https://doi.org/10.61308/IYLV3491

Оценка на перспективни линии сорго за зърно (*Sorghum vulgare var. Pers.*)

Калин Сланев[1*], Гергана Иванова-Ковачева[2]

[1]Земеделски институт – Шумен, Селскостопанска академия, София, България

[2]Институт по земеделие и семезнание "Образцов чифлик" – Русе, Селскостопанска академия, София, България

*Corresponding author: *kalin_3@abv.bg*

Гергана Иванова-Ковачева ORCID ID: 0000-0002-3169-7248

Резюме: Благодарение на своята сухоустойчивост и висока продуктивност соргото за зърно все повече се налага като култура, способна да осигури стабилен добив на зърно при зачестилите засушавания през последните години. Проучени са селекционирани в Земеделски институт перспективни линии сорго за зърно и е направена оценка на тяхната продуктивност и морфологична изравненост. Извършено е измерване на електропроводимостта на клетъчните мембрани на листата по време на активната вегетация на растенията, което може да бъде използвано като индикатор за устойчивостта на атмосферна суша. Проучваните линии сорго за зърно се отличават с добра морфологична изравненост и добив на зърно, което ги прави подходящи за по нататъшен отбор и внедряване в практиката.

Ключови думи: добив; засушаване; перспективни линии; сорго за зърно

Evaluation of prospective grain sorghum lines (*Sorghum vulgare var. Pers.*)

Kalin Slanev[1*], Gergana Ivanova-Kovacheva[2]

[1]Agricultural Institute – Shumen, Agricultural academy, Bulgaria

[2]Institute of Agriculture and Seed Science "Obraztsov Chiflik" – Rousse, Agricultural academy, Bulgaria

*Corresponding author email: *kalin_3@abv.bg*

Gergana Ivanova-Kovacheva ORCID ID: 0000-0002-3169-7248

Citation: Slanev, K., & Ivanova-Kovacheva, G. (2026). Evaluation of prospective grain sorghum lines (*Sorghum vulgare var. Pers.). Bulgarian Journal of Crop Science, 63*(5) 30-37 (Bg).

Abstract: Due to its drought resistance and high productivity, grain sorghum is increasingly becoming a crop capable of providing stable grain yields during the more frequent droughts in recent years. Promising grain sorghum lines selected at the Agricultural Institute were studied and their productivity and morphological uniformity were evaluated. The electrical conductivity of the cell membranes of the leaves was measured during the active vegetation of the plants, which can be used as an indicator of the resistance to atmospheric drought. The studied grain sorghum lines are distinguished by good morphological uniformity and grain yield, which makes them suitable for further selection and implementation in practice.

Keywords: yield; drought; perspective lines; grain sorghum

ВЪВЕДЕНИЕ

През последните години зачестяват засушаванията, в резултат на което се получават ниски и незадоволителни добиви и се поставят на сериозно изпитание земеделските култури в нашата страна. Това налага да се тър-

сят и внедряват в производството нови сухоустойчиви видове и сортове. Благодарение на високата си сухоустойчивост и пластичност, сорго за зърно намира все по-широко приложение в България за получаването на стабилен добив фуражно зърно при зачестилите екстремни засушавания.

Сорго образува силно развита коренова система, която достига до 2.5 – 3 m дълбочина в почвата, и може да осигури сравнително високи добиви при неблагоприятни условия (Gramatikov et al., 2002; Stone et al., 2002; Moroke et al., 2005). В агрометеорологичните райони с недостатъчно валежи то може да бъде предпочетена култура за подобряването на фуражния баланс (Krastev and Kikindonov, 2002;Kikindonov and Slanev, 2008). Сорго е и важен източник на хранителни вещества за хората. В семената му се съдържат въглехидрати, протеини и микроелементи с добра хранителна стойност. Поради относително ниската смилаемост на протеини и нишесте в зърното, то има голям потенциал за управление на теглото и затлъстяването, а тъй като не съдържа глутен, може да бъде препоръчвано като безопасна храна за пациенти с целиакия (Kasarda, 2001; Taylor et al., 2006; Pontieri et al., 2013).

Основна задача при селекцията на сорго за зърно е получаването на висок и стабилен добив и пригодност към механизирано прибиране (Lafarge et al., 2002). Това предполага създаването на форми с ниски стъбла с изправени и големи метлици (De Weet et all., 1972).

Добивът зърно е комплексен признак, който характеризира стопанската ценност на сортовете и хибридите сорго за зърно. Той е полигенно обусловен и се влияе силно от факторите на околната среда. Познанията за факторите и признаците са необходими при съставянето на програма за ефективна селекция (Smith and Frederiksen, 2000).

Целта на изследването е да се проучат някои от перспективните линии сорго във връзка с тяхната морфологична изравненост по някои основни показатели, формиращи продуктивността на зърно и изследване на електропроводимостта на клетъчните мембрани на листата при сорго, което може да бъде използвано като индикатор за устойчивостта на атмосферна суша.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

В Земеделски институт, гр. Шумен са проучени 12 перспективни линии белозърнесто сорго, специализирани популации на сорт *Максибел,* и са изследвани зависимостите между някои от основните признаци, формиращи добива зърно.

Опитите са заложени на карбонатен черноземе при неполивни условия след предшественик захарно цвекло. Използван е методът на дългите парцелки в четири реда с четири повторения и големина на реколтната парцелка от 10,8 m^2. Сеитбената норма е 26 000 кълняеми семена на декар при 70 cm междуредово разстояние. По време на вегетацията е следвана възприетата агротехника за културата (Enchev et al., 2020) с прилагане на всички необходими агротехнически и растителнозащитни мероприятия. Прибирането на опита е извършено ръчно. От всички селекционни варианти са отчетени по 20 растения за определяне на признаците височина на растението, дължина и тегло на метлицата.

Електропроводимостта на листни мембрани е определена в лабораторни условия, кондуктометрично при навлизане на изследваните селекционни образци във фенологична фаза „6$^{-ти}$ лист" и „изметляване". За изготвяне на средната проба за анализ са вземани здрави, с нормален тургор и без следи от повреди, листа на 5 случайно избрани растения във всяка от опитните парцелки. Електропроводимостта на водния извлек, получен след двучасово инкубиране на пробите в термостат при температура 42°C, е измерена с кондуктометър "COND 51" (Pavlova et al., 2005). Като стандарт е използван *Максибел* – български сорт сорго с бяло оцветяване на зърното.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

В климатично отношение 2023 и 2024 г. бяха топли и сухи с валежи значително под нормата – съответно по 275 mm и 180,7 mm при средна норма от 310 mm за периода на вегетацията от април до септември. Особенно суха бе 2024 г. И през двете години валежите бяха разпределени неравномерно по време на вегетацията, което се отрази и върху проучваните параметри.

Наблюдаваната динамика на метеорологичните фактори през отделните години и взаимодействието й с генотипа оказва влияние за формиране на различия в проучваните перспективни линии сорго за зърно. Анализът на изменчивостта сочи, че силно влияние върху изменчивостта на отделните признаци оказват условията през отделните години.

Данните са обработени по методите на вариационната статистика (Lidanski, 1988).

Резултатите, получени при извършените биометрични измервания на проучваните перспективни линии сорго за зърно през 2023 г., са представени в Таблица 1.

Статистическият анализ на данните, получени при измерването на височината на растенията и дължината на метлицата, показва добра изравненост на изпитваните варианти в рамките на съответните популации. Сравнително ниските стойности на коефициента на вариация при определяне на признаците „височина" ($VC_{ср.}$ 9,14 %) и „дължина на метлицата" ($VC_{ср.}$ 11,74 %) са индикатор за добра изравненост на вариантите по отношение на посочените параметри.

С най-къса метлица се отличават линиите *MBi-9* и *Bi-11*, със съответно 15,8 и 16,2 cm, а по отношение на признака „височина на растението" те се нареждат след линията *Bi-14*, при която са формирани най-ниските растения (59,3 cm). При пет от проучваните линии е установено, че височината им надвишава тази на сорт *Максибел* (71,8 cm) като в особено голяма степен това се отнася за популациите на линии *MBi-6* – 76,6 cm и *MBN* – 76,0 cm.

Най-голяма дължина на метлицата (22,4 cm) е установена при линия *MBi-10*, която се нарежда и сред линиите с най-добри показатели по признака „височина на растенията"

Таблица 1. Изменчивост на признаци при перспективни линии сорго за зърно, 2023 г.
Table 1. Trait variability in perspective grain sorghum lines, 2023

Варианти/ Variants	Височина, cm/ Height, cm			Дължина на метлица, cm/ Panicle length, cm			Тегло метлица, g/ Panicle weight, g			Добив, kg/ da/ Yield kg/da
	$\bar{x}$	VC%	P%	$\bar{x}$	VC%	P%	$\bar{x}$	VC%	P%	
MBi-10	75,4	8,46	2,13	22,4	9,22	0,69	45,85	31,07	4,75	302,02
MBi-7	70,8	12,54	2,81	19,6	11,83	0,73	39,06	47,14	5,82	252,82
MBi-6	76,6	10,75	2,60	19,9	12,64	0,80	42,70	23,38	3,16	256,42
MBi-8	74,5	8,45	1,99	20,1	9,80	0,62	37,30	36,93	4,36	183,91
MBi-9	64,1	7,44	1,51	15,8	10,25	0,51	36,19	24,48	2,80	227,18
Bi-11	64,3	13,36	2,72	16,2	19,48	1,00	31,36	63,45	6,29	183,79
Bi-14	59,3	8,85	1,66	17,7	11,00	0,62	24,41	31,32	2,42	165,00
Bi-15	64,9	6,43	1,32	18,3	9,31	0,54	30,63	53,56	5,19	187,42
MBV	67,3	8,69	1,85	18,1	11,19	0,64	35,31	31,30	3,50	208,22
Bi-13	64,6	16,88	3,45	17,5	12,42	0,69	25,01	40,73	3,22	146,94
MBN	76,0	5,34	1,28	19,6	10,26	0,64	47,55	48,28	7,26	301,27
Bi-16	72,0	5,11	1,16	16,9	15,14	0,81	55,08	40,38	7,03	307,17
Максибел/ Maxibel	71,8	6,5	1,5	20,7	10,1	1,8	43,8	24,5	6,7	251,24

(75,4 cm). Ниските стойности на коефициента на вариация и на статистическата грешка показват добра изравненост и стабилност на растителната популация.

Вижда се, че стойностите, отчетени при определяне теглото на метлицата, варират в широки граници – от 24,41 g и 25,01 g при линии *Bi-14* и *Bi-13* до 55,08 g при линия *Bi-16.* Средното тегло на метлицата при проучваните 12 перспективни линии е 37,54 g, а на сорт Максибел – 43,8 g.

Стойностите на коефициента на вариация (VC 39,34 % средно за изпитваните варианти) доказват посочената по-горе неоднородност на резултатите. Най-голяма изравненост по отношение теглото на метлицата установяваме при популациите на линии *MBi-6* и *MBi-9* с коефициент на вариация (VC) съответно 23,38 и 24,48 %.

Добивът е определен след реколтиране на вариантите и е преизчислен към влага от 14 %. От представените в таблицата резултати се вижда, че той варира в изключително широки граници – от 146,94 kg/da за линия *Bi-13* до 307,17 kg/da за линия *Bi-16*. Прави впечатление, че добивът, получен при четири от проучваните линии, надвишава този на сорт *Максибел* (251,24 kg/da) с 2 % до 22 %. Средният добив от 12-те линии сорго за зърно възлиза на 226,85 kg/da.

В Таблица 2 са представени резултатите от извършените биометрични измервания на някои перспективни линии сорго за зърно през 2024 г. Анализът на данните, получени при измерване на височината на растенията и дължината на метлицата, и направеният статистически анализ показва добра изравненост на изпитваните варианти по посочените признаци. Налице е значително вариране на получените стойности между отделните популации.

Височината на растенията в проучваните перспективни линии сорго за зърно се движи в много широки граници – от 68,60 cm и 68,70 cm за линии *MBi-9* и *Bi-16* до 104,50 cm за линия *MBi-10.* Средната височина на растенията от 12-те изпитвани линии е 80,72 cm, като в три от популациите тя превишава тази на сорт *Максибел* (86,1 cm). Ниските стойности на коефициента на вариация (VC, %) – от 3,93

Таблица 2. Изменчивост на признаци при перспективни линии сорго за зърно, 2024 г.
Table 2. Trait variability in perspective grain sorghum lines, 2024

Варианти/ Variants	Височина, cm/ Height, cm			Дължина на метлица, cm/ Panicle length, cm			Тегло метлица, g/ Panicle weight, g			Добив, kg/ da/ Yield kg/da
	$\bar{x}$	VC%	P%	$\bar{x}$	VC%	P%	$\bar{x}$	VC%	P%	
MBi-10	104,50	10,19	3,37	22,30	11,39	0,80	64,41	28,82	5,87	231,74
MBi-7	93,30	6,72	1,98	23,40	10,31	0,76	87,95	29,02	8,07	325,50
MBi-6	83,50	8,66	2,29	22,90	9,75	0,71	64,88	34,17	7,01	363,32
MBi-8	71,50	13,91	3,15	15,50	10,20	0,50	71,53	15,18	3,43	383,88
MBi-9	68,60	8,45	1,83	17,90	20,31	1,15	56,08	45,57	8,08	306,06
Bi-11	73,50	7,94	1,85	20,90	9,95	0,66	72,61	35,63	8,18	437,01
Bi-14	93,20	8,64	2,55	26,40	9,65	0,81	82,08	22,64	5,88	451,80
Bi-15	85,40	12,67	3,42	20,00	6,24	0,39	52,59	46,68	7,76	218,51
MBV	79,20	7,31	1,83	26,00	9,93	0,82	62,22	55,59	10,94	268,92
Bi-13	73,80	3,93	0,92	21,20	7,31	0,49	80,70	27,95	7,13	395,72
MBN	73,40	15,96	3,70	19,50	12,15	0,75	67,82	35,44	7,60	360,97
Bi-16	68,70	10,04	2,18	19,90	4,40	0,28	69,62	15,39	3,39	368,54
Maxibel	86,1	8,5	1,2	22,7	5,7	1,3	70,9	18,6	4,2	383,75

% (линия *Bi*-13) до 15,96 % (MBN) са доказателство за добрата изравненост на проучваните популации по показателя „височина на растенията".

По признака „дължина на метлицата" ясно се отличават линиите *Bi-14* (26,40 cm) и *MBV* (26,00 cm), които значително превишават установената, средна за проучваните линии, дължина от 21,33 cm. Най-къси метлици са се развили при линии *MBi-8* и *MBi-9*, съответно 15,5 cm и 17,9 cm. Заедно с линия *Bi-16* (68,70 cm), линиите *MBi-8* (71.50 cm) и *MBi-9* (68.60 cm) се нареждат сред популациите, формирали най-ниските растения.

Установена е сравнително добра изравненост на вариантите и по признак „дължина на метлицата". Отчетените стойности на коефициента на вариация от 4,40 % за линия *Bi*-16 до 20,31 % за линия *MBi*-9 са доказателство за слаба дисперсия на резултатите, а ниските стойности на статистическата грешка – от 0,28 % до 1,15 % свидетелстват за стабилността на разглеждания признак. Най-ниско тегло на метлицата (52,59 g) е измерено при *Bi-15*, следван от *MBi-9* (56,08 g).

Статистическата обработка на получените данни показва слаба изравненост на популациите на линии *MBV, Bi-15, MBi-9, Bi-11, MBN* и *MBi-6* по признака „тегло метлица". Коефициентът на вариация (VC от 55,59 % до 34,17 %) превишава значително границите, в рамките на които работната извадка би могла да бъде приета за еднородна. Популациите на останалите изпитвани линии са сравнително добре изравнени като при *MBi-8* (VC 15,18 %) и *Bi-16* (VC 15,35 %) са отчетени и най-ниските стойности на статистическа грешка.

Добивът от проучваните линии сорго за зърно през 2024 г. варира в широки граници – от 218,51 kg/da при *Bi-15* до 451,80 kg/da при *Bi-14* като за сорт *Максибел* той е 383,75 kg/da. Средно за проучваните линии полученият добив възлиза на 342,66 kg/da.

Pavlova et al. (2005) използва електропроводимостта на клетъчните мембрани на листата като индикатор за устойчивостта на атмосферна суша на селекционни форми при обикновената пшеница. Аналогични изследвания са проведени от Ivanova-Kovacheva et al. (2015) за откриване на устойчиви на атмосферна суша линии и хибриди царевица.

Към настоящия момент в литературата няма информация за подобни изследвания, провеждани в България, при сорго за зърно. Данните, получени при измерването на електропроводимостта на клетъчните мембрани в периода на активната вегетация на културата биха могли да бъдат използвани като елемент от селекцията за устойчивост. Високите стойности на електропроводимостта на водния извлек, получен при двучасово инкубиране в термостат на листни проби от проучваните растения, предполагат преминаване на по-голямо количество хранителни вещества през клетъчните мембрани при изпарението на водата в междуклетъчните пространства в процеса на транспирация. Ниските стойности на отчетената електропроводимост се приемат за индикатор за висока устойчивост на атмосферно засушаване.

Данните, получени при определяне устойчивостта на атмосферна суша на 12-те селекционни линии сорго за зърно през 2023 г., са представени в Таблица 3. Във фенологична фаза „6-ти лист" електропроводимостта на листни мембрани на проучваните дванадесет популации сорго за зърно се движи в границите от 49,4 $\mu S.cm^{-1}$ при линия *Bi-13* до 266,7 $\mu S.cm^{-1}$ при линия *MBi-9*. Висока устойчивост на атмосферно засушаване е установена и при линии *Bi-13*, *Bi-14* (57,9 $\mu S.cm^{-1}$) и *MBN* (64,2 $\mu S.cm^{-1}$). Като средно устойчиви се очертават линиите *MBV* (80,2 $\mu S.cm^{-1}$), *Bi-16* (84,3 $\mu S.cm^{-1}$) и *Bi-15* (88,9 $\mu S.cm^{-1}$). Висока електропроводимост на листните мембрани, респективно – ниска устойчивост на атмосферно засушаване, имат линиите *MBi-10*, *MBi-8* и *MBi-7*.

Установената във фенофаза „изметляване" устойчивост на атмосфрено засушаване варира сравнително слабо между проучваните линии. Най-ниските измерени стойности на електропроводимостта на листни мембрани са при линии *Bi-15* (32,5 $\mu S.cm^{-1}$) и *MBi-8* (32,9

μS.cm^{-1}), а най-високите – при *MBi-7* (56,9 μS.cm^{-1}) и *MBN* (52,9 μS.cm^{-1}). Прави впечатление, че, за разлика от останалите изпитвани линии, устойчивостта на засушаване на *Bi-13* остава непроменена при преминаването от фенофаза „6-ти лист" към „изметляване".

Таблица 3. Електропроводимост на листни мембрани при сорго за зърно, 2023 г.
Table 3. Electrical conductivity of leaf membranes in grain sorghum, 2023

Вариант/ Variant	**Електропроводимост на листни мембрани, μS.cm^{-1} Electrical conductivity of leaf membranes, μS.cm^{-1}**		
	Фаза „6-ти лист"/ Phase "6th leaf"	**Фаза „Изметляване"/ Phase "Sweeping"**	**Средно/ Average**
MBi-10	173,8	36,9	105,4
MBi-7	145,2	56,9	101,1
MBi-6	116,5	40,9	78,7
MBi-8	168,7	32,9	100,8
MBi-9	266,7	37,8	152,3
Bi-11	142,0	47,0	94,5
Bi-14	57,9	36,0	47,0
Bi-15	88,9	32,5	60,7
MBV	80,2	35,2	57,7
Bi-13	49,4	48,2	48,8
MBN	64,2	52,9	58,6
Bi-16	84,3	43,6	63,9
Maxibel	79,0	36,5	57,8

Таблица 4. Електропроводимост на листни мембрани при сорго за зърно, 2024 г.
Table 4. Electrical conductivity of leaf membranes in grain sorghum, 2024

Вариант/ Variant	**Електропроводимост на листни мембрани, μS.cm^{-1}/ Electrical conductivity of leaf membranes, μS.cm^{-1}**		
	Фаза „6-ти лист"/ Phase "6th leaf"	**Фаза„Изметляване"/ Phase "Sweeping"**	**Средно/ Average**
MBi-10	65,6	121,2	93,4
MBi-7	80,8	120,0	100,4
MBi-6	68,8	145,4	107,1
MBi-8	62,2	127,5	94,9
MBi-9	63,4	145,5	104,5
Bi-11	60,4	140,6	100,5
Bi-14	57,1	142,1	99,6
Bi-15	68,2	117,8	93,0
MBV	70,2	142,7	106,4
Bi-13	67,0	141,9	104,4
MBN	62,1	158,2	110,2
Bi-16	62,6	146,5	104,5
Maxibel	76,0	130,0	103,0

Средно за вегетацията на сорго през 2023 година най-високи стойности на електропроводимостта на листни мембрани, съответно най-слаба устойчивост на атмосферно засушаване е установена при линия *MBi-9* – 152,3 μS.cm^{-1}. При линии *Bi-14* и *Bi-13* е отчетена най-висока устойчивост, съответно 47,0 μS.cm^{-1} и 48,8 μS.cm^{-1}.

Отчетените стойности на електропроводимостта на листни мембрани при проучваните популации на сорго за зърно през 2024 г (Таблица 4) варират значително през целия период на вегетацията на растенията в по-голяма степен във фаза „изметляване" и в по-малка – във фаза „6-ти лист".

Най-висока устойчивост на атмосферно засушаване във фенологична фаза „6-ти лист" е установена при популациите на линии *Bi-14* (57,1 μS.cm^{-1}) и *Bi-11* (60,4 μS.cm^{-1}). Висока устойчивост са проявили и линиите *MB ниско* и *Bi-14*, съответно с 62,1 μS.cm^{-1} и 62,6 μS.cm^{-1}. Като чувствителна към високи температури и ниска влажност на атмосферния въздуха се откроява линия *MBi-7* (80,8 μS.cm^{-1}).

Електропроводимостта на листни мембрани във фаза „изметляване" варира от 117,8 μS.cm^{-1} при *Bi-15* до 158,2 μS.cm^{-1} при *MBN*. Налице са съществени разлики в устойчивостта на атмосферна суша на изследваните популации в двете фази на фенологичното им развитие. Линиите *Bi-15* и *MBN*, които проявяват висока устойчивост във фаза „6-ти лист" са сред линиите, показали най-ниска устойчовост при определяне на електропроводимостта на листните мембрани във фаза „изметляване".

Средно за отчитания вегетационен период по-висока устойчивост на атмосферно засушаване, в сравнение със сорт *Максибел*, е установена при шест от проучваните линии сорго за зърно – *Bi-15* (93,0 μS.cm^{-1}), *MBi-10* (93,4 μS.cm^{-1}), *MBi-8* (94,9 μS.cm^{-1}), *Bi-14* (99,6 μS.cm^{-1}), *MBi-7* (100,4 μS.cm^{-1}) и *Bi-11* (100,5 μS.cm^{-1}). Най-голяма чувствителност към недостига на влага в атмосферния въздух показват популациите на линии *MBN*, *MBi-6* и *MBV*, при които отчетените стойности на електропроводимостта на листни мембрани са съответно: 110,2 μS.cm^{-1}, 107,1 μS.cm^{-1} и 106,4 μS.cm^{-1}.

ИЗВОДИ

Проведеното проучване на специализирани популации на сорт *Максибел* позволява да бъдат отличени линиите с добра морфологична изравненост и добив на зърно, които да бъдат включени в следващите етапи на селекционната програма на Земеделски институт – Шумен за по нататъшен отбор и внедряване в практиката. Внимание заслужават линии *Bi-16*, *MBi-10*, *MBi-9* и *MBi-6*, които показват добра изравненост на фона на неблагоприятните метеорологични условия по време на вегетацията през двугодишния период на изследването.

Измерването на електропроводимостта на клетъчните мембрани на листата по време на активната вегетация на растенията може да бъде използвано като индикатор за устойчивостта на атмосферна суша при сорго за зърно, но е необходимо последващо проучване на връзката между устойчивостта на растенията на засушаване и получените добиви.

ЛИТЕРАТУРА

De Weet, J., Harlan, R., & Price, E. G. (1972). Evolutionary dynamics of Sorghum domestication. *Origins of African Plant Domestication*, № 56, *Burg Wartenstein Symp.*

Enchev, S., Slanev, K., Mehmed, A., Serafimov, P., & Golubinova, I. (2020). Technology for producing green fodder from Sudan grass.

Gramatikov, B., Zarkov, B., &Tanchev, D. (2002). Sorghum – an alternative crop for dry conditions. *Sadovo. Anniversary scientific session. Collection of scientific reports*, I, 102-106.

Ivanova-Kovacheva, G., Ivanov, L., & Ivanova, I. (2015). Study on the drought resistance of maize genotypes with paternal component line 139 96 B for breeding purposes. *Izvestia na Sayuza na uchenite*, *3*(7), 106-109.

Kasarda, D. D. (2001). Grains in relation to celiac disease. *Cereal Foods World*, 46(5), 209-210.

Kikindonov, T., & Slanev, K. (2008). Productivity and chemical composition of grain in sorghum varieties. *Bulgarian Journal of Crop Science, 45*(6), 531-534.

Krastev S., Kikindonov Ts. (2002). Sorghum - an alternative crop. Compendium "Model for effective agricultural science", Shumen (BG)

Lafarge, T. A., Broad, I. J., & Hammer, G. L. (2002). Tillering in grain sorghum over a wide range of population densities: identification of a common hierarchy for tiller emergence, leaf area development and fertility. *Annals of Botany*, *90*(1), 87-98.

Lidanski, T. (1988). Statistical methods in biology and agriculture, *Zemizdat,* Sofia (Bg).

Moroke, T. S., Schwartz, R. C., Brown, K. W., & Juo, A. S. R. (2005). Soil water depletion and root distribution of three dryland crops. *Soil Science Society of America Journal*, *69*(1), 197-205.

Pavlova, S., Dochev, V., & Todorov, I. (2005). Comparative evaluation of lines of common wheat (Triticum aestivum L.) according to some physiological parameters. *Izvestia na Sayuza na uchenite*, *3*(5), 28-31.

Pontieri, P., Mamone, G., De Caro, S., Tuinstra, M. R., Roemer, E., Okot, J., ... & Del Giudice, L. (2013). Sorghum, a healthy and gluten-free food for celiac patients as demonstrated by genome, biochemical, and immunochemical analyses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *61*(10), 2565-2571.

Smith, C. W., & Frederiksen, R. A. (Eds.). (2000). *Sorghum: origin, history, technology, and production*. John Wiley & Sons. Texas University.

Stone, L. R., Goodrum, D. E., Schlegel, A. J., Jaafar, M. N., & Khan, A. H. (2002). Water depletion depth of grain sorghum and sunflower in the central high plains. *Agronomy Journal*, *94*(4), 936-943.

Taylor, J. R., Schober, T. J., & Bean, S. R. (2006). Novel food and non-food uses for sorghum and millets. *Journal of cereal science*, *44*(3), 252-271.

Received: September, 02, 2026; *Approved:* October, 11, 2026; *Published:* October, 2026