

ORIGINAL PAPER

**Влияние на метеорологичните условия върху натрупването на циангликозиди при техническо сорго (метла) (*Sorghum vulgare* var. *technicum* (Körn.))**

**Ирена Голубинова<sup>1</sup> • Пламен Маринов-Серафимов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Институт по фуражни култури – Плевен, 5800, България

**Автор за кореспонденция:** Ирена Голубинова; E-mail: golubinova@abv.bg

**Influence of meteorological conditions on the accumulation of cyanogenic glycosides in a broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* (Körn.))**

**Irena Golubanova<sup>1</sup> • Plamen Marinov-Serafimov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Forage Crops – Plevan, Bulgaria

**Corresponding Author:** Irena Golubanova; E-mail: golubinova@abv.bg

Received: September 2019 / Accepted: September 2019 /

Published: September 2019 © Author(s)

**Abstract**

*Golubanova, I. & Marinov-Serafimov, P. (2019). Influence of meteorological conditions on the accumulation of cyanogenic glycosides in a broomcorn Sorghum vulgare var. technicum (Körn.). Field Crops Studies, XII(3), 71-82.*

In comparative field experience at the Institute for Fodder Crops, Plevan has determined the content of cyanogenic glycosides in fresh above-ground biomass in five accessions of *Sorghum vulgare* var. *technicum* (Körn.) in four phenophases from culture development (BBCH-12÷13, BBCH-14÷15, BBCH-47 and BBCH-65÷69). Cyanogenic glycoside content in aboveground biomass in *Sorghum vulgare* var. *technicum* depending on the phenophase, variety and agrometeorological conditions in the years of study. The cyanoglycoside content of the *Sorghum vulgare* var. *technicum* in the above-ground biomass varies depending on the growth stages of development, the accessions (genotype) and the agrometeorological conditions

during the years of study. In years covered by rainfall and relatively lower average daily air temperatures, the cyanogenic glycosides content of the technical broth samples is higher (ranging from 27.4 to 136.59 mg/100 g dry matter in 2017). Under dry conditions and higher average temperatures, the content of cyanogenic glycosides is lower (2018 years is from 5.7 to 118.1 mg/100 g dry matter). Accumulation of cyanogenic glycosides in aboveground biomass of broomcorn is in negative correlation ( $r$  is -0.962 and -0.717) of air temperature, respectively.

**Key words:** Broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum*), Cyanogenic glycosides, Agrometeorological conditions, Cutting

## Въведение

Зачестилите екстремни засушавания през последните десетилетия, вследствие на глобалното затопляне на климата налага включването на нови и/или допълнителни енергийни и фуражни култури в сеитбообращенията. Като представител на род *Sorghum*, *Sorghum vulgare* var. *technicum* (Körn.) притежава типичната за вида екологична пластичност и откосност, което позволява формиране на надземна биомаса в периода на летните депресии на многогодишните житни фуражни треви.

Честите коситби, относително намаляват добива от свежа биомаса, но въпреки това остава сравнително висок в сравнение с другите фуражни житни треви в условия на засушаване (Chamble et al., 1995). Според проучванията на редица автори Bibi et al. 2010; Ćupina et al., 2007; Rao et al., 2015; Stefan, 2015, Mulatu and Kifle, 2016 видовете от род *Sorghum* притежават висок продуктивен потенциал и могат да осигурят фураж, за животновъдството, благодарение на повишената си устойчивост към неблагоприятните абиотични фактори (високи температури, продължително засушаване, високо рН на почвата и др.) и адаптивност към специфичните условия на средата. Подчергати са предимствата на всички видове от род *Sorghum* при отглеждането ѝ (сухоустойчивост, откосност, солеустойчивост), използване (при уплътняване на сеитбообращенията, като покривна и подпокривна култура, както и плевелоподтискащ компонент в биологичното земеделие) и стопанско приложение (фураж, семена, производство на биогорива, метли и др.), което е предпоставка за нарастване на интереса за отглеждането ѝ в световен мащаб.

Обобщените изследвания на Kunc et al. (1995); Erić et al. (2004) и Sunaga et al. (2005) показват, че видовете от род *Sorghum*, към които се отнася и *Sorghum vulgare* var. *technicum* натрупват в надземната си свежа биомаса алкалоида хордеин (около 0.07%) и циангликозида дурин ( $C_{14}H_{17}O_7N$ ). По данни на същите автори, натрупването на високи нива на циановодородна киселина над 1000 PPM (сухо вещество) може да причини бързо отравяне

на животните с летален край, тъй като се свързва с хемоглобина в кръвта и не позволява преноса на кислород до клетките на организма. Обикновено преживните животни са по-чувствителни на отравяне с HCN в сравнение с моногастричните животни, поради наличието в храносмилателния им тракт на микроорганизми, чиито ензими ускоряват хидролизата на цианогликозидите. Съвременните насоки на селекцията на *Sorghum vulgare* var. *technicum* са насочени към повишаване адаптивността, продуктивността от зелена и суха биомаса, облистеността, повишаване темпа на отрастване, устойчивост на болести, понижаване съдържанието на цианводородната киселина в зелената биомаса и др. (Drochioiu et al., 2008; Pandey, 2010; Khodabandeh et al., 2011; Ristić, 2012; Wang et al., 2014; Bhat et al., 2015; Sikora et al., 2016). Целта на проучването е да се определи динамиката на натрупване на циангликозиди при техническото сорго (метла) в различни фенофази от развитието и се установи връзката с агрометеорологичните условия.

## Материали и методи

Опитите са изведени през периода 2017-2018 година в опитното поле на Институт по фуражните култури – Плевен (43°37'70.80"N, 24°45'36.34"E) при надморска височина от 150 до 200 m и слаб южен наклон при неполивни условия върху излужен чернозем, подтип-слабо излужен чернозем, средно мощен, беден на хумус.

Обект на изследване са пет образеца *Sorghum vulgare* var. *technicum* (Körn.) (Таблица 1).

Таблица 1. Образци техническо сорго (метла)

Table 1. Accessions broomcorn (sorghum)

№	Наименование или код Name or code	Произход/Origine
1.	Szegedi 1023	Cereal Research Non-Profit Company, Szeged, Hungary
2.	S14	местна популация от района на Югоизточна България/ a local population from the region of Southeastern Bulgaria
3.	GL15A	местни популации от района на Централна Северна България/ a local population from the region of Central Northern Bulgaria
4.	PL16	
5.	MI 16N	

Образците са включени в два рандомизирани блокови опита - за фураж и семена в три повторения и големина на реколтната парцела 5m<sup>2</sup>. Обект на настоящото проучване е опита за семена, където във всички варианти е

проследено съдържанието на цианогенни гликозиди в надземната биомаса във фенофази ВВСН – 12÷13, ВВСН – 14÷15, ВВСН – 47 и ВВСН - 65÷69, определяна чрез единната система за класификация на фенологичните фази на развитие за моно- и дикотиледонни растения (ВВСН) (Meier, 2001). В лабораторни условия е извършен анализ на проби от надземна свежа биомаса, за определяне съдържанието на циангликозиди (Ermakov et al., 1987) по фенофази от развитието на растенията.

Проследени са някои метеорологични фактори за вегетационния период и по месеци: Средномесечна температура на въздуха,  $t^{\circ}\text{C}$  и Месечни суми на валежите, mm. Индексът на сухота (IDM) за вегетационния период на културата е определян по класическия метод на De Martonne (1926).

Дисперсионният и корелационен анализ на резултатите са извършени с STATGRAPHICS Plus for Windows Version 2.1 при LSD 0.05%. Силата на влияние на факторите при достоверен факториален вариант е определена чрез  $\eta^2$ , а статистическата обработка чрез  $\phi$ -теста на Фишер (Plohinskii, 1967).

## Резултати и обсъждане

По отношение на метеорологичните условия, годините на проучване значително се различават (Таблица 2). Неравномерно е количество на валежите през вегетационните периоди (IV–IX) на културата (Табл. 1). През 2017 година стойностите на месечните суми на валежите през месеците май и юни надхвърлят 2,5 и 2,7 пъти нормата за многогодишния период. Сумата на валеж за вегетационния период на 2017 година е с 47,9%, а през 2018 година с 7,9% по-висока от тази за многогодишния период (1964 – 2000г.). Значителна вариабилност, се установява и при средноденоношната температура на въздуха, като по-високи са стойностите за вегетацията през 2018 година, а с по-ниски стойности и през двете години е месец май (от  $-1,1$  до  $-0,8^{\circ}\text{C}$ ).

Съвместното въздействие на климатичните фактори - месечна сума на валежите и средномесечните температури на въздуха определят аридността през вегетационния период (III – IX), на 2017 година като влажен (IDM = 30,6), а на 2018 година като умерено сух (IDM = 24,7) (Таблица 2).

Характерно за видовете от род *Sorghum*, към които спада и техническото сорго (метла) е, че натрупват повече циангликозиди в свежата биомаса на младите растения и при определени стресови агроклиматични условия. При тези условия, свежата биомаса може да предизвика токсичен ефект при някои селскостопански животни дължащ се на цианводородната киселина, която се освобождава при ензимната хидролиза на гликозидите. Резултатите от проведеното сравнително проучване при образците техническото сорго (метла) показват различия по отношение съдържанието на циангликозиди в

началните етапи от развитието и към потенциалната възможност за използване на свежата биомаса за фураж без риск от интоксикация на селскостопанските животни. И през двете години най-високо е съдържанието на циангликозиди в свежата биомаса на младите растения (ВВСН 12÷13) от 136,9 до 57,0 mg/100g, които са с най-силна обмяна на веществата (Табл. 3).

Таблица 2. Метеорологични показатели по месеци  
Table 2. Meteorological indicators by months

Период/Period	Средномесечна температура на въздуха, t° C / Mean monthly air temperature, t° C						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Средно за III-X/ Average for III-X
1964–2000	11,7	17,5	21,0	23,1	22,5	18,2	17,1
2017	12,2	16,7	23,0	23,9	24,5	19,5	20,0
<i>отклонение/deviation</i>	0,5	-0,8	2	0,8	2	1,3	1,5
2018	16,9	19,6	21,8	22,9	24,0	18,9	20,7
<i>отклонение/deviation</i>	5,2	2,1	0,8	-0,2	1,5	0,7	1,7
Период/Period	Месечни суми на валежите, mm / Monthly rainfall, mm						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Сума за III-X/ Sum for III-X
1964–2000	49,4	62,7	64,2	57,1	41,8	43,0	351,5
2017	37,6	154,3	44,8	155,9	28,5	37,4	520,0
<i>отклонение/deviation</i>	-11,8	91,6	-19,4	98,8	-13,3	-5,6	23,38
2018	20,2	47,5	155,2	118,9	22,2	15,4	379,4
<i>отклонение/deviation</i>	-29,2	-15,2	91	61,8	-19,6	-27,6	-29,2
Период/Period	Индекс на аридност по De Martonne / De Martonne aridity index						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	За периода/ For the period
2017	20,3	69,3	16,3	55,2	9,9	15,2	30,6
2018	9,0	19,3	58,6	43,4	7,8	6,4	24,7
1964–2000	27,3	27,4	24,9	20,7	15,4	18,3	22,0

С увеличаване периода на вегетация и с нарастване на растенията на височина (ВВСН 14÷15), съдържанието на циангликозиди в свежата биомаса в тях намалява и е от 115,4 до 14,4 mg/100g. Във фенофаза начало на изметляване (ВВСН 47), стойностите на показателя са в минимални граници 57,2 до 7,8 от mg/100g. В по-старите листа и стъбла (ВВСН 6569) съдържанието на циангликозиди значително намалява (39,5 до 5,7 mg/100g). Практически цианидното отравяне е свързано с количеството консумирана продукция и физиологичното състояние и вида на животното, но нивата на HCN над 200 ppm в свежата биомаса са опасни. В сухата биомаса (фуражите) с повече от 500 ppm HCN трябва да се считат за потенциално токсични.

Съдържанието на циангликозиди при видовете от род *Sorghum* значително се увеличава при воден стрес (дъжд след горещо и сухо време), замръзване, изпасване и утъпкване от тревопасни животни, нападение от насекоми и варира в зависимост от вида и фенофазата на развитие на растенията (Sun et al., 2018).

Таблица 3. Динамика на натрупване на циангликозиди при образци техническо сорго (метла)

Table 3. Cyanogenic glycosides accumulation dynamics of broomcorn

Фенофаза/ growth stage	Образец / Accessions	Cyanogenic glycosides	%	Cyanogenic glycosides	%	Cyanogenic glycosides	%
		mg/100g dry biomass	St	mg/100g dry biomass	St	mg/100g dry biomass	St
		2017		2018		2017-2018	
ВВСН 12-13	Szegedi1023(St)	136,9	100,0	117,0	100,0	127,0	100,0
	S14	135,1	98,7	82,8	70,8	109,0	85,8
	GL15A	126,4	92,4	102,0	87,2	114,2	90,0
	PL16	118,8	86,8	118,1	100,9	118,5	93,3
	MI 16N	115,2	84,2	57,0	48,7*	86,1	67,8*
<i>Средно/Average</i>		<i>126,5</i>	<i>92,4</i>	<i>95,4</i>	<i>81,5</i>	<i>111,0</i>	<i>87,4</i>
ВВСН 14-15	Szegedi1023(St)	103,1	100,0	41,6	100,0	72,4	100,0
	S14	106,8	103,6	40,0	96,2	73,4	101,5
	GL15A	115,4	111,9	32,4	77,9	73,9	102,1
	PL16	95,8	92,9	37,5	90,1	66,7	92,1
	MI 16N	82,3	79,8	14,4	34,6*	48,4	66,8*
<i>Средно/Average</i>		<i>100,7</i>	<i>97,6</i>	<i>33,2</i>	<i>79,8</i>	<i>67,0</i>	<i>92,5</i>
ВВСН 47	Szegedi1023(St)	38,2	100,0	11,7	100,0	25,0	100,0
	S14	54,8	143,3	9,6	82,1	32,2	129,1
	GL15A	39,5	103,5	7,8	66,7	23,7	94,8
	PL16	57,2	149,7	11,3	96,6	34,3	137,3
	MI 16N	52,7	137,9	10,8	92,3	31,8	127,3
<i>Средно/Average</i>		<i>48,5</i>	<i>126,9</i>	<i>10,2</i>	<i>87,5</i>	<i>29,4</i>	<i>117,7</i>
ВВСН 65-69	Szegedi1023(St)	32,4	100,0	7,1	100,0	19,8	100,0
	S14	39,5	122,2	6,9	97,2	23,2	117,5
	GL15A	27,4	84,6	5,7	80,3	16,6	83,8
	PL16	37,4	115,7	7,1	100,0	22,3	112,7
	MI 16N	36,4	112,4	6,1	85,9	21,3	107,6
<i>Средно/Average</i>		<i>34,6</i>	<i>107,0</i>	<i>6,6</i>	<i>92,7</i>	<i>20,6</i>	<i>104,3</i>

Забележка: \* Достоверните различия в натрупването на циангликозиди са изчислени чрез „φ“-теста на Фишер при  $t$  крит ( $P \geq 0.05$ ).

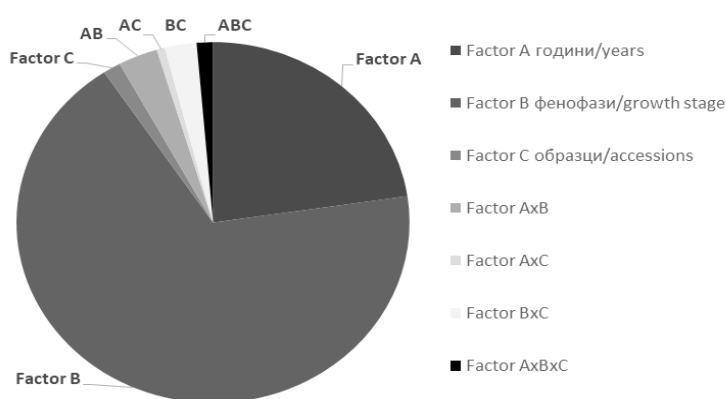
Таблица 4. Корелационни зависимости между натрупването на циангликозиди при образци техническо сорго и някои метеорологични фактори  
 Table 4. Correlation interaction between accumulation of cyanogenic glycosides in broomcorn and some weather factors

	BBCH		Средна денонощна температура на въздуха, t° C/ Daily average temperature, t° C	Сума на валеж, mm/ Rainfall sum, mm	Средна денонощна относителна влажност на въздуха, %	Относителна влажност на въздуха 14h, %/ Relative humidity for 14h, %
2017	BBCH 9-10 BBCH 12-13	Szegedi1023(St)	14,6	81,9	69,2	53,9
		S14	14,6	81,9	69,2	53,9
		GL15A	14,6	81,9	69,2	53,9
		PL16	14,6	81,9	69,2	53,9
		MI 16N	14,6	81,9	69,2	53,9
	BBCH 12-13 BBCH 14-15	Szegedi1023(St)	17,7	99,7	75,9	58,6
		S14	17,7	99,7	75,9	58,6
		GL15A	17,7	99,7	75,9	58,6
		PL16	17,7	99,7	75,9	58,6
		MI 16N	17,7	99,7	75,9	58,6
	BBCH14-15 BBCH 47	Szegedi1023(St)	21,8	43,2	68,5	52,4
		S14	21,8	43,2	68,5	52,4
		GL15A	22,5	43,2	67,3	50,4
		PL16	22,5	43,2	67,3	50,4
		MI 16N	22,5	43,2	67,3	50,4
	BBCH 47 BBCH 65-69	Szegedi1023(St)	25,3	139,0	62,7	42,0
		S14	25,3	139,0	62,7	42,0
		GL15A	25,7	139,0	62,4	43,2
		PL16	25,7	139,0	62,4	43,2
		MI 16N	25,7	139,0	62,4	43,2
		<i>r</i>	<i>-0.962</i>	<i>-0.172</i>	<i>0.657</i>	<i>0.746</i>
2018	BBCH 9-10 BBCH 12-13	Szegedi1023(St)	19,1	6,8	60,4	39,2
		S14	19,1	6,8	60,4	39,2
		GL15A	19,1	6,8	60,4	39,2
		PL16	19,1	6,8	60,4	39,2
		MI 16N	19,1	6,8	60,4	39,2
	BBCH 12-13 BBCH 14-15	Szegedi1023(St)	20,6	41,3	66,2	44,2
		S14	20,6	41,3	66,2	44,2
		GL15A	20,6	41,3	66,2	44,2
		PL16	20,6	41,3	66,2	44,2
		MI 16N	20,6	41,3	66,2	44,2
	BBCH14-15 BBCH 47	Szegedi1023(St)	22,8	39,1	73,0	53,0
		S14	22,8	39,1	73,0	53,0
		GL15A	22,9	44,3	70,5	50,6
		PL16	22,9	44,3	70,5	50,6
		MI 16N	22,9	44,3	70,5	50,6
	BBCH 47 BBCH 65-69	Szegedi1023(St)	20,1	132,3	72,3	61,5
		S14	20,1	132,3	72,3	61,5
		GL15A	20,9	146,9	73,2	64,3
		PL16	20,9	146,9	73,2	64,3
		MI 16N	20,9	146,9	73,2	64,3
		<i>r</i>	<i>-0.717</i>	<i>-0.664</i>	<i>-0.907</i>	<i>-0.769</i>

Варирането в съдържанието на циангликозиди в надземната биомаса при образците техническо сорго (метла) е и генетично обусловено. За условията на Централна Северна България през отчетния период с най-високо съдържание

на циангликозиди е MI16N, а с най-ниско PL16 при всички фенофази. Останалите образци заемат междинно положение, което може да бъде обяснено с генетични различия, тъй като сравненията между тях са направени при еднакви агроекологични условия.

Установено е, че метеорологичните условия и през двете години на проучване оказват влияние върху съдържанието на циангликозиди по фенофази при всички образци техническо сорго (метла). Отчетените стойности на циангликозидите в свежата биомаса и през двете години са относително ниски и не се различават значително между отделните образци. Установени са отрицателни корелационни зависимости между съдържанието на циангликозидите и средно денонощната температура на въздуха ( $r$  е съответно  $-0.962$  и  $-0.717$ ) (Таблица 4). Въпреки, че не се установяват корелационни зависимости между съдържанието на циангликозидите в свежата биомаса и месечните суми на валеж, правят впечатление по-ниските нива на циангликозидите за всички фенофази през 2018 година. За условията на проучването е установено, че в години обезпечени с валежи и относително по-ниски средно денонощни температури на въздуха, общото съдържание на циангликозиди при образците техническо сорго (метла) е по-високо (през 2017 година варират от 34.6 до 126.5 mg/100 g сухо вещество), докато в условия на засушаване и по-високи средно дневни температури е по-ниско (2018 година е от 20.5 до 114.3 mg/100 g сухо вещество). Това наблюдение се потвърждава и от Wheeler et al. (1990), които стигат до заключението, че наличието на засушавания с кратка продължителност могат да доведат до намаляване на нивото на циангликозидите.



Фигура 1. Тежест на факторите в общата дисперсия върху натрупването на циангликозиди при техническо сорго (метла).

Figure 1. Degree of influence of factors in the total dispersion on the accumulation of cyanoglycosides in broomcorn.



Резултатите от дисперсионният анализ за установяване тежестта на проучваните фактори (фенофаза, образец и година на проучване) върху натрупването на циангликозиди, показват, че най-голям дял от общото вариране се дължи на Фактор В (фенофази) ( $\eta^2=68,0$ ), което е доказано при  $P=0,001$  (Фиг. 1).

Влиянието на Фактор А (години на проучване) – заема по-малък дял от общото вариране ( $\eta^2=22,7$ ), а най-малък е делът на Фактор С (образци) – ( $\eta^2=22,7$ ). Стойностите на вариансите, отнасящи се до взаимодействието на проучваните фактори, са с относително по-малък дял от общото вариране, като най-значимо е взаимодействието на Фактор АxВ ( $\eta^2=3,2$ ), а разликите са статистически недоказани.

Акумулирането на циангликозиди в надземната биомаса на техническо сорго (метла) е генотипно обусловено за вида. В относително по-големи количества циангликозидите се акумулират в по-ранните фенофази на развитие, както и като защитна мярка на растенията при стресови условия. В по-късните репродуктивни фенофази нивото на циангликозидите намалява.

В голяма степен влияние за увеличаване нивото на циангликозидите оказват и метеорологичните фактори (рязко засушаване и застудяване, валежи след сухо и горещо време), както и от почвеното плодородие, приложение на хербициди, стрес от покосяване, изпасване от животни и нападение от насекоми и други. Въпреки влиянието на метеорологичните условия и други стресови условия, нивото на циангликозидите в свежата биомаса след ВВСН 14-15 значително намалява. В сухата биомаса нивото на циангликозидите е значително по-ниско.

## Изводи

Съдържанието на циангликозиди в надземната биомаса при техническото сорго (метла) (*Sorghum vulgare* var. *technicum*) варира в зависимост от фенофазата на развитие, образца (генотипа) и агрометеорологичните условия през годините на проучване.

За условията на изследването е установено, че акумулирането на циангликозиди в надземната биомаса на техническо сорго (метла) е в отрицателна корелационна зависимост ( $r$  е съответно  $-0.962$  и  $-0.717$ ) от температурата на въздуха.

От изследваните образци с най-високо съдържание на циангликозиди е местна популация М116N, а с най-ниско при PL16 при всички фенофази. След начало на изметляване (ВВСН 14-15), съдържанието на циангликозиди значително намалява.

В години обезпечени с валежи и относително по-ниски средноденонощни температури на въздуха, съдържанието на циангликозиди при образците

техническото сорго (метла) е по-високо (през 2017 година варираат от 27.4 до 136.9 mg/100 g сухо вещество), докато в условия на засушаване и по-високи среднодневни температури, съдържанието е по-ниско (2018 година е от 5.7 до 118.1 mg/100 g сухо вещество).

## Литература References

- Bhat, B.V., Balakrishna, D., Madhu, P. & Patil, J.V. (2015). Genetic Engineering for Novel Traits. In Sorghum Molecular Breeding, pp. 217-226. Springer India.
- Bibi, A., Sadaqat, H. A., Akram, H. M., Khan, T. M. & Usman, B. F. (2010). Physiological and agronomic responses of sudangrass to water stress. *Journal of Agricultural Research*, 48(3):369-380.
- Ćupina, B., Pejić, B., Erić, P., Krstić, Đ. & Vučković, S. (2007). Particularities in agronomy of forage sorghum and Sudan grass in agro-ecological conditions of Vojvodina province. *Zbornik radova, Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 44(1):291-300.
- De Martonne E., 1926. Une nouvelle fonction climatologique: L'indice d'aridité. *La Meteorologie*, 449-458.
- Drochioiu, G., Arsene, C., Murariu, M., & Oniscu, C. (2008). Analysis of cyanogens with resorcinol and picrate. *Food and Chemical Toxicology*, 46:3540–3545.
- Erić, P., Đukić, D. & Stanisavljević, R., (2004). Effect of plant height on hcn level in the forages of forage sorghum and sudan grass. *Acta agriculturae Serbica*, 9:349-354.
- Ermakov, A.I., Arasimovich, V.V., Smirnova-Ikonnikova, M.I., Yarosh, N.P. & Lukovnikova, G.A. (1972). Methods for the biochemical analysis of plants. No.Ed. 2 pp.456pp. ref.116.
- Khodabandeh, H., Shahrokhi, S., Ajalli, J. & K. Siami. (2011). Comparison of greenbug, *Schizaphis graminum* (Rondani) biology on broomcorn, grain sorghum and wheat. 2011 International Conference on Biology, Environment and Chemistry IPCBEE vol.24 IACSIT Press, Singapore.
- Kunc, V., Latkovska, M., Krajnović, M. & Berenji, J.B. (1995). Three year study on HCN content in forage sorghums and Sudan grasses. *Zbornik Matice Srpske za prirodne nauke*, Novi Sad, 89:53-61.
- Meier, U. (2001). Growth stages of mono-and dicotyledonous plants. BBCH Monograph. 2. Edition, Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, <http://pub.jki.bund.de/index.php/BBCH/article/viewFile/515/464>.
- Mulatu, W. & Kifle, G.E.G. (2016). Evaluation of Some Botanicals and Sorghum Varieties and landraces for the Management of Maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motsch.(Coleoptera: Curculionidae) (Doctoral dissertation, Haramaya University).

- 
- Pandey, A.K. (2010). Developing low-HCN producing forage sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] using antisense approach. Ph.D. Thesis. Jawaharlal Nehru Technological University, Hyderabad, India.
- Rao, P.S., Prakasham, R.S., Rao, P.P. & Chopra, S. (2015). *Sorghum* as a sustainable feedstock for biofuels. In: Jose S, Bhaskar T (eds) *Biomass and biofuels*. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, pp. 2–48.
- Ristić, D., (2012). Characterization of fusarium species pathogen for *Sorghum* [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] in Serbia and genotype susceptibility. University of Belgrade, Faculty of agriculture. Ph.D Thesis, Belgrade.
- Sikora, V., Popovic, V., Zoric, M., Latkovic, D., Filipovic, V., Tatic, M., & Ikanovic, J. (2016). An agro-technological characterization of south-easterneuropean broomcorn landraces. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 53(3), 567-576.
- Stefan, M. (2015). The sorghum varieties – more profitable and safer for a continuous climate change. *Competitiveness of Agro-Food and Environmental Economy*, 377.
- Stoltenow, Ch. & Lardy, G. (1998). Prussic acid poisoning. North Dakota Univ. NDSU, Extension Services, V-1150, pp. 1-4.
- Strickland, G., Richards, C., Zhang, H. & Step, D. L. (2017). Prussic acid poisoning. PSS-2904. Oklahoma Coop. Ext. Serv., Stillwater.
- Sun, Z., Zhang, K., Chen, C. & Wu, Y. (2018). Biosynthesis and regulation of cyanogenic glycoside production in forage plants. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 102: 9–16.
- Sunaga, Y., Harada, H. & Hatanaka, T. (2005). Varietal differences in nitrate nitrogen concentration of Sudangrass (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf). *Grassland Science*, 51(2):169-177.
- Wang, Y., Upadhyaya, H. & Kole, Ch. (2014). Genetics, Genomics and Breeding of Sorghum. CRC Press, Taylor & Francis Group. A science publish book. ISBN-13:978-1-4822-1008-8.

