на разнообразни теории и интерпретации. Това налага комбинирането на тези две характеристики да бъде подробно обсъдено спрямо различните концепции.

## ОБСЪЖДАНЕ

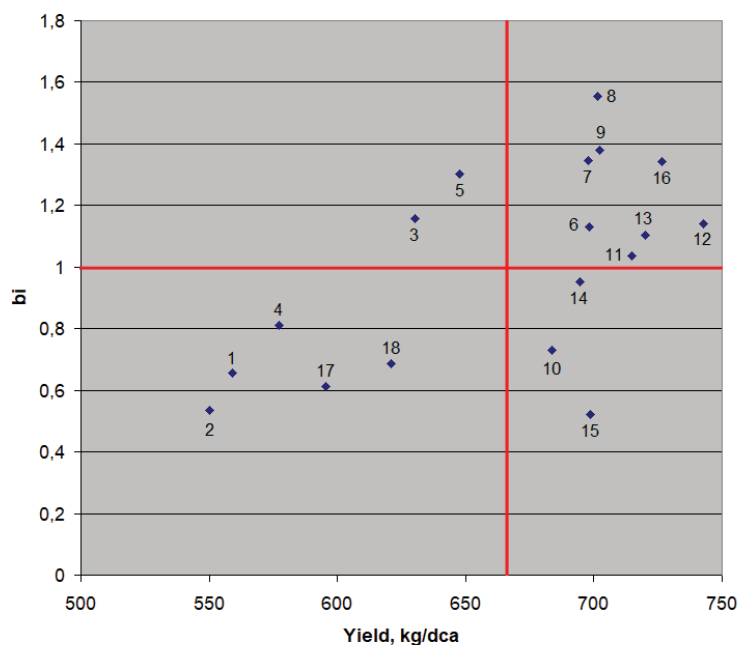
Създаването на високопродуктивни, стабилни и адаптабилни генотипове тритикале е обект на задълбочена селекционно-подобрителна работа в много държави. Това дава основание да се следват определени световни тенденции при културата, но съобразени с локалните почвено-климатични условия. Изследваните от нас нови линии тритикале категорично следват тенденцията за по-висока продуктивност в сравнение



с признатите и районираните сортове тритикале. Средната продуктивност на линиите е между 648 и 743 kg/da добив зърно, при средна стойност 702 kg/da, което е значително превишение над средната продуктивност съобщена за регистрираните до този момент български сортове тритикале съгласно данните на Stoyanov (2021). Най-високопродуктивния отчетен от автора сорт Дони 52 за същия период на изследване е реализирал 673 kg/da, при средна продуктивност на изследваните сортове 608 kg/da. Въпреки това продуктивния потенциал на линиите не се ограничава до подобни данни. През най-благоприятния за отглеждане период продуктивността на линията G12 достига до 915 kg/da, докато при съобщените от Stoyanov (2018) резултати за сортовете, най-високопродуктивния генотип през същия период (2014/2015) е Борислав, който е реализирал добив 839 kg/da. Резултатите получени от нас по отношение на продуктивността кореспондират и с постиженията на чуждестранната селекция. При тригодишно изпитване на линии тритикале при условията на Курск, Русия, Aydiev (2012) съобщава за продук-

тивност между 483 и 1075 kg/da, като най-висок резултат е отчетен през реколтната 2009 година при линията 3063/06.

При селекция на кръглозърнесто тритикале при условията на Краснодар Bernalova et al. (2012) съобщават за продуктивност от над 900 kg/da в рамките на три стопански години. Други изследователи в рамките на Руската Федерация, също посочват високи стойности на добива от изследваните от тях сортове и линии (Kalmysh et al., 2012; Melnikova et al., 2012; Grabovets & Krohmal, 2019). Резултатите на Jaskiewicz et al. (2018) при изследваните от тях сортове при условията на Пулави, Полша, показват продуктивност между 600 и 1000 kg/da в зависимост от особеностите на годината и приложената агротехника. Wójcik-Gront & Studnicki (2021) посочват среден добив 828 kg/da при тестване на 55 генотипа в 61 локации (Полша), в рамките на 8 години. Резултатите за добивите от посочените изследвания и от други селекционни програми (Goyal et al., 2011; Cifci et al., 2010; Beres et al., 2012; McLeod et al., 2012; Mut & Köse, 2018; Dimitrov et al., 2018; Bezabih et al., 2019; Kızılgöçü,



**Фигура 1.** Биplot съчетаващ добив и адаптабилност на изследваните линии тритикале

Генотипове: 1-АД-7291, 2-Вихрен, 3-Ракита, 4-Колорит, 5-G1, 6-G2, 7-G3, 8-G4, 9-G5, 10-G6, 11-G7, 12-G8, 13-G9, 14-G10, 15-G11, 16-G12, 17-Ласко, 18-Престо

**Figure 1.** Biplot combining yield and adaptability of the investigated lines

Genotypes: 1-AD-7291, 2-Vihren, 3-Rakita, 4-Kolorit, 5-G1, 6-G2, 7-G3, 8-G4, 9-G5, 10-G6, 11-G7, 12-G8, 13-G9, 14-G10, 15-G11, 16-G12, 17-Lasko, 18-Presto

2019; Derejko et al., 2020) са достатъчно показателни, че изследваните от нас линии тритикале се характеризират с продуктивност, която независимо от контрастните условия на средата, остава на нивото на световните постижения при културата.

Стабилността на създаваните линии тритикале е също ключов елемент в голям брой селекционни програми. В това отношение следва да се отчете фактът, че изследваните от нас линии се характеризират с висока фенотипна стабилност изчислена на база параметъра  $S^2_{Di}$ . Нашите резултати по отношение на стабилността кореспондират с получените от Aseeva & Zenkina (2020) данни за същия показател при съвкупност от 40 пролетни форми тритикале (сортове и линии). Голяма част от изследваните селекционни линии пролетно тритикале от Abdelkawi et al. (2020) също се характеризират с по-висока стабилност, спрямо използвания от авторите стандарт Гребешок. Подобна тенденция се наблюдава и при резултатите получени от Levchenko & Starychenko (2021) при изследване на колекция от 14 образеца зимно тритикале. Тези резултати показват, че добрата стабилност на добива при тритикале е напълно постижима селекционна задача. Макар често да се съобщава обаче, че високата стабилност корелира с ниски добиви, получените от нас резултати показват, че стабилните генотипове могат да се характеризират с разнообразна продуктивност. Типичен пример в това отношение са изследваните от нас линии G1 и G12. И двете линии се характеризират със стабилност, която е почти идентична, но докато първата линия е с най-ниската отчетена средна продуктивност (648 kg/da), то втората е втора по продуктивност от всички изследвани линии (726 kg/da). От друга страна четвъртата по продуктивност линия G7 (715 kg/da) се характеризира с най-високата стабилност определена на база параметъра  $S^2_{Di}$ . Същевременно от изследваните 12 линии, шест (G1, G5, G6, G7, G11 и G12) се характеризират със стабилност на добива по-висока от тази на Ракита като всички достоверно превишават стандарта по продуктивност. Ракита е по-добрият стандарт и превишава дори световните стандарти по продуктивност средно за изследвания период, а същевременно данните от предходни наши изследвания (Stoyanov, 2018; Stoyanov, 2021) показват

неговата висока стабилност чрез разнообразни методи за нейното оценяване. Това показва, че линиите притежаващи по-висока стабилност и по-висока продуктивност от Ракита са значимо селекционно постижение в селекцията на тритикале в България.

Освен високата продуктивност и стабилност изследваните линии следва да притежават определена адаптабилност, за да могат те да бъдат правилно оценени като подходящи за определени почвено-климатични условия. Съществуват различни концепции за адаптабилност и за това, каква адаптабилност следва да притежават създаваните сортове. Според Eberhart & Russell (1966) тези генотипове, които притежават стойности на регресионния коефициент максимално близки до 1.00 и стойности на отклонението от регресията близки до 0, следва да се считат за идеални генотипове, тъй като дори при неблагоприятни условия те дават сравнително по-високи резултати. Същевременно Hildebrand (по Scarim et al., 2000) посочва, че селекционерите следва да се насочат към тези генотипове, които в неблагоприятни условия дават добри резултати и имат по-ниски регресионни коефициенти. Според същият автор генотиповете с регресионен коефициент близък до 1.00 дават значително по-ниски резултати при неблагоприятни условия на средата от тези с нисък регресионен коефициент, а при благоприятни условия дават по-ниски резултати от тези генотипове с регресионен коефициент по-висок от 1.00. Почти всички от изследваните от нас линии имат висок регресионен коефициент, което показва, че се характеризират с тясна и висока адаптабилност към благоприятните условия на средата. Подобни стойности са характерни за селекционната програма, тъй като линиите са отбрани в следствие на целенасочен многократен индивидуален отбор в контрастни условия на средата като един от основните критерии е бил високата продуктивност. Това обяснява и факта, че само три линии се отличават с ниски стойности на регресионния коефициент. Особено се откроява в това отношение линията G11, която се отличава с висока стабилност (по-висока от тази на Ракита, близка до високопродуктивната линия G12), но с по-ниска продуктивност и регресионен коефициент 0,52. През един от най-благоприятните периоди за отглеждане на тритикале

– 2019/2020, тази линия е единственият генотип, който има по-висока продуктивност от Престо, макар и статистически недоказана. Levchenko & Starychenko (2021) при изследване на стабилността и пластичността на колекция зимни тритикале установяват, че всички се отличават със стойности на  $b_1$  по-големи от 1.00. От изследваните от Abdelkawi et al. (2020) 20 генотипа, 11 са със стойност на  $b_1$  по-големи от 1.00. Сходни резултати получават и Aseeva & Zenkina (2020) за същия показател при 23 от изследваните от тях 40 пролетни форми тритикале (сортове и линии). Подобни зависимости потвърждават и получените от нас данни, че при селекция насочена към продуктивност в контрастни условия на средата, по-голяма част от генотиповете ще притежават адаптабилност към по-благоприятните условия на средата.

Независимо от това в голям брой от случаите, доброто съчетаване на адаптабилност, продуктивност и стабилност е значително трудна селекционна задача. Goyal et al. (2011) при изследване на 268 линии хексаплоидно и октаплоидно тритикале посредством GGE biplot, установяват само 2 от тях, при които се наблюдава изключително добро съчетаване на продуктивност, широка адаптабилност и стабилност. Kendal & Sayag (2016) при изследване на 20 линии тритикале в 3 локации в Южна Турция, на база на GGE biplot, показват, че 6 от линиите показват много висока адаптабилност в съчетание с висок добив. Изследваните от нас линии притежават много висока продуктивност (по-висока от тази на използваните стандарти), добра до висока стабилност и същевременно по-голямата част от тях са с адаптабилност към благоприятните условия на средата. От друга страна линиите G2, G7, G8 и G9 могат да се определят като по-широкоадаптабилни на база на стойности на регресионния коефициент. Същевременно обаче G2, G8 и G9 притежават по-ниска стабилност. В това отношение генотипът, който съчетава най-висока стабилност, най-широка адаптабилност и е с висока продуктивност е G7. Не бива да се пренебрегват обаче генотипове като G12 и G11. G12 се характеризира с повишена стабилност и висока продуктивност, а G11 е с висока стабилност, средна продуктивност, но много добра адаптабилност към неблагоприятните условия на средата. Подобни особености правят линиите

G7, G11 и G12 като особено подходящи да бъдат включени за изпитване в системата на ИАСАС и да бъдат районираны за почвено-климатичните особености на страната.

## ИЗВОДИ

От така представените резултати могат да бъдат направени следните изводи:

1. Изследваните линии тритикале се характеризират с изключително високи продуктивни възможности, които средно за изследвания период превъзхождат както локалните стандарти АД-7291, Вихрен и Ракита, така и световните стандарти Ласко и Престо.

2. Най-висока продуктивност от 743 kg/da средно за изследвания период е отчетена при линията G8, а най-високата продуктивност през конкретен период е отчетена при линията G12 – 915kg/da, което показва изключително високите продуктивни възможности на тези генотипове.

3. По-голямата част от линиите (G1, G2, G3, G4, G5, G7, G8, G9 и G12) се отличават с адаптабилност към по-благоприятните условия на средата, подобно на стандарта Ракита, докато само три от тях (G6, G10 и G11) са с адаптабилност към по-неблагоприятните условия. Най-близко до широка адаптабилност са линиите G7 и G10.

4. Отчетена е значително по-високата стабилност на изследваните линии спрямо стандартите АД-7291, Вихрен и световните стандарти Ласко и Престо. От друга страна Ракита и Колорит показват значително по-висока стабилност на добива спрямо голяма част от изследваните линии. Въпреки това много висока стабилност е отчетена при линиите G5, G6 и G7.

5. Биplotът, основан на средната продуктивност и параметърът за адаптабилност съгласно моделът на Eberhart & Russell показва, че добро съчетание на продуктивност над средната и адаптабилност към по-благоприятните условия на отглеждане е отчетено при линиите G2, G3, G4, G5, G7, G8, G9 и G12.

6. Най-добро съчетание на висока стабилност, най-широка адаптабилност и висока продуктивност е отчетено при линията G7. От друга страна линията G12 се характеризира с повишена стабилност и висока продуктивност, а G11 е с висока стабилност, средна продуктивност, но много

добра адаптабилност към неблагоприятните условия на средата. Тези характеристики ги правят особено подходящи за разнообразните почвено-климатични особености на страната.

## ЛИТЕРАТУРА

- Abdelkawi, R. N., Shtuklina, O. A., Ermolenko, O. I., & Solovyev, A. A.** (2020). Stability and plasticity of the spring triticale genotypes in yield and grain quality. *Agrarnyi nauchyi zhurnal*, (4), 4-9 (Ru).
- Araus, J. L., Slafer, G. A., Royo, C. & Serret, M. D.** (2008). Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. *Critical Reviews in Plant Science*, 27, 377-412.
- Aseeva, T. A. & Zenkina, K. V.** (2021). Environmental sustainability of triticales to adverse environmental factor. *South of Russia: ecology, development*, 15(1), 49-59. (Ru)
- Aydiev, A. Y.** (2012). The role of ecological breeding in development of new triticale varieties for adaptive agriculture. *The proceedings of international scientifically-practical conference "Triticale and its role in conditions of increase aridity of climate" and section triticale of department of plant growing of Russian Academy of Agricultural Science*, Rostov on Don, 2012, pp 9-11. (Ru)
- Baychev, V.** (2013). Triticale lines and varieties grown under contrasting meteorological conditions. *Scientific Papers of Institute of Agriculture - Karnobat*, 2(1), 79-86(Bg).
- Beres, B. L., Skovmand, B., Randhawa, H.S., Eudes, F., Graf, R. J. & McLeod, J. G.** (2012). Sunray spring triticale. *Canadian Journal of Plant Science*, 92, 363-367.
- Bespalova, L. A., Borovik, A. N., Puzynaya, O. Y. & Bukreeva, G. I.** (2012). Application on sphaerococcum gene in breeding triticale for grain. *The proceedings of international scientifically-practical conference "Triticale and its role in conditions of increase aridity of climate" and section triticale of department of plant growing of Russian Academy of Agricultural Science*, Rostov on Don, 2012, pp 21-25. (Ru)
- Bezabih, A., Girmay, G. & Lakewu, A.** (2019). Performance of triticale varieties for the marginal highlands of Wag-Lasta, Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, 5:1,1574109
- Borovik, A. N.** (2016). Selection and reintroducing of endangered and rare species of wheat: shot wheat (*Triticum sphaerococcum* Perc.), emmer (*Triticum dicoccum* (Schrank.) Schuebl.), durum (*Triticum durum* Desf.) and creation of sphaerococcum triticale (*Triticale sphaerococcum*) for grain diversification of high-quality production. Dissertation for the degree of Doctor of Agricultural Sciences, Krasnodar, 2016, pp 516.
- Cifici, E. A., Bilgili, U. & Yagdi, K.** (2010). Grain yield and quality of triticale lines. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8(2): 558-564.
- Chahal, G. S. & Gosal, S. S.** (2000). *Principles and procedures of plant breeding: Biotechnological and conventional approaches*. CRC Press, New York.
- Cruz, C.D.** (2013). GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum*. 35(3), 271-276.
- Derejko, A., Studnicki, M., Wojcik-Gront, E. & Gace, E.** (2020). Adaptive Grain Yield Patterns of Triticale (*xTriticosecale* Wittmack) Cultivars in Six Regions of Poland. *Agronomy*, 10, 415, doi:10.3390/agronomy10030415
- Dimitrov, E., Velcheva, N. & Uhr, Z. P.** (2018). Genetic diversity in triticale breeding lines, stored in IPGR Sadovo. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, 2(2), 103-110.
- Dogan, R., Kacar, O., Coplu, N. & Azkan, N.** (2009). Characteristics of new breeding lines of triticale. *African Journal of Agricultural Research*, 4(2): 133-138.
- Eberhart, S.A. & Russell, W.A.** (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.*, 6: 36-40.
- Goyal A., Beres, B. L., Randhawa, H. S., Navabi, A., Salmon, D. F. & Eudes, F.** (2011). Yield stability analysis of broadly adaptive triticale germplasm in southern and central Alberta, Canada for industrial end-use suitability. *Can. J. Plant Sci*, 91, 125-135.
- Grabovets, A. I. & Krohmal, A. V.** (2019). *Triticale*. Monograph. Rostov-on-Don, Yug Publishing House LLC, 2018. pp 240.
- Jaskiewicz, B., Grabinski, J. & Ochmian, I.** (2018). Productivity of winter triticale depending on type of tillage in crop rotation. *17th International Scientific Conference Engineering for Rural Development*, 23-25.05.2018 Jelgava, Latvia, pp 491-496.
- Kalmysh, A. P., Kovtunenkov, V. Y. & Panchenko, V. V.** (2012). The interaction of plant height of triticale with a set breeding and valuable features in hybrids F1. *The proceedings of international scientifically-practical conference "Triticale and its role in conditions of increase aridity of climate" and section triticale of department of plant growing of Russian Academy of Agricultural Science*, Rostov on Don, 2012, pp 48-51. (Ru)
- Kendal, E., & Sayar, M. S.** (2016). The stability of some spring triticale genotypes using biplot analysis. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 26(3), 754-756.
- Kızılgeçi, F.** (2019). Assessment of yield and quality of some triticale genotypes in South-Eastern Anatolia. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 9(1), 545-551.
- Levchenko, O., & Starychenko, V.** (2021). Evaluation of Winter Triticale Collection on the Stability of the Manifestation of the Grain Yield Trait. *American Journal of Agriculture and Forestry*. 9(2), 49-52. doi: 10.11648/j.ajaf.20210902.11
- McLeod, J. G., Randhawa, H. S., Ammar, K., Beres, B. L. & Muri, R. B.** (2012). Brevis spring triticale. *Can. J. Plant Sci*, 92, 199-202.
- Melnikova, O. V., Krohmal, A. V., Grabovets, A. I. & Biryukov, K. N.** (2012). Almaz – the new highly produc-

- tive grade winter triticale. *The proceedings of international scientifically-practical conference "Triticale and its role in conditions of increase aridity of climate" and section triticale of department of plant growing of Russian Academy of Agricultural Science, Rostov on Don, 2012, pp 76-79. (Ru)*
- Mergoum, M., Sapkota, S., El-Doliefy, A.El-F., Naraghi, S. M., Pirseyedi, S., & Alamri, M. S.** (2019). Triticale (*xTriticosecale* Wittmack) breeding. In: Al-Kayri, J.M., Jain, S.M. & Johnson, D.V. (eds.), *Advances in Plant Breeding Strategies: Cereals*, Volume 5, pp 405-452.
- Mut, Z., & Köse, Ö. D. E.** (2018). Tritikale genotiplerinin tane verimi ve bazı kalite özellikleri. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 33, 47-57 (Tr).
- Scapim, C. A., Oliveira, V. R., Braccini, A. L., Cruz, C. D., Andrade, C. A. B. & Vidigal M. C. G.** (2000). Yield stability in maize (*Zea mays* L.) and correlations among the parameters of the Eberhart and Russell, Lin and Binns and Huehn models. *Genet. Mol. Biol.*, 23(2), 387-393.
- Stoyanov, H., Baychev, V., & Mihova, G.** (2017). Analysis and assessment of yield ranking models in Triticale (*xTriticosecale* Wittm.) in contrasting environmental conditions. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, The Special Issue of 2nd International Balkan Agriculture Congress, May 16-18, 2017, 83-90.*
- Stoyanov, H.,** (2018). Reaction of Triticale (*xTriticosecale* Wittm.) to Abiotic Stress. PhD Thesis, General Toshevo, Bulgaria (Bg).
- Stoyanov, H., & Baychev, V.** (2018). Tendencies in the yield and its components of the Bulgarian varieties of triticale, grown under contrasting conditions of the environment. *Rasteniavadni nauki*, 55(3), 16-26 (Bg)
- Stoyanov, H.** (2021). Environment Adjusted Yield Model for Ranking and Stability Assessment of Winter Triticale (*xTriticosecale* Wittm.) Genotypes. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, 5(1), 141-157. doi: 10.29329/ijjaar.2021.339.11
- Tsenov, N. & Gubatov, T.** (2018). Comparison of basic methods for estimating the size and stability of grain yield in winter wheat. *Rasteniavadni nauki*, 55(5), 9-19 (Bg).
- Tsvetkov, S.** (1989). *Triticale*. Zemizdat, 126p. (Bg)
- Wójcik-Gront, E., & Studnicki, M.** (2021). Long-Term Yield Variability of Triticale (*xTriticosecale* Wittmack) Tested Using a CART Model. *Agriculture*, 11(2), 92. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/agriculture11020092>