

ХАРАКТЕРИСТИКА НА МУТАНТНИ ФОРМИ СУДАНКА *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.

ИРЕНА ГОЛУБИНОВА*, ПЛАМЕН МАРИНОВ-СЕРАФИМОВ, АННА ИЛИЕВА

Институт по фуражни култури, Плевен

*E-mail: golubinova@abv.bg

Characteristic of Mutant Forms Sudan Grass *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.

I. Golubanova, Pl. Marinov-Serafimov, A. Ilieva

Institute of Forage Crops, Pleven, Bulgaria

Abstract

During the period 2011 – 2013 in the experimental field of the Institute of Forage Crops, Pleven under field conditions was studied 20 mutant forms Sudan grass originating in the from three varieties Kazitachi (Japan), Vercors (USA) and Voronezhskaya 9 (Russia) obtained by irradiation of seeds with γ -rays (Cs^{137}) in the range of 200 – 300 Gy in 2008. An original characteristic of mutant forms obtained as a breeder signs importance and based on this created collection of 20 mutant forms possessing a set of signs and valuable biochemical characteristics, superior to the parents of more than one of the studied indication, which can be used successful in breeding programs in Sudan grass. Received new mutant forms of the three varieties Sudan grass, as M-200/286 and M-300/43 originating variety Kazitachi, M-300/69 and M-300/114 – origin Vercors and M-200/255 and M 200/256 – origin Voronejskaya 9 superior varieties starting with the best combination of a complex of economically valuable indicators. The field trial, as a result of mutation breeding by Sudan grass confirms and demonstrates the potential of experimental mutagenesis to create genetic diversity in Sudan grass, resulting in a created collection of mutants possessing a number of important biological and economic properties and attributes.

Key words: *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.), sudangrass, mutant forms, mutagenesis, gamma rays

В условията на намаляването на възобновяемите енергийни ресурси и променящия се климат, способстващ за компрометиране рентабилността на фуражното производство, се налага включването на нови и/или алтернативни култури в сеитбообращенията, каквато е суданската трева. Безспорните предимства при отглеждането (сухоустойчивост, солеустойчивост, откосност), използването (при уплътняване на сеитбообращенията, като покривна и подпокровна култура и плевелопотискащ компонент в биологичното земеделие) и стопанското приложение (паша, сено, силаж, производство на биогорива) на суданката като фуражно и житно растение, доведоха през последните години до увеличаване на интереса за нейното отглеждане в редица страни по света. Независимо че през различни години е водена опитна дейност по интродукция, сортоизпитване и селекция в институтите на ССА в Садово,

Плевен, Карнобат, Добрич и опитните станции в Средец и Търговище, у нас суданката е слабо използвана фуражна култура, но това по всяка вероятност се дължи на слабото познаване на новите сортове и технологии (Сланев, 2005; Кикиндонов и др., 2013).

В отговор на нуждите на фуражопроизводството и променящите се условия на средата, селекцията на суданката през последните десетилетия е ключов фактор за създаване на генетично разнообразие и повишаване продуктивността в редица европейски държави и у нас. През последните години в Земеделския институт – Шумен се води сортоизпитване и насочена селекция чрез методите на хибридизация при суданката и соргото (Сланев, 2005). Създаден е и първият български сорт суданка Ендже 1 (Кикиндонов, Сланев, 2011).

Използването на гама-лъчите в мутационната селекция при видовете от род *Sorghum* е

доказан селекционен метод за индуциране на наследствена изменчивост и/или подобряване на стопански ценни свойства и признаци като продуктивност (Li et al., 2001), сухоустойчивост (Song et al., 1993a; Human, Nakanishi, 2003) и устойчивост на болести и неприятели (Kostina et al., 1995), скъсяване на вегетационния период (Song et al., 1993b), повишаване комбинативната им способност като родителски форми за хибридизация (Kenga et al., 2005). У нас са публикувани крайно ограничени резултати от приложение на гама-лъчите за индуциране на генетично разнообразие при суданката (Голубинова, 2012; Голубинова, Гечев, 2012).

Целта на проучването беше да се направи характеристика на 20 мутантни форми суданка по някои морфологични, агробиологични и биохимични показатели.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Изследването е проведено през периода 2011 – 2013 г. в Института по фуражни култури – Плевен, при полски условия. Проучени са 20 мутантни форми суданка *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.) с произход от три сорта Kazitachi (Япония), Vercors (САЩ) и Воронежская 9 (Русия), получени от облъчването на семена с γ -лъчи (Cs^{137}) в диапазона 200 – 300 Gy през 2008 година. За контрола са използвани необлъчвани семена от изходните сортове. Опитът е залаган по безстандартните методи с последователно нареждане на вариантите и повторенията при неполивни условия.

По време на вегетацията са проведени фенологични наблюдения по ВВСН скалата на Meier (2001) при следните фенофази: а) от поникване (ВВСН-09-10) до отваряне на флаговия лист (ВВСН-47), б) от поникване (ВВСН-09-10) до пълна зрялост (ВВСН-89).

Отчетени са някои основни количествени признаци: височина на централното стъбло (ВВСН-47 и ВВСН-89), см; свежа биомаса на едно растение (ВВСН-47 и 89), g; облистеност, брой листа; ширина и дължина на листната петура, см, и листна повърхност средно за един лист, см² (ВВСН-47); дължина на метлицата, см; маса на метлицата, g; маса на зърното от една метлица, g; маса на оронената метлица, g.

Определено е съдържанието на суров протеин, фосфор, калций, сурови влакнини, водоразтворими захари и смилаемост *in vitro*

на сухото вещество в надземната биомаса на мутантни линии суданка. Пробите за биохимичен анализ са взети във фаза ВВСН-47, фиксирани за 10 min при температура 105 °C и изсушени при температура 60 °C до постоянно сухо тегло. Биохимичните анализи са извършени по следните методи: съдържание на суров протеин (СП), % – по класическия метод на Келдал (Сандев, 1979), след определяне на количеството азот (N) по формулата: $СП = N \times 6,25$; фосфор, % СВ – по ванадат-молибдатния метод на Герике и Кумис (Сандев, 1979); калций, % СВ – комплексометрично (Сандев, 1979); сурови влакнини (СВл), % СВ – Weende анализ (Сандев, 1979); водоразтворими захари (ВРЗ), % (Ермаков и др., 1987); смилаемост *in vitro* на сухото вещество, % СВ – (De Boever et al., 1986).

Математико-статистическата обработка на експерименталните данни е извършена с програмния продукт STATGRAPHICS plus for Windows и Statistica version 10.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

По отношение на количеството на валежите и температурите през вегетационния период (IV – IX) на 2011 и 2012 година, същите се определят като сухи $I_{ar} - DM = 18,97$ и $I_{ar} - DM = 14,66$ (по de Мартон), 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 суданката.

През 2011 г. по време на сеитбата на суданката количеството на валежите е 57,9% от средно многогодишните стойности, но въпреки това позволи поникването и развитието на културата (табл. 1). Последвалото относително слабо засушаване през юни (ВВСН 47) 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 редуциране височината на стъблата и дължината на метлиците.

Сравнително благоприятно е разпределението на валежите през 2012 г. в началните етапи от развитието на суданката. Сумата на валежите през април и май са близки или над нормалните (от 95,1 до 123,1%) в сравнение с многогодишния период (1964 – 2009 г.). Стой-

ностите 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. Стойностите на средноденонощната температура на въздуха за изследвания период са в границите от 21,0 до 27,7 °С, които са по-високи от 2.7 до 4.2 °С в сравнение със същите за периода 1964 – 2009 г., а количеството на валежите е под нормалните граници, вариращо по месеци от 2,31 до 89,0% (табл. 1).

В агрометеорологично отношение през 2013 г. по време на сеитбата на суданката количеството на валежите за района (IV – 48,7 mm) съставлява 104,1% от средно многогодишните стойности, което създава относително оптимални условия за поникване и развитие на културата. Сравнително благоприятно е разпределението на валежите през вегетационния период на суданката, които да края на вегетацията варират в границите

от 28,1 до 62,9 mm и съставляват от 29,8 до 397,2% от средно многогодишните стойности. Наднормените стойности на количеството на валежите през месеците юни и юли и повишените стойности на среднодневните температури на въздуха (от 0,1 до 2,3 °С), 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 (ВВСН – 89).

В табл. 2 е представена характеристика на 20 перспективни мутантни форми и трите изходни сорта по някои количествени показатели средно за периода 2011 – 2013 година. Представените данни за изследваните количествени и качествени показатели при мутантните форми суданка показват, че са отчетени достоверни различия ($P = 0,05$) по повече от един от изследваните количествени признаци спрямо съответните контролни варианти. Мутантните форми от трите сорта суданка се характеризират с комплекс от стопански полезни призна-

Таблица 1. Метеорологични показатели през 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, °C
	the average monthly emperature of the air, °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 перспективни мутантни форми по някои количествени показатели средно за периода 2011 – 2013 г.

Table 2. Characteristics of perspective mutant forms in some quantitative indicators on average for 2011 – 2013

Mutant forms	Parameters								
	Deviations in the vegetation period, days	Leaves, number	Average length of the leaves, cm	Average width of the leaves, cm	Height of plants, cm BBCH-47	Plant height, cm BBCH-89	Panicle length, cm	Weight of panicle, g	Weight of seeds of a panicle, g
Kazitachi	113	8-10	59.18	3.51	164.00	229.03	32.75	16.48	14.36
M-100/234	0	8-10	65.21	3.49	159.47	244.11	39.27*	19.45	17.61
M-100/272	0	8-9	62.48	3.61	154.16	224.97	33.48	17.02	16.92
M-200/20	0	9-10	59.97	3.96	173.75	218.25	37.18	28.13*	22.35*
M-200/48	+7	9-10	62.01	4.32	184.42	255.37	34.65	15.81	13.09
M-200/70	+7	10-11	67.45*	3.66	178.23	241.22	33.33	16.97	14.52
M-200/86	+7	9-10	73.72*	3.69	183.23	262.80*	42.22*	24.15*	21.99*
M-300/23	+6	8-9	63.61	3.15	157.53	212.58	31.33	14.56	11.88
M-300/43	-10	9-10	67.92*	4.77*	180.82	226.48	41.22*	28.34*	23.78*
Vercors	113	8-9	56.19	3.08	138.89	207.77	27.72	13.74	12.21
M-100/183	0	9-10	53.35	3.63	148.96	229.71	32.72*	26.01*	23.34*
M-00/8	0	8-9	62.83*	3.69	156.95	235.70	34.04*	17.98	15.04
M-200/93	-8	7-8	58.41	2.73	176.41*	242.03	30.08	10.64	8.84
M-200/110	0	8-9	59.90	4.23*	177.07*	248.03*	31.95	21.03	16.89
M-200/180	0	8-9	59.97	3.90	148.32	230.15	28.33	22.00	21.12*
M-300/69	0	8-9	68.62*	4.39*	151.12	237.55	28.69	15.55	14.58
M-300/114	0	9-10	65.13*	4.62*	168.70*	251.35*	37.22*	28.98*	26.24*
Voronejskaya 9	113	8-9	52.64	3.45	149.42	201.65	32.95	19.14	16.33
M-100/200	+7	10-12	62.74*	4.08*	161.07	222.42	36.59	22.33	20.10
M-100/212	0	10-11	61.61*	3.81*	157.28	219.10	34.49	20.75	18.27
M-200/255	+9	9-11	56.92	3.49	164.90	238.22*	38.16*	23.07	19.97
M-200/256	+9	10-11	59.11	3.81*	171.15*	243.30*	38.90*	24.39	22.10
M-300/169	0	9-10	62.93*	4.33*	164.07	212.40	34.49	15.86	12.34

* - Statistically proven differences in $P = 0.05$.

ци, превишаващи в различна степен този на изходните сортове, като по-добро облистване, ранозрялост, повишена семенна продуктивност и др.

Към мутантните форми с произход сорт Kazitachi се отнасят такива с признаци, превишаващи в различна степен изходния сорт. С добър семенен потенциал се открояват M-100/234, M-200/20, M-200/86 и M-300/43, при които големината на метлицата и теглото на семената средно от една метлица, доказано превишават контролата при $P = 0,05$. При мутантните форми M-100/272, M-200/48, M-200/70, M-300/23 и M-200/86 се наблюдава по-добра облистеност и формиране на по-високо цен-

трално стъбло в края на вегетативния и репродуктивния период, което определя по-добрия им продуктивен потенциал по отношение на формираната биомаса. M-200/70 се отличава и с формиране на 9-10 листа средно на едно растение. От мутантните форми с произход сорт Kazitachi с относително добро съчетание на стопански ценни признаци се открояват M-200/86 и M-300/43. Средно за периода на изследване M-200/86 формира добре озърнени метлици и 9-10 листа средно на едно растение, и дължина на листната петура, доказано надвишаваща контролата. В селекционно отношение линията представлява безспорен интерес с оглед отличните си продуктивни възможности.

Таблица 3. Характеристика на перспективни мутантни форми по някои биохимични показатели средно за периода 2011 – 2013 г.

Table 3. Characteristics of perspective mutant forms in certain biochemical indices average for the period 2011 – 2013

Mutant forms	Parameters						
	crude protein, % DM	crude fiber, % DM	Ca, % DM	P, % DM	water soluble sugars, %	the in vitro digestibility of dry matter, % DM	cyanogenic glycosides, NCH/100 g
Kazitachi	5.19	30.43	0.44	0.17	10.55	51.19	31.43
M-100/234	8.16	28.17	0.42	0.24	10.35	55.17	30.21
M-100/272	7.62	29.07	0.46	0.23	9.40	50.89	39.65
M-200/20	8.24	28.78	0.49	0.22	9.65	53.87	38.41
M-200/48	6.85	29.04	0.47	0.18	8.75	52.22	29.49
M-200/70	7.93	29.84	0.45	0.18	8.60	50.98	41.68
M-200/86	7.18	29.50	0.42	0.18	10.65	51.13	25.64
M-300/23	8.86	25.35	0.54	0.24	13.30	60.07	36.56
M-300/43	8.38	29.42	0.51	0.20	8.25	53.06	46.17
Vercors	8.51	26.46	0.31	0.19	9.25	56.85	4.99
M-100/183	8.07	26.35	0.34	0.16	12.20	57.27	3.05
M-00/8	8.94	24.66	0.36	0.18	11.30	60.17	40.20
M-200/93	7.97	26.41	0.32	0.18	11.70	57.06	7.87
M-200/110	8.51	27.76	0.41	0.20	9.25	56.58	32.63
M-200/180	7.25	26.77	0.36	0.18	10.50	56.82	37.61
M-300/69	7.04	26.95	0.38	0.18	9.80	54.80	46.21
M-300/114	6.84	25.45	0.41	0.18	12.75	57.49	33.18
Voronejskaya 9	8.06	29.76	0.32	0.23	10.60	54.25	31.21
M-100/200	7.11	31.03	0.38	0.25	10.25	48.58	75.68
M-100/212	9.18	28.86	0.35	0.26	8.25	54.15	34.57
M-200/255	7.87	28.94	0.37	0.25	10.60	54.27	21.90
M-200/256	7.94	27.26	0.40	0.28	10.40	53.77	16.93
M-300/169	8.31	28.38	0.40	0.24	8.15	53.23	23.59

Добра характеристика по отношение на количествените признаци притежава и М-300/43. Мутантната форма е с по-добра облистеност на едно растение преди изметляване (ВВСН-47) и средна ширина и дължина на един лист, доказано превишаващи изходния сорт. Откроява се с отличен темп на отрастване и формиране на надземна биомаса, като приключва вегетацията си с 10 дни по-рано спрямо изходния сорт. Притежава много добри продуктивни възможности по отношение добива на семена. Мутантната форма представлява интерес в селекционно отношение в направление добивност. И двете мутантни форми са с по-високи нива на суровия протеин, Са и Р и по-ниски нива на суровите влакнини (табл. 3). Циангликозидите са с незначителни отклонения спрямо контролния вариант.

Изследваните мутантни форми с произход

от сорт Vercors не се отличават по продължителност на вегетационния период с изключение на М-200/93 (табл. 2). Мутантните форми М-200/8, М-200/93, М-200/110 и М-300/69 съчетават комплекс от признаци (ширина и дължина на листата, височина на растенията) характеризиращи възможностите за формирането на по-голямо количество свежа биомаса. Растенията при М-300/69 са относително по-високи спрямо контролата и формират листни петури с доказано по-голяма ширина и дължина. Останалите мутантни форми М-100/183, М-200/180 и М-300/114 се отличават с доказано по-добра семенна продуктивност спрямо изходния сорт.

М-300/114 превишава изходния сорт по всички количествени признаци, което я прави ценна в селекционно отношение, поради много добрите си продуктивни възможности (бърз темп на отрастване, облистеност и формиране на

по-голямо количество свежа биомаса) и рано-зрялост. По стойностите на биохимичните показатели мутантните форми не се различават съществено от сорт Vercors.

При мутантните форми с произход Воронежская 9 прави впечатление формирането на по-мощни и с по-дълъг вегетационен период растения, като при М-100/200, М-100/212 и М-300/169 листните петури са доказано по-широки и по-дълги. Открояват се мутантните форми М-200/255 и М-200/256, характеризиращи се с добра облистеност, бърз темп на отрастване, изразяващ се с формиране на по-високо стъбло преди изметляване и в края на вегетацията, доказано превишаващи тези стойности при Воронежская 9. Мутантните форми формират доказано по-дълга и добре озърнена метлица, но са с по-дълъг вегетационен период. Стойностите на биохимичните показатели са близки или по-високи от тези на изходния сорт, като се отличават с по-високо съдържание в надземната биомаса на калций, фосфор и по-ниско – на сурови влакнини и циангликозиди. Мутантните форми представляват интерес поради по-добра си облистеност, по-високата интензивност на нарастване и силно увеличена листна петура.

Проведеният полски опит, като резултат от мутационната селекция при суданката, потвърждава потенциала и демонстрира възможностите на експерименталния мутагенез за създаване на изходно генетично разнообразие при суданката, в резултат на което е създадена колекция от мутантни форми, притежаващи редица важни биологични и стопански качества.

ИЗВОДИ

Направена е характеристика на 20 мутантни форми суданка по някои морфологични и биохимични показатели със селекционно значение, притежаващи комплекс от ценни признаци и биохимични показатели, превъзхождащи изходните форми по повече от един от проучваните признаци, които могат да бъдат използвани успешно в селекционните програми.

Получени са мутантни форми от три сорта суданка, като М-200/286 и М-300/43 с произход сорт Kazitachi, М-300/69 и М-300/114 – произход Vercors, и М-200/255 и М-200/256 – произход Воронежская 9, които превъзхождат изходните сортове с комплекс от редица важни биологични и стопански качества.

ЛИТЕРАТУРА

Голубинова, И., А. 2012. Проучване на възможностите за обогатяване на генетичното разнообразие при суданската трева (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.) чрез индуциране на мутации с гама-лъчи. Дисертация.

Голубинова, И., К. Гечев. 2012. Проучване върху мутагенната ефективност и мутагенната ефикасност на гама-лъчите при суданска трева (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.). *Селскостопанска наука*, 45(1): 42-51

Сандев, С. 1979. Химични методи за анализ на фуражите. *Земиздат*, София.

Сланев, К. 2005. Зависимости между някои признаци при сорго за зърно. *Екология и бъдеще*, 4: 2-3

Кикиндонов, Ц., К. Сланев. 2011. Продуктивност на новия сорт суданка Ендже-1. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 3(14): 564-575

Кикиндонов, Ц., К. Сланев, С. Енчев, Г. Кикиндонов. 2013. Прояви на хетерозис при соргосуданкови хибриди във фаза цъфтеж. *Растениевъдни науки*, 50: 3-6

Ермаков, А., В. Арасимович, Н. Ярош, Ю. Перауанский, Г. Луковникова, М. Икономова. 1987. Методи биохимического исследования растений. *Агропромиздат*, М., 134-135

De Boever, J., B. Cottyn, F. Buysse, F. Wainmann and J. Vanacker. 1986. The use of an enzymatic technique to predict digestibility metabolizable energy and net energy of compound feedstuffs for ruminants. *Animal Feed Sci. and Technol.*, 14: 203-214

Human, S., T. M. Nakanishi. 2003. Obtaining induced mutations of drought tolerance in sorghum. *Journal Radioisotopes*, 52(1): 15-21

Kenga, R., S. O. Alabi, S. C. Gupta. 2005. Heterosis and Combining Ability for Grain Yield and its Components in Induced Sorghum Mutants. *African Crop Science Journal*, 13(2): 143-152

Kostina, G. I., S. V. Kudanov, E. V. Morozov. 1995. Breeding fodder sorghum. *Kukuruz a i Sorgo*, 2: 17-18

Li, J. G., Liu, G. Q., Zhang, J., Jiang, X. C. 2001. Study on induced mutation of sorghum seeds on recoverable satellites. *Space Med. Eng. Beijing*, 14(1): 57-9

Song, G., Y. Su, C. Zhang. 1993a. Inducing effect of gamma radiation on sorghum under different temperature conditions. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 14(6): 267-270

Song, G., Y. Su, C. Zhang. 1993b. A study on M2 mature period and seed quality characters in sorghum irradiated by gamma - rays under ultralow temperature. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 14(5): 201-205