

ХАРАКТЕРИСТИКА НА МУТАНТНИ ЛИНИИ СОРГО (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

ИРЕНА ГОЛУБИНОВА*, ПЛАМЕН МАРИНОВ-СЕРАФИМОВ, АННА ИЛИЕВА

Институт по фуражни култури, Плевен

*E-mail: golubinoва@abv.bg

Characteristic of Mutant Lines Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

I. Golubinoва*, P. Marinov-Serafimov, A. Ilieva

Institute of Forage Crops, Pleven, Bulgaria

Abstract

In the 2011 – 2013 period of the first experimental field of the Institute of Forage Crops – Pleven under field conditions 14 mutant lines for grain sorghum were tested. Phenological observations, biometric measurements were performed and determined the content of condensed tannins in the grain for each mutant forms. With regard to the parameters studied over the years of the study revealed one way data only mutant line M1 in which the length of panicle and grain weight of a panicle statistically significant ($P = 0.05$) exceed the standard – Verdon, allowing the line to be used in selection programs such as parental component because of its high productivity. It was found that the content of condensed tannins in all mutant lines ranges from 3.4% to 3.8% while for M10 and M11 reaches 4.1% of absolute dry weight.

Key words: *Sorghum bicolor* (L.) Moench, sorghum, mutant lines

Соргото (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) е една от петте основни зърнени култури, отглеждана в полузасушливи райони и/или с ограничена възможност за напояване в над 85 страни по света, благодарение на толерантността си към неблагоприятните почвено-климатични условия на средата (висока солеустойчивост, сухо- и топлоустойчивост, невзискателност към почвата) (Doggett, 1988; Agrama, Tuinstra, 2003). Напоследък соргото е доказана суровина и за производство на биоенергия, включително и в неплодородни почви (Rooney, 2004; Wang et al., 2008). Въпреки безспорните си предимства, соргото у нас намира слабо приложение поради недоброто му познаване и неразвятия пазар (Кикиндонов и др., 2013).

Селекцията на съвременните сортове е насочена към подобряване на количествените и качествени показатели на зърното, намаляване на антихранителните вещества, скъсяване на вегетационния период, повишаване устойчивостта на някои листни болести и стъблено гниене (Кикиндонов, Сланев, 2013). У нас през

различни периоди има спорадични проучвания на интродуцирани сортове, но едва през последните години се провежда целенасочена селекция чрез хибридизация при соргото за зърно в ЗИ – Шумен (Кикиндонов, 2013; Кикиндонов, Сланев, 2013; Slanev, 2013). Друг добре познат подход при подобряването на културите чрез увеличаване на генетичната изменчивост, е и мутационната селекция (Larik, Jamro, 1993; Larik et al., 1999). Известно е, че третирането на семена увеличава мутационната честота, стимулира генните рекомбинации и разширява спектъра на мутациите (Micke, 1996). Предимствата на експерименталния мутагенез за подобряване на съществуващи или създаване на нови генотипове със стопански ценни изменения, както и липсата на цялостни проучвания у нас конкретно при соргото за зърно, са предпоставка за провеждане на такива изследвания.

Целта на настоящото проучване беше да се направи характеристика на мутантни линии сорго по някои морфологични, агробиологични и биохимични показатели.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Изследванията са проведени през периода 2011 – 2013 г. в опитното поле на Института по фуражни култури – Плевен върху почвено различие Излужен Карбонатен Чернозем при предшественик – овес. Проследявани са следните фактори: Фактор А – мутантни линии сорго, получени чрез третиране с 0,3% DES (Diethyl sulfate purum > 99% C₄H₁₀O₄S – Fluka) през 2005 година: a₁ - Линия М1; a₂ - Линия М2; a₃ - Линия М3; a₄ - Линия М4; a₅ - Линия М5; a₆ - Линия М6; a₇ - Линия М7; a₈ - Линия М8; a₉ - Линия М9; a₁₀ - Линия М10; a₁₁ - Линия М11; a₁₂ - Линия М12; a₁₃ - Линия М13; a₁₄ - Линия М14, a₁₅ - Сорт Verdon (стандарт). Фактор В – среда (години): b₁ - 2011; b₂ – 2012 и b₃ – 2013. Сеитбата на мутантните линии е извършвана ръчно в лехи (с дължина 2 m при междуредово разстояние 70 cm) с последователно нареждане на вариантите и повторенията при неполивни условия, съгласно технология за отглеждане на сорго за зърно и силаж (Дечев и др., 1987).

През вегетационния период са извършвани: фенологични наблюдения – от поникване (ВВСН 09-10) до пълна зрялост (ВВСН-89), съгласно ВВСН-скалата на Meier (2001); продължителност на вегетационния период, брой дни; биометрични измервания – височина на централното стъбло, (cm) дължина на метлицата, (cm) тегло на една метлица, (g) тегло на зърното от една метлица (g); биохимичен анализ за съдържание на кондензирани танини (Terrill et al., 1992) в зърното за всяка от мутантните форми. Получените резултати са обработени математико-статистически с програмния продукт Statistica 10.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Средните стойности за вегетационните периоди (2011 – 2013 г.) се характеризират с разнообразие по отношение на основните метеорологични показатели (табл. 1) – температурата на въздуха средно за 2011, 2012 и 2013 година се отличава с над нормални стойности, надвишаващи средната многогодишна съответно с +0,6, +2,6 и +1,0 °С. Относителната влажност на въздуха се характеризира с поднормални стойности (от -27,4 до +6,0%) в сравнение със същите за многогодишния период. Разпределението на сумите на валеж е крайно неравномерно, като стойностите през

2011 и 2012 г. са съответно 13,6% и 29,7% под средните многогодишни за същите периоди, а през 2013 г.– ги надвишават с 12,0%.

По отношение на количеството на валежите и температурите през вегетационните периоди (IV – IX) на 2011 и 2012 г., същите се определят като сухи $I_{ar} - DM = 18,97$ и $I_{ar} - DM = 14,66$ (по De Martonne), докато 2013 г. е със стойност на показателя ($I_{ar} - DM = 24,21$) над средното за многогодишния период (табл. 1).

В агрометеорологично отношение периодът на проучване се характеризира с различие в количеството и разпределението на валежите през вегетацията на соргото. През 2011 г. по време на сеитбата количеството на валежите съставлява 57,9% от средно многогодишните стойности, но въпреки това позволи поникването и развитието на културата. Последвалото относително слабо засушаване през юни с валежи, съставляващи 53,3% от стойностите на средномногогодишния период, съчетани с относително високи среднодневни температури на въздуха (+0,2°C), са основна причина за формиране на относително по-ниски стъбла и по-къси метлици.

Сравнително благоприятно е разпределението на валежите през 2012 г. в началните етапи от развитието на соргото (табл. 1). Сумата на валежите през април и май е близка или е над нормата (от 95,1 до 123,1%) в сравнение със стойностите за многогодишния период (1964 – 2009). Стойностите на средноденонощната относителна влажност на въздуха за изследвания период се движат в границите от 54% до 71% при средноденонощна температура на въздуха от 14,8 до 17,4 °С. С удължаване периода на вегетация (юни-септември) се наблюдава ясна тенденция към засушаване във фенофази ВВСН 69-73 от развитието на соргото. Стойностите на средноденонощната температура на въздуха за изследвания период се движат в границите от 21,0 до 27,7 °С, които са по-високи с 2,7 до 4,2 °С в сравнение със същите за средномногогодишния период, а количеството на валежите е в поднормални граници, вариращо по месеци от 2,31 до 89,0%.

В агрометеорологично отношение през 2013 година по време на сеитбата на соргото количеството на валежите за района (IV – 48,7 mm) съставлява 104,1% от средно многогодишните стойности, което създава относително оп-

тимални условия за поникване и развитие на културата (табл. 1). Сравнително благоприятно е разпределението на валежите през вегетационния период на соргото, които до края на вегетацията варират в границите от 28,1 до 62,9 mm и съставляват от 29,8% до 397,2% от средномногогодишните стойности. Наднормените стойности на количеството на валежите през месеците юни и юли и повишените среднодневни температури на въздуха (от 0,1 до 2,3 °C), създават условия за компенсационни процеси в развитието на относително по-късно поникналите растения, без да се установява негативно влияние върху продуктивните им възможности в края на вегетацията.

Продължителността на вегетационния период (ВВСН 10-89) през годините на проучва-

не при всички мутантни линии варира в границите от 130 до 138 дни и превишават от 4,83 до 6,56% стандарта Verdon, като разликите са статистически доказани при $P = 0,05$ (табл. 2).

Височината на растенията в края на вегетацията за всички мутантни линии през изследвания период варира в широк диапазон от 73,3 до 131,8 cm и значително (от 3,34 до 60,40%) превишават стандарта Verdon. Нарастването на мутантните линии зависи от конкретните агроклиматични условия през периода на изследване.

В години с относително слабо засушаване (2011) и аридност $I_{ar} - DM = 18,97$, както и с благоприятно разпределение на валежите през вегетационния период на 2013 г. и $I_{ar} - DM = 24,21$, мутантните линии нарастват интензив-

Таблица 1. Метеорологични показатели за годините на проучване и средно за периода 2011 – 2013 г.
Table 1. Meteorological indicators during the years of study and period average 2011 – 2013

Period of study	Vegetation period						Average for IV – IX, t °C
	The average monthly temperature of the air, t °C						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
2011	11.4	16.8	21.4	23.4	23.6	22.0	19.8
2012	14.8	17.4	24.1	27.7	25.7	21.0	21.8
2013	14.2	19.6	21.3	22.9	24.9	18.5	20.2
Amount for 45 years (1964 – 2009)	11.9	17.6	21.2	23.5	22.9	18.3	19.2
Period of study	Monthly rainfall, mm						Amount for IV – IX, mm
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
	2011	28.2	79.8	33.6	99.4	41.3	
2012	46.3	85.2	40.3	1.4	35.6	21.0	229.8
2013	50.7	63.7	111.6	106.1	20.2	13.7	366.2
Amount for 45 years (1964 – 2009)	48.7	62.9	62.8	60.6	46.0	46.0	326.9
Period of study	Relative humidity, %						Average for IV – IX, %
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
	2011	61	70	65	63	60	
2012	59	71	58	46	45	54	56
2013	65	60	66	61	52	56	60
Amount for 45 years (1964 – 2009)	66	67	66	62	62	66	65
Period of study	De Martonne aridity index, $I_{ar} - DM$						Average for IV – IX
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
	2011	15.8	35.7	12.8	35.7	14.8	
2012	22.9	38.9	14.2	0.4	12.0	8.1	14.66
2013	25.1	25.8	42.8	38.7	6.9	5.8	24.21
Amount for 45 years (1964 – 2009)	26.6	27.3	24.1	21.8	16.8	19.5	22.37

Таблица 2. Характеристика на мутантни линии сорго за зърно по някои количествени показатели средно за периода 2011 – 2013 г.
Table 2. Characterization of mutant lines of sorghum grain for some quantitative indicators on average for the period 2011 – 2013

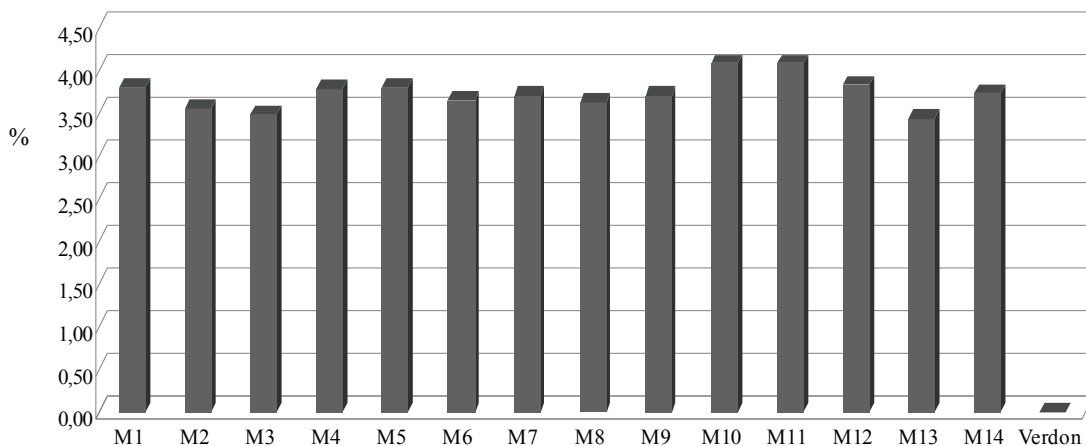
Variant	Vegetation period, days				Plant height, cm				Panicle length, cm				Weight of seeds of a panicle, g			
	2011	2012	2013	\bar{X}	2011	2012	2013	\bar{X}	2011	2012	2013	\bar{X}	2011	2012	2013	\bar{X}
Period	2011	2012	2013	\bar{X}	2011	2012	2013	\bar{X}	2011	2012	2013	\bar{X}	2011	2012	2013	\bar{X}
M1	130 ^a	138 ^a	130 ^a	133	96.00 ^{abc}	77.50 ^{ab}	129.5 ^{def}	88.21	22.71 ^{bc}	23.4 ^d	24.83 ^{bc}	23.00	31.64 ^d	26.60 ^d	40.6 ^{ab}	33.28
M2	130 ^a	138 ^a	130 ^a	133	104.38 ^{bcd}	74.43 ^{ab}	113.8 ^b	99.76	21.50 ^{bc}	21.33 ^{a-d}	23.83 ^{ab}	22.25	12.66 ^{abc}	17.70 ^a	45.52 ^{bcd}	24.03
M3	130 ^a	138 ^a	130 ^a	133	104.83 ^{bc}	83.13 ^{bc}	115.6 ^{bc}	102.08	23.00 ^{bc}	23.00 ^{cd}	25.17 ^{bcd}	23.76	10.72 ^a	25.08 ^{cd}	36.62 ^{ab}	24.08
M4	130 ^a	138 ^a	130 ^a	133	118.00 ^e	77.50 ^{abc}	128.0 ^{ef}	109.70	21.89 ^{bc}	22.00 ^{a-d}	27.33 ^e	23.48	11.79 ^{ab}	20.00 ^{abc}	61.88 ^{ef}	28.45
M5	130 ^a	138 ^a	130 ^a	133	117.67 ^e	73.33 ^a	123.6 ^{de}	108.27	25.67 ^d	21.00 ^{abc}	27.00 ^{de}	24.56	18.40 ^c	16.00 ^a	62.52 ^{ef}	32.31
M6	130 ^a	138 ^a	130 ^a	133	119.29 ^e	81.40 ^{abc}	114.6 ^{bc}	108.66	22.00 ^{bc}	22.75 ^{bcd}	25.83 ^{b-e}	23.53	14.34 ^{abc}	24.75 ^d	51.73 ^{cde}	29.94
M7	130 ^a	138 ^a	130 ^a	133	102.83 ^{bc}	84.33 ^{bc}	131.8 ^f	110.96	22.33 ^{bc}	23.20 ^{cd}	25.33 ^{b-e}	23.82	16.05 ^{abc}	24.74 ^{bcd}	44.42 ^{bc}	28.62
M8	130 ^a	138 ^a	130 ^a	133	96.00 ^{abc}	83.00 ^{bc}	124.9 ^{def}	103.16	23.00 ^{bc}	23.25 ^{cd}	25.17 ^{bcd}	23.78	15.74 ^{abc}	20.38 ^{abc}	57.92 ^{c-f}	30.83
M9	130 ^a	138 ^a	130 ^a	133	96.75 ^{abc}	85.67 ^{bc}	124.6 ^{de}	105.58	23.13 ^{bc}	20.00 ^a	25.17 ^{bcd}	22.95	15.83 ^{abc}	16.96 ^a	49.38 ^{b-e}	26.72
M10	130 ^a	138 ^a	130 ^a	133	97.89 ^{abc}	83.00 ^{bc}	127.8 ^{ef}	106.28	22.78 ^{bc}	21.60 ^{a-d}	25.17 ^{bcd}	23.20	17.96 ^c	19.30 ^{ab}	58.38 ^{c-f}	30.42
M11	130 ^a	138 ^a	130 ^a	133	104.4 ^{bcd}	76.80 ^{abc}	121.6 ^{cde}	106.10	24.20 ^{cd}	22.33 ^{bcd}	25.00 ^{bcd}	23.82	17.82 ^{bc}	20.37 ^{abc}	55.98 ^{c-f}	32.19
M12	130 ^a	138 ^a	130 ^a	133	105.5 ^{cd}	79.20 ^{abc}	122.8 ^{de}	107.30	21.25 ^b	20.75 ^{ab}	25.00 ^{bcd}	22.39	13.73 ^{abc}	18.48 ^a	54.68 ^{c-f}	28.43
M13	130 ^a	138 ^a	130 ^a	133	93.29 ^{ab}	85.00 ^{bc}	119.9 ^{bcd}	101.28	23.00 ^{bc}	22.00 ^{bcd}	26.00 ^{cde}	23.72	12.47 ^{abc}	15.42 ^a	67.83 ^g	31.74
M14	130 ^a	138 ^a	130 ^a	133	114.63 ^{de}	84.00 ^{bc}	125.3 ^{def}	111.42	23.00 ^{bc}	21.00 ^{ab}	25.17 ^{bcd}	23.17	13.55 ^{abc}	16.02 ^a	53.95 ^{c-f}	27.57
Verdon	122 ^b	131 ^b	124 ^b	126	86.67 ^a	77.00 ^{abc}	82.17 ^a	81.68	17.67 ^a	21.00 ^{ab}	22.50 ^a	20.31	10.67 ^a	15.40 ^a	58.78 ^{def}	29.89
Factor A	LSD _{P=0.05} 2.07				12.28				1.56				13.01			
Factor B	LSD _{P=0.05} 0.70				3.29				0.62				2.84			
Factor A x B	LSD _{P=0.05} 1.44				6.69				1.27				6.24			

Legend: a, b, c, d, e, f, g, h - statistically proven differences in P = 0.05 in relation to Factor A; \bar{X} - average for the period 2011 – 2013.

но и в края на вегетацията формират стъбла с височина от 93,3 до 131,8 cm, докато за същия период на 2012 г. при аридност $I_{ar} - DM = 14,66$, височината на растенията е в границите от 73,3 до 85,7 cm. С доказана положителна разлика ($P = 0,05$) спрямо стандарта по отношение дължината на метлицата в години със засушаване (2012), са мутантните линии с номера M1, M3, M7 и M8, докато в години, относително добре обезпечени с валежи (2011 и 2013), дължината на метлицата при проучва-

ните мутантни линии статистически доказано ($P = 0,05$) превишава стандарта Verdon от 4,5 до 45,3%. Независимо от различията в агрометеорологични условия през годините на изпитване, мутантните линии с номера M1, M3, M7 и M8 статистически значимо превишават стандарта при $P = 0,05$. Аналогични са и получените резултати по отношение показателя тегло на зърната от една метлица (табл. 2).

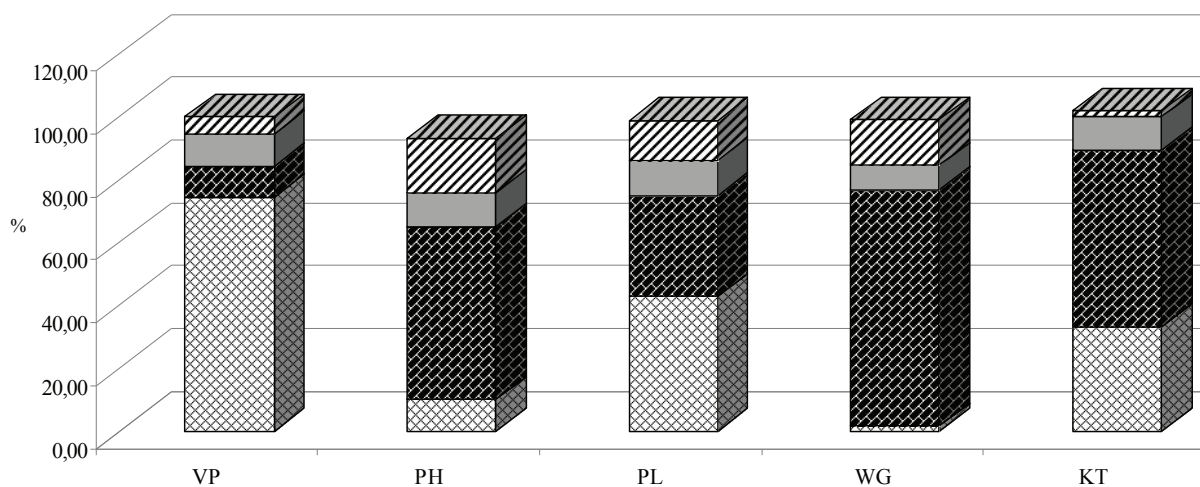
През 2011 г. при четири от мутантните линии (M1, M5, M10 и M11) теглото на зърната от



Фиг. 1. Съдържание на кондензирани танини в зърното при мутантни линии сорго, % абсолютно сухо вещество

Fig. 1. Contents of condensed tannins in the grain lines with mutant sorghum, % absolutely dry matter

☐ Фактор "А" Factor "A", η^2 ▨ Фактор "В" Factor "B", η^2 ▩ Фактор "А x В" Factor "A x B", η^2 ▤ Грешка Error

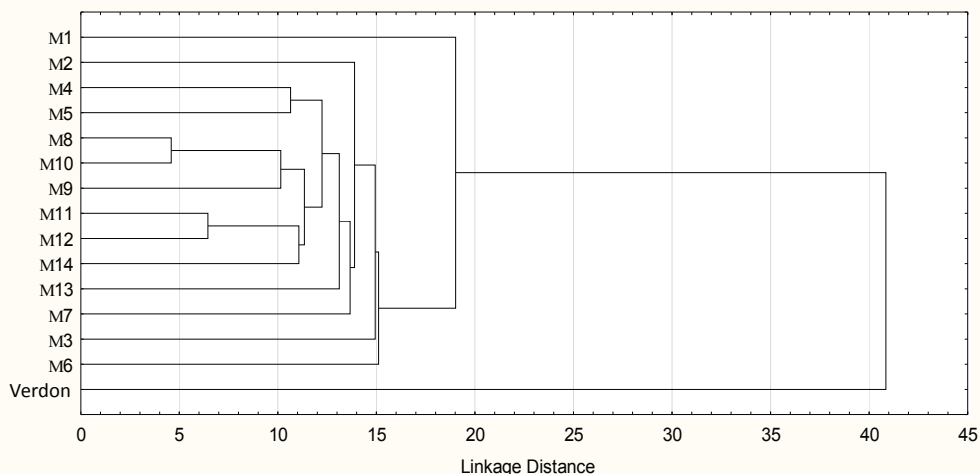


Легенда: VP - вегетационен период, дни; PH - височина на растенията, cm; PL - дължина на метлица, cm; WG - тегло на зърната от една метлица, g; CT - кондензирани танини, %.

Legend: VP - vegetation period, days; PH - plant height, cm; PL - panicle length, cm; WG - grain weight of a panicle, g; CT - condensed tannins, %.

Фиг. 2. Тежест на факторите върху факториалната равнина

Fig. 2. Weighting factors on the factorial plane



Фиг. 3. Дендрограма на стопанските, биологичните и биохимични показатели при мутантни линии сорго за зърно

Fig. 3. Dendrogram of economic, biological and biochemical parameters in sorghum mutant lines

една метлица превишава съответно с 296,5%, 72,5%, 68,3% и 67,0% стандарта Verdon, като разликите са статистически добре доказани, при $P = 0,05$. Четири от мутантните линии (M1, M3, M6 и M7) през 2012 г. показват статистически доказани положителни разлики спрямо стандарта. През 2013 г. само мутантна линия M13 е формирала статистически доказан ($P = 0,05$) по-висок добив на зърна от една метлица, от този на стандарта. Еднопосочност на данните по отношение на проучваните показатели за периода на изпитване (2011 – 2013 г.) е отчетена само при мутантна линия M1, при която дължината на метлицата и тегло на зърната от една метлица статистически значимо ($P = 0,05$) превишават стандарта Verdon.

Извършените биохимични анализи на мутантните линии за съдържание на кондензирани танини в зърното, средно за периода на проучването, са представени на фиг. 1.

Най-високо съдържание на кондензирани танини от 4,1% в зърното е установено при мутантни линии M10 и M11, докато при останалите линии съдържанието на кондензирани танини варира в границите от 3,4 до 3,8% от абсолютното сухо вещество. Наличието на кондензирани танини от 3,4 до 4,1% в зърното на проучваните мутантни линии сорго, могат да бъдат обяснени със специфичния тъмнокафяв цвят и пигментация на семенната обвивка. Според обобщените резултати, представени от Aerts et al. (1999), Barry et al. (2001) и Acuna et al. (2008), ниските и средните концентрации на кондензираните танини (от 1,0 до 6,0%) могат да окажат благоприятен ефект при полигастричните животни, предпазвайки ги от подуване и/или като

естествени антихелминтни средства. Високите концентрации (от 6,0 до 14%) оказват негативен ефект върху храносмилането и намаляват продуктивността на животните.

Резултатите от дисперсионните анализи за установяване тежестта (η^2) при йерархичното разпределение на варирането на факторите върху продължителността на вегетационния период ($\eta^2 = 47,51$) и дължината на метлицата ($\eta^2 = 42,87$) показват, че заемат относително голям дял от общото вариране, което се дължи на Фактор А (мутантните линии), но отстъпват значително на съдържанието на кондензирани танини в зърното, % ($\eta^2 = 33,15$), височината на растенията, cm ($\eta^2 = 10,03$) и теглото на зърно от една метлица, g ($\eta^2 = 1,70$) (фиг. 2).

Влиянието на средата (Фактор В) заема най-голям дял от общото вариране но само по отношение теглото на зърно от една метлица, g ($\eta^2 = 75,07$), съдържанието на кондензирани танини в зърното, % ($\eta^2 = 56,48$) и височината на растенията, cm ($\eta^2 = 55,0$), като разликите са статистически доказани при $P = 0,05$. Стойностите на вариансите на взаимодействието $A \times B$, заемат относително най-малък дял от общото вариране (η^2 от 0,11 до 11,08), въпреки че влиянието им е статистически доказано при $P = 0,05$.

За идентифициране сходството и подобие то на мутантните линии сорго спрямо стандарта Verdon е използван йерархичен кластерен анализ, въз основа на който на стойностите на анализирани количествени признаци и биохимични показатели е направено групиране по отношение сходството и отдалеченост на мутантните линии сорго, а резултатите от анализа са представени графично чрез дендрограма (фиг. 3).

Мутантните линии сорго са групирани в три клъстера в зависимост от разликите по анализирани елементи на продуктивността, морфологични и биохимични показатели. Първият съставлява 6,7% и е представен от стандарта сорт Verdon. Вторият клъстер е най-голям (86,6%) и обединява тринадесет мутантни линии, които по комплекса от изследвани количествени признаци и биохимични показатели не се открояват през годините на проучване.

Третият клъстер (6,7%) е представен от мутантна линия M1, която е най-отдалечена от стандарта по комплекса от признаци. Линията се отличава с относително стабилни и високи средни стойности по показателите дължина на метлицата и тегло на зърната от една метлица, независимо от агрометеорологичните условия през годините на проучване.

ИЗВОДИ

Еднопосочност на данните по отношение на проучваните показатели е отчетена само при мутантна линия M1, при която дължината на метлицата и тегло на зърната от една метлица статистически значимо ($P = 0,05$) превишават стандарта – Verdon, което позволява линията да бъде използвана в селекционните програми като родителски компонент поради високата си продуктивност, независимо от агрометеорологичните условия през годините на проучване.

Установено е, че съдържанието на кондензирани танини при всички мутантни линии варира в границите от 3,4 до 3,8%, докато при M10 и M11 достига до 4,1% от абсолютното сухо вещество.

ЛИТЕРАТУРА

Дечев, И., З. Цуков, Б. Граматиков, Д. Танчев, С. Иванов. 1987. Технология за отглеждане на сорго за зърно и силаж. Национален аграрно-промишлен съюз, София.

Кикиндонов, Цв. 2013. Резултати от селекцията на хибриди сорго за зърно, *Селскостопанска наука*, 46(3-4), 46-51

Кикиндонов, Ц., К. Сланев, Ст. Енчев, Г. Кикиндонов. 2012. Прояви на хетерозис в продуктивността на хибриди сорго за зърно. *Селскостопанска наука*, 45(4), 3-7

Кикиндонов, Цв., К. Сланев. 2013. Продуктивност на новия сорт сорго за зърно Максиред. *Растениевъзни науки*, 50(6), 38-30

Acuña, H., Concha, A., Figueroa, M. 2008. Condensed tannin concentrations of three Lotus species grown in different environments. *Chilean journal of agricultural research*, 68(1), 31-41

Aerts, R., T. Barry, W. McNabb. 1999. Polyphenols and agriculture: beneficial effects of proanthocyanidins in forages. *Agriculture. Ecosystems and Environment*, 75: 1-12

Barry, T., D. McNell, W. McNabb. 2001. Plant secondary compounds; their impact on forage nutritive value and upon animal production. Proceedings of the XIX International Grassland Congress. 445-452

Doggett, H. 1988. Sorghum. 2nd edition. New York: John Wiley.

House, L. R. 1985. A guide to sorghum breeding. Second Edition. ICRISAT International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics ICRISAT Patancheru P.O. Andhra Pradesh 502 324, India.

Larik, A. S., A. A. Kakar, M. A. Naz and M. A. Shaikh. 1999. Estimation of genetic parameters in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) crosses. *Sarhad journal of of agriculture*, 15(3): 203-204

Larik, A. S. and G. H. Jamro. 1993. Genotypic response to physical mutagens. Proc. 2nd All Pak. Int. Sci. Conf. December 20-30. p. 161-163

Larik, A. S., S. Memon, Z. A. Soomro. 2009. Radiation induced polygenic mutations in *Sorghum bicolor* L. *Journal of Agricultural Research*, 47(1): 11-19

Meier, U. 2001. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. BBCH Monograph. 2nd Edition. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, Bonn.

Micke, A. 1996. 70 years induced mutation to be reconsidered? *Mutation Breeding News Letter*, 42: 22-25

Oluwole, O. S., A. O. Onabolu, H. Link, H. Rosling. 2000. Persistence of tropical ataxic neuropathy in a Nigerian community. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 69(1), 96-101

Rooney, W. L. 2004. Sorghum improvement – integrating traditional and new technology to produce improved genotypes. *Advanced Agronomy*, 83: 37-109

Slanev, K. 2013. Productivity of grain sorghum pollinators and their hybrids. *Plant science*, 50(6): 7-10

Terrill, T., A. Rowan, C. Douglas, T. Barry. 1992. Determination of extractable and bound condensed tannin concentration in forage, plants protein concentrate meals and cereal grains. *Journal Science Food Agricultural*, 58: 321-329

Wang, D., S. Bean, J. McLaren, P. Seib, R. Madl, M. Tuinstra, Y. Shi, M. Lenz, X. Wu, R. Zhao. 2008. Grain sorghum is a viable feedstock for ethanol production. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 35(5), 313-320