

Влияние на вегетационното приложение на хербициди върху качеството на силаж от *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]

Ирена Голубинова^{1*}, Пламен Маринов-Серафимов¹, Наташа
Гьорговска², Весна Левков²

¹Институт по фуражните култури, 5800 Плевен, Република България,
Селскостопанска академия, 1373, София, България

²Св. Кирил и Методий, Институт по животновъдни науки, Скопие, Република
Северна Македония

Effect of Vegetative Application of Herbicides on the Quality of Silage from *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]

Irena Golubanova¹, Plamen Marinov-Serafimov¹, Natasha Gjorgovska²,
Vesna Levkov²

¹Institute of Forage Crops, Pleven, Republic of Bulgaria,
Agricultural Academy of Bulgaria, 1373 Sofia, Bulgaria

²Ss. Cyril and Methodius University, Institute of Animal Science, Skopje, Republic
North Macedonia

*E-mail: golubanova@abv.bg

Original scientific article

РЕЗЮМЕ

Въз основа на изведени полски опити през периода 2017 – 2020 година в опитното поле на Институт по фуражните култури – Плевен, Република България за установяване фитотоксичния ефект на група хербициди за вегетационно приложение при техническо сорго (метла) и извършените биохимични анализи в Институт по животновъдство, Скопие, Република Северна Македония е направена комплексна оценка за влиянието на селективността на хербицидите върху

SUMMARY

On the basis of field experiments carried out during the period 2017 - 2020 in the experimental field of the Institute of Forage Crops – Plevan, Republic of Bulgaria to establish the phytotoxic effect of a group of herbicides for post-emergence application in broomcorn and the biochemical analysis carried out at the Institute of Animal Science, Skopje, Republic of North Macedonia, a comprehensive assessment of the influence of herbicide selectivity on the quality of broomcorn silage was made.

качеството на силажа от техническо сорго (метла). Установено е, че физико-биохимичните показатели (съдържание на сухо вещество, рН, млечната киселина и маслена киселина) във фуражната маса са пряко свързани с ферментационните показатели и качеството на силажа от техническото сорго (метла) и се влияят значително от селективността на хербицидите при културата. Получаването на силаж от техническо сорго (метла) с добри силажни качества може да се осигури при използване на надземна свежа биомаса от културата с установен не по-висок от 2.5 бала фитотоксичен ефект в следствие на приложение на вегетационни хербициди. Силажирането на надземна биомаса от техническо сорго (метла) във фенофаза BBCH - 47 с установена от умерено-силна (EWRS – 4.5 бала) до силна фитотоксичност (EWRS – 8.5 бала) при приложение на хербициди, влошава качеството на силажа в следствие на понижаване съдържанието на сухо вещество и компенсационни процеси свързани с редуциране съдържанието на млечна киселина и увеличаване дяловото участие на оцетната и маслени киселини.

Ключови думи: селективност, хербициди, силаж, техническо сорго

УВОД

Техническото сорго (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) притежава висок продуктивен потенциал, многостранно приложение (фураж за животните, суровина за промишлеността, производството на биогорива и др.) и има широкообхватното икономическо, социално и екологично значение (Bibi et al. 2010; Serna-Saldívar et al., 2012; Cifuentes et al., 2014).

Благодарение на високата си екологична пластичност и повишена

It was found that the physico-biochemical parameters (dry matter content, pH, lactic acid, and butyric acid) in the forage mass are directly related to the fermentation parameters and the quality of the broomcorn silage and are significantly influenced by the selectivity of the herbicides at the culture.

Obtaining silage from broomcorn with good silage qualities can be ensured by using above-ground fresh biomass from the crop with an established phytotoxic effect of no higher than 2.5 score as a result of the application of vegetation herbicides.

The silage of above-ground biomass from broomcorn in the growth stage BBCH - 47 with established moderate-strong (EWRS - 4.5 score) to strong phytotoxicity (EWRS - 8.5 score) when applying herbicides, deteriorates the quality of the silage as a result of lowering the content of dry matter and compensatory processes related to reducing the content of lactic acid and increasing the share of acetic and butyric acids.

Key words: selectivity, herbicides, silage, broomcorn

INTRODUCTION

Broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) has a high productive potential, multifunctional use (feed for animals, raw material for industry and the production of biofuels and others) and had multilateral economic, social and environmental importance (Bibi et al. 2010; Serna-Saldívar et al., 2012; Cifuentes et al., 2014).

Due to their high ecological plasticity and increased resistance to

устойчивост към неблагоприятни абиотични фактори, определят *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] като перспективна култура за включване в сеитбообращения, в условия на глобално затопляне и засушаване (Berenji and Dahlberg, 2004; Angelova et al., 2011; Stefaniak et al., 2012).

Според проучванията на Fromme et al. (2012) и Silva et al. (2014) за реализиране на биологичния потенциал на видовете от род *Sorghum*, както и при *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] е тясно свързан с бавния темп на отрастване на растенията и заплевеляване в критични фенофази (поникване – трети лист) от развитието им.

Използването на хербициди с висока селективност извън вегетационния период на културата позволява обезпечаване на чисти от плевели посеви, както и повишаване качеството на получената продукция (Tahir et al., 2005; Bibi et al., 2012).

Селективността на хербициди към *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] в световен мащаб е частично проучена и е установена високата чувствителност на културата към приложение на хербициди за вегетационно приложение Latifi and Jamshidi (2011) и Jinying et al. (2013), а у нас са крайно ограничени (Marinov-Serafimov et al., 2017).

Спорадични са съобщенията за пригодността за силажиране на техническото сорго (метла) (Nevens and Harshbarger, 1940; Fernandes and Leite, 2004; Rodriguez, 2002), а по отношение влиянието на фитотоксичния ефект от приложението на хербициди върху надземната биомаса на културата и пригодността ѝ за производство на фураж, както и по отношение качеството на силажа - липсват.

unfavorable abiotic factors, *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] is a perspective culture for inclusion in rotation, in global warming and drought conditions (Berenji and Dahlberg, 2004; Angelova et al., 2011; Stefaniak et al., 2012).

According to Fromme et al. (2012) and Silva et al. (2014) the realization of the biological potential of *Sorghum* species as well as *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] depends on the slow growth rate of the plants and the weed infestation in critical growth stage (germination - third leaf) of their development.

The use of herbicides with high selectivity after seedling, before emergence of the crop allows for provision of weed-free crops as well as for the improving the quality of the production (Tahir et al., 2005; Bibi et al., 2012).

The selectivity of herbicides to *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] worldwide has been partially studied, the high sensitivity of the culture to the application of herbicides for vegetation application was found Latifi and Jamshidi (2011) and Jinying et al. (2013), and in our country they are extremely limited (Marinov-Serafimov et al., 2017).

There are sporadic reports on the silage suitability of broomcorn (Nevens and Harshbarger, 1940; Fernandes and Leite, 2004; Rodriguez, 2002) and regarding the influence of the phytotoxic effect of herbicide application on the above-ground biomass of the crop and its suitability for fodder production, as well as regarding the quality of the silage - are missing.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Проучването е проведено през 2017 - 2020 година в опитното поле на Институт по фуражните култури – Плевен върху слабо излужен чернозем при неполивни условия с местна популация техническо сорго (метла) (*Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]) - MI16N. Местната популация техническо сорго (метла) MI16N е с комплексно приложение – за производство на фураж, семена и метлен клас, като суровина за индустриални цели. Характеризира се с комплексна устойчивост към икономически важните болести (антракноза и бактериално увяхване) и листни въшки. Отличава се бърз темп на отрастване и висок добив на свежа и суха биомаса, семена и качество на метлиците за индустриални цели (Golubanova and Marinov-Serafimov, 2019). Опитът е заложен по блоковия метод в три повторения с големина на реколтната парцела 5 m² със след варианти: V1 - контрола (нетретирана, плевена); V2 – Лаудис ОД (темботрион 44 g/l) в доза 200 ml/da; V3 – Биатлон 4D (флорасулам 54 g/kg + тритосулфурон 714 g/kg) в доза 4,0 g/da + аджувант Деш ХЦ в доза 100 ml/da; V4 – Секатор ОД (йодосулфурон 25 g/l + амидосулфурон 100 g/l) в доза 10 ml/da; V5 – Мерлин флекс 480 СК (изоксафлутол 240 g/l) в доза 42 ml/da и V6 – Пасифика ВГ (йодосулфурон 10 g/kg + мезосулфурон 30 g/kg) в доза 35 ml/da + аджувант Биопауър в доза 70 ml/da. Внасянето на хербицидите е извършено с гръбна пръскачка “РТР 18” при разход на работен разтвор 30 l/da с конична дюза, налягане P max 3 bar, V max 1.64 l, and Q max 0.64 l/min във фенофаза втори-трети същински лист на културата (BBCH 12-13) (Meier, 2018). Селективността на включените в изследването хербициди е определяна визуално по девет балната логаритмичната скала на

MATERIAL AND METHODS

The study was conducted in 2017 - 2020 in the experimental field of the Institute of Forage Crops - Pleven on slightly leached chernozem under non-irrigated conditions with a local population - MI16N broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]).

The local population of broomcorn MI16N has a complex application - for the production of fodder, seeds and broom class, as a raw material for industrial purposes.

It is characterized by complex resistance to economically important diseases (anthracnose and bacterial wilt) and aphids. It is characterized by a fast growth rate and a high yield of fresh and dry biomass, seeds and panicle quality for industrial purposes (Golubanova and Marinov-Serafimov, 2019).

The experiment was carried out according to the block method in three replications with a harvest plot size of 5 m² with the following variants: V₁ - control (untreated, weeded); V₂ – Laudis OD (tembotrione 44 g/l) in a dose of 200 ml/da; V₃ – Biathlon 4D (florasulam 54 g/kg + tritosulfuron 714 g/kg) in a dose of 4.0 g/da + adjuvant Desh HC in a dose of 100 ml/da; V₄ – Secator OD (iodosulfuron 25 g/l + amidosulfuron 100 g/l) in a dose of 10 ml/da; V₅ – Merlin flex 480 SC (isoxaflutol 240 g/l) in a dose of 42 ml/da and V₆ – Pacifika WG (iodosulfuron 10 g/kg + mesosulfuron 30 g/kg) in a dose of 35 ml/da + adjuvant Biopower in a dose of 70 ml/da.

The introduction of herbicides was carried out with a backpack sprayer "PTP 18" at a consumption of working solution 30 l/da with a conical nozzle, pressure P max 3 bar, V max 1.64 l, and Q max 0.64 l/min in the growth stage second-third leaf of culture (BBCH 12-13) (Meier, 2018). The selectivity of the herbicides included in the study was determined visually according to the nine-point logarithmic scale of the EWRS (European Weed

EWRS (European Weed Research Society) - бал 1 – без повреди, бал 9 – напълно унищожени растения; Жизнеността (CV) (бал 0 – напълно унищожени растения, бал 100 - без повреди (Stall et al., 1990) и Покритие (GC) (0 – 100%) са определяни непосредствено преди извършване на коситбата във фенофаза „начало на изметляване“ (BBCH 47) от всички повторения за всеки вариант на опита. През вегетационния период на културата всички налични плевели в опитната площ са отстранявани ръчно.

Непосредствено след извършване на коситбата (BBCH - 47) за направата на силаж, наличната биомаса е нарязана (не сепарирана) на дължина от 0.5 до 1.0 cm, като са вземани средни проби с тегло 2000 g надземна свежа биомаса за директно силажиране – без добавка на мравчена киселина (CH_2O_2), след което са поставени и пресовани в стъклени контейнери с обем 0.8 L и са затворени херметично с винтова капачка „Twist off“. Така подготвените проби са съхранявани на тъмно, а биохимичните анализи на силажа (млечна, оцетна и маслена киселини) са извършени в Институт по животновъдство, Скопие, Република Северна Македония. Повърхностният слой на силажа (до 5 cm) в силажиращите контейнер е отстранен, като пробите за анализ са извършени от останалата налична биомаса. От всеки контейнер са вземани по две паралелни проби за определяне на следните показатели: pH (с електронен pH метър), чрез използване скала за оценка на силажа (DLG, 1987); сухото вещество (CB) във силажа, чрез изсушаване във вакуумна сушилня при 65°C в продължение на 48 часа, до постоянно сухо тегло, след което наличните проби са смилани в мелница с големина на ситата 1 mm; суровата пепел - чрез изгаряне в муфелна пещ за 12 часа при 550°C

Research Society) - score 1 - no damage, score 9 - completely destroyed plants; Crop vigor (CV) (score 0 - completely destroyed plants, score 100 - no damage) (Stall et al., 1990) and Ground cover (GC) (0 – 100%) were determined immediately before harvesting in growth stage "Flag leaf sheath opening" (BBCH 47) of all replicates for each experimental variant. During the growing season of the crop, all available weeds in the experimental area were removed manually.

Immediately after cutting (BBCH 47) to make silage, the available biomass was chopped (not separated) into lengths of 0.5 to 1.0 cm, and average samples of 2000 g of aboveground fresh biomass were taken for direct ensiling – without the addition of formic acid (CH_2O_2), then placed and pressed in glass containers with a volume of 0.8 L and sealed hermetically with a "Twist off" screw cap.

The samples thus prepared were stored in the dark, and the biochemical analyzes of the silage (lactic, acetic and butyric acids) were performed at the Institute of Animal Science, Skopje, Republic of North Macedonia.

The surface layer of silage (up to 5 cm) in the silage container was removed, and samples for analysis were made from the remaining available biomass. Two parallel samples were taken from each container to determine the following parameters: pH (with an electronic pH meter), using a silage rating scale (DLG, 1987); the dry matter (DM) in the silage, by drying in a vacuum dryer at 65°C for 48 hours, to a constant dry weight, after which the available samples were ground in a mill with a sieve size of 1 mm; the ash - by burning in a muffle furnace for 12 hours at 550°C (Naumann and Bassler, 1997); crude protein (CP) by the classical

(Naumann and Bassler, 1997); суров протеин (СП) по класическия метод на Kjeldahl (AOAC, 1990). Общото съдържание на мазнини, чрез метода на екстракция на Soxhlet, като се използва безводен диетилов етер; съдържание на органични киселини (млечна, оцетна и маслена) по класическия метод на Flieg (1937) и съдържание на сурови влакнини (СВл), %, чрез използване на 12.5% H₂SO₄ и 12.5% разтвори на NaOH (Naumann and Bassler, 1997).

Поради еднопосочност на получените експериментални резултати през годините на проучване в статията са представени данни, средно за периода на проучване 2017 – 2020 година. Математико-статистическата обработка на данните е извършена по метода на дисперсионния анализ на Duncan (Duncan's Multiple Range Test) с програмен продукт Statistica, version 10.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Анализът на резултатите по отношение визуалната селективност на включените в изследването хербициди за вегетационно приложение Лаудис ОД, Биатлон 4D, Секатор ОД, Мерлин флекс 480 СК и Пасифика ВГ с аджувант Биопауър, в съответните регистрирани дози на приложените при житни култури, оказват от индиферентен (бал 1) до силен фитотоксичен ефект при техническото сорго (метла) през периода на проучване (Таблица 1).

Kjeldahl method (AOAC, 1990).

The total fat content, by the Soxhlet extraction method using anhydrous diethyl ether; content of organic acids (lactic, acetic and butyric) according to the classical method of Flieg (1937) and Crude fibers content (CFI), %, by using 12.5% H₂SO₄ and 12.5% NaOH solutions (Naumann and Bassler, 1997).

Due to unidirectionality of the obtained experimental results during the years of study, the manuscript presents data, on average, for the study period 2017-2020. Mathematical-statistical data processing was performed using Duncan's Multiple Range Test (Duncan's Multiple Range Test) method using the Statistica software, version 10.

RESULTS AND DISCUSSION

The analysis of the results regarding the visual selectivity of the herbicides included in the study for vegetation application Laudis OD, Biathlon 4D, Secator OD, Merlin flex 480 SC and Pacifica WG with Biopower adjuvant, in the corresponding with registered doses of those applied to cereal crops, show an indifferent (point 1) to a strong phytotoxic effect on broomcorn during the study period (Table 1).

Таблица 1. Визуално отчитане на селективност в зависимост от приложените хербициди при техническо сорго (метла), средно за периода на проучване 2017 - 2020

Table 1. Visual reading of selectivity depending on applied herbicides in broom, averaged over the study period 2017-2020

Третирания Treatments	Варианти Variants		Селективност Selectivity		
	Хербициди Herbicides	Доза, ml, g/da Dose, ml, g/da	EWRS	CV	GC
V1	Контрола (нетретирана) Control (untreated)		1	100	95
V2	Лаудис ОД / Laudis OD	200 ml	1	100	95
V3	Биатлон 4D / Biathlon 4D	4.0 g	1	100	95
V4	Секатор ОД / Sekator OD	10 ml	2.5	80	95
V5	Мерлин флекс 480 СК Merlin Flex 480 SC	42 ml	4.5	65	85
V6	Пасифика ВГ + Биопауър Pacifica WG	35 g +70 ml	8.5	30	80

Легенда: EWRS – Селективност по скала на EWRS (European Weed Research Society) - бал 1 – без повреди, бал 9 – напълно унищожени растения; CV - жизнестойност (0 – напълно унищожени растения до 100% - без повреди); GC – покритие на тревостоя (0 – 100%)

Legend: EWRS - Selectivity according to the scale of EWRS (European Weed Research Society) - score 1 - no damage, score 9 - completely destroyed plants; CV – crop vigor (0 – completely destroyed plants up to 100% - no damage); GC – ground cover (0 – 100%)

Прилагането на еднокомпонентния хербицид Лаудис в доза 200 ml/da и двукомпонентния Биатлон 4D - 4.0 g/da с аджувант Деш ХЦ - 100 ml/da използвани в земеделската практика за комплексен контрол на заплевеляването срещу някои едногодишни и многогодишни житни и широколистни плевели, не оказват фитотоксичен ефект - бал 1 при техническото сорго (метла), в сравнение с контролния нетретиран вариант. Независимо, че хербицида Секатор ОД се използва за контрол на повече от 30 икономически значими широколистни плевелни вида включително и срещу устойчивите на хормоноподобни хербициди, благодарение на двукомпонентната си търговска формулировка приложен при техническото сорго (метла) оказва слаб фитотоксичен ефект (2.5 бала) върху културата, изразяващ се в частично забавяне нарастването на централното стъбло и хлоротични

The application of the single-component herbicide Laudis OD in a dose of 200 ml/da and the two-component Biathlon 4D - 4.0 g/da with the adjuvant Desh HC - 100 ml/da used in agricultural practice for complex control of the weedings against some annual and perennial wheat and broadleaf weeds, do not have a phytotoxic effect - score 1 in broomcorn, compared to the untreated control variant.

Regardless of the fact that the herbicide Secator OD is used to fight against more than 30 economically significant broadleaf weed species, including those resistant to hormone-like herbicides, thanks to its two-component commercial formulation applied to broomcorn it has a weak phytotoxic effect (2.5 score) on the culture, expressed in a partial delay in the growth of the central stem and chlorotic spots on the leaves, which at a later stage turn into necrosis.

петна по листата, които на по-късен етап преминават в некрози.

Прилагането на хербицида Мерлин флекс 480 СК в доза 42 ml/da се отличава с изключителна гъвкавост на приложение, поради възможностите му за комплексен контрол на заплевеляването срещу житни и широколистни плевели. Приложен вегетационно във фенофаза BBCH – 12-13 на техническото сорго предизвиква умерено-силен фитотоксичен ефект (4.5 бала) изразяващ се с хлороза по връхните части на растенията, която на по-късен етап от развитието на културата преминава в албизъм, което може да се обясни с изразената му транслокираща способност във връхните интензивно нарастващи части на културата.

Със силна фитотоксичност и слаба селективност към техническото сорго (метла) се отличава хербицида със системно действие Пасифика ВГ, прилежащ към групата на сулфониуреите. Приложен в доза 35 g/da предизвиква много-силен фитотоксичен ефект (8.5 бала) в следствие на бързото му абсорбиране от листата маса на техническото сорго (метла), изразяващ се в задържане в нарастването и онтогенетичното развитие на културата. Наблюдаваните симптоматични фитотоксични повреди по растенията се изразяват в хлорози (пожълтяване) на листните петури и кафяво-оранжево оцветяване на централната жилка на листата. Независимо от установения визуален силен фитотоксичен ефект на хербицида върху техническото сорго (метла) свързани с потискане в развитието на растенията и повреди на листните петури, пълно загиване на третираните растения не се установява.

Аналогични са и получените резултати по отношение влиянието на включените в изследването хербициди

The application of the herbicide Merlin flex 480 SC in a dose of 42 ml/da is characterized by exceptional flexibility of application, due to its possibilities for complex control of weeding against wheat and broadleaf weeds.

Applied post-emergences in the growth stages BBCH 12-13 of broomcorn, causes a moderately strong phytotoxic effect (4.5 score) expressed by chlorosis on the upper parts of the plants, which at a later stage of the development of the crop turns into albism, which can be explained by its pronounced translocating ability in the top intensively growing stage of the culture.

With strong phytotoxicity and weak selectivity to broomcorn, the herbicide with systemic action Pacifika WG, belonging to the sulfonylurea group, stands out.

Applied at a dose of 35 g/da, it causes a very strong phytotoxic effect (8.5 score) as a result of its rapid absorption by the leaf mass of broomcorn, resulting in retention in the growth and ontogenetic development of the culture.

The observed symptomatic phytotoxic damages on the plants are expressed in chlorosis (yellowing) of the leaf petioles and brown-orange coloring of the central vein of the leaves.

Regardless of the established visual strong phytotoxic effect of the herbicide on broomcorn, associated with suppression of plant development and damage to leaf petioles, complete death of treated plants was not found.

Similar were the results obtained regarding the influence of the herbicides included in the study for post-emergence

за вегетационно приложение върху жизнеността (CV) и покритието (GC) на техническото сорго (метла) (Таблица 1). От представените резултати в Таблица 1 е видно, че с увеличаване фитотоксичния ефект на включените в изследването хербициди, намаляват жизнеността (CV) на растенията от техническо сорго (метла) до 1.3 пъти след третиране с хербицида Секатор в доза 10 ml/da, следван от Мерлин флекс 480 СК - 42 ml/da до 1.5 пъти и най-силно до 3.3 пъти, след приложението на Пасифика ВГ - 35 g/da, в сравнение с контролния (нетретиран) вариант и хербицидите (Лаудис ОД – 200 ml/da и Биатлон 4D – 4.0 g/da) с установена селективност към културата. Изключение от описаната зависимост се установява при проследяване покритието на посева върху земната повърхност (GC), независимо от наблюдаваните визуални фитотоксични симптоми по растенията, GC варира в тесен диапазон (от 80 до 95%) при редуциране на показателя – от 10.5 до 15,8% в сравнение с контролния (нетретиран) вариант и при хербицидите с установена висока селективност към културата.

От извършения регресионен анализ се установяват линейни регресионни зависимости $y = a + b \cdot x$ между визуалната фитотоксичност (EWRS в балове) на включените в изследването хербициди и жизнеността на растенията (CV): $EWRS = 11.51 - 0.106 \cdot CV$; $r = -0.996$; $R^2 = 99.2\%$; $SE = 0.292$, както и по отношение визуалната фитотоксичност (EWRS в балове) и покритието на посева върху земната повърхност (GC): $EWRS = 42.330 - 0.432 \cdot GC$; $r = -0.960$; $R^2 = 92.2\%$; $SE = 0.933$ с високи отрицателни и статистически доказани ($P < 0.01$) корелационни зависимости (r) и висок детерминационен коефициент (R^2) на определеност във факториалните величини, доказва, че

application on the crop vigor (CV) and ground cover (GC) of broomcorn (Table 1).

From the results presented in Table 1, it is clear that as the phytotoxic effect of the herbicides included in the study increases, the crop vigor (CV) of broomcorn plants decreases up to 1.3 times after treatment with the herbicide Secator OD at a dose of 10 ml/da, followed by Merlin flex 480 SC - 42 ml/da up to 1.5 times and most strongly up to 3.3 times, after the application of Pacifica WG - 35 g/da, compared to the control (untreated) variant and herbicides (Laudis OD - 200 ml/da and Biathlon 4D – 4.0 g/da) with established selectivity to the culture.

An exception to the described dependence is found when tracking the crop cover on the ground cover (GC), regardless of the observed visual phytotoxic symptoms on plants, GC varies in a narrow range (from 80 to 95%) when reducing the indicator - from 10.5 to 15.8 % compared to the control (untreated) variant and for herbicides with established high selectivity to the crop.

From the regression analysis, a linear regression relationship $y = a + b \cdot x$ was established between the visual phytotoxicity (EWRS in scores) of the herbicides included in the study and the crop vigor (CV):

$EWRS = 11.51 - 0.106 \cdot CV$; $r = -0.996$; $R^2 = 99.2\%$; $SE = 0.292$, as well as in terms of visual phytotoxicity (EWRS in scores) and crop ground cover (GC): $EWRS = 42.330 - 0.432 \cdot GC$; $r = -0.960$; $R^2 = 92.2\%$; $SE = 0.933$ with high negative and statistically proven ($P < 0.01$) correlation dependences (r) and a high coefficient of determination (R^2) of determination in the factorial values proves that the presented linear model adequately reflects the dependence when interpreting the data.

представеният линеен модел адекватно отразява зависимостта при интерпретиране на данните.

Резултатите от биохимичния анализ на силажите в зависимост от установената визуална фитотоксичност на включените в изследването хербициди за вегетационно приложение показват силно вариране по отношение изследваните физикохимични характеристики свързани с ферментационните показатели на силажа от техническото сорго (метла) (Таблица 2).

The results of the biochemical analysis of the silages, depending on the established visual phytotoxicity of the herbicides included in the study for vegetative application, show a strong variation in relation to the studied physico-chemical characteristics related to the fermentation indicators of the broomcorn silage (Table 2).

Таблица 2. Биохимичен анализ на силаж от техническо сорго (метла), след третиране на посева с хербициди за вегетационно приложение, средно за периода на проучване 2017-2020 година
Table 2. Biochemical analysis of broomcorn silage, after treatment of the crop with herbicides for vegetative application average of the period 2017-2020

Третираня Treatments	Показатели / Indicators								
	pH	СВ DM	СП CP	СВл CF	CM CF	Пепел Ash	Млечна киселина Lactic acid	Оцетна киселина Acetic acid	Маслена киселина Butyric acid
V1	4.5 ^b	16.45 ^a	1.88 ^{ab}	7.30 ^b	0.34 ^a	1.24 ^a	94.25 ^a	2.53 ^a	3.21 ^a
V2	3.6 ^a	24.44 ^c	2.98 ^c	6.64 ^d	0.87 ^d	1.47 ^b	93.13 ^a	3.29 ^a	3.58 ^a
V3	4.3 ^b	20.37 ^b	2.46 ^a	5.39 ^a	0.47 ^{bc}	1.71 ^c	91.86 ^a	4.95 ^b	3.19 ^a
V4	3.8 ^a	20.35 ^b	2.60 ^{bc}	5.67 ^a	0.50 ^{bc}	1.55 ^{bc}	89.09 ^a	7.50 ^{cd}	3.41 ^a
V5	4.1 ^b	22.79 ^{bc}	2.42 ^a	9.39 ^c	0.52 ^c	2.11 ^d	85.57 ^a	8.44 ^d	6.00 ^b
V6	4.9 ^b	27.24 ^d	1.77 ^a	10.36 ^d	0.44 ^b	1.94 ^e	71.95 ^b	6.60 ^c	21.45 ^c

Легенда: V₁ – Контрола (нетретирана); V₂ – Лаудис ОД, V₃ – Биатлон 4D, V₄ – Секатор ОД, V₅ – Мерлин флекс 480 СК и V₆ – Пасифика ВГ + Биопауър; СВ – сухо вещество,%; СП – Суров протеин, %; СВл – Сурови влакнини, %; CM – сурови мазнини, %; a, b, c, d – статистически значими разлики при P=0.05

Legend: V₁ – Control (untreated); V₂ – Laudis OD, V₃ – Biathlon 4D, V₄ – Secator OD, V₅ – Merlin flex 480 SC and V₆ – Pacifica WG + Biopower; DM – dry matter,%; CP – Crude protein, %; CFI – Crude fibers, %; CM – crude fat, %; a, b, c, d – statistically significant differences at P=0.05.

Установява се обща тенденция на увеличаване съдържанието на включените в изследването биохимични показатели в сравнение с контролния (нетретиран) вариант и при хербицидите с установена висока фитотоксичност от приложението им при техническото сорго (метла).

A general trend of increasing the content of the biochemical indicators included in the study was found compared to the control (untreated) variant and for herbicides with high phytotoxicity when applied to broomcorn.

Изключение от описаната зависимост се установява в процентното съдържание на маслената киселина в силажа приготвен от варианти с установена фитотоксичност от 4.5 до 8.5 бала, след третиране на посева с хербицидите Мерлин флекс 480 СК и Пасифика ВГ, където се установява статистически доказано увеличение при проучвания показател - съответно с 169.8 и 668.2%.

Процентното съдържанието на суровия протеин (СП), спрямо съдържанието на сухо вещество (СВ DM) в силажа от техническото сорго (метла) е най-високо (от 2.46 до 2.98%) във вариантите с установена висока селективност – бал 1 (Лаудис ОД и Биатлон 4D) и при третиране на посева със Секатор ОД, който оказва относително слаб фитотоксичен ефект (2,5 бала) върху културата. Установените различия във ферментационните показатели, свързани със съдържанието на млечна киселина в силажа могат да бъдат обяснени, от една страна, с установените критични стойности на рН (от 3.6 до 4.9), които могат да ограничат дифузията на водната фаза в силажа, и от друга с биологичното въздействие на приложените хербициди върху натрупването сухо вещество при техническото сорго (метла) (от 16.45 до 24.44%) и комплексното им влияние върху ефективността на млечнокисела ферментация.

Най-високо е съдържанието на млечна киселина в силажа (от 85.57 до 94.25%) в контролния (нетретиран) вариант и във вариантите с установена висока селективност (бал 1) на хербицидите Лаудис ОД и Биатлон 4D, както и при третиране на посева със Секатор ОД, който оказва относително слаб фитотоксичен ефект (2,5 бала) върху културата, докато прилагането на Пасифика ВГ значително увеличава (\approx 65%)

An exception to the described dependence was found in the percentage of butyric acid in the silage prepared from treatments with established phytotoxicity from 4.5 to 8.5 score, after treatment of the crop with the herbicides Merlin flex 480 SC and Pacifika WG, where a statistically proven increase was found in indicator studies - by 169.8 and 668.2%, respectively.

The percentage content of crude protein (CP) in relation to the content of dry matter (DM) in broomcorn silage is the highest (from 2.46 to 2.98%) in the variants with established high selectivity - score 1 (Laudis OD and Biathlon 4D) as well as when treating the crop with Secator OD, which has a relatively weak phytotoxic effect (2.5 score) on the crop.

The established differences in the fermentation indicators related to the lactic acid content in the silage can be explained, on the one hand, by the established critical pH values (from 3.6 to 4.9), which can limit the diffusion of the aqueous phase in the silage, and on the other hand as a result of the biological impact of the applied herbicides on the accumulation of dry matter in broomcorn (from 16.45 to 24.44%) and their complex influence on the efficiency of lactic acid fermentation.

The highest content of lactic acid in the silage (from 85.57 to 94.25%) in the control (untreated) variant and in the variants with established high selectivity (score 1) of the herbicides Laudis OD and Biathlon 4D, as well as in the treatment of the crop with Secator OD, which has a relatively weak phytotoxic effect (2.5 score), while the application of Pacifika WG significantly increases (\approx 65%) the content of dry biomass in the forage, which reflects on the percentage of lactic

съдържанието на суха биомаса във фуража, което рефлектира върху процентното съдържание на млечна киселина (71.95%). Получените експериментални резултати са в унисон с установеното от Muck et al, (2007), според които скоростта и степента на ферментация на силажа се влияе значително от съдържанието на сухо вещество във фуража по време на силажирането. Пониженото съдържание на сухо вещество във фуража от техническо сорго (метла) за силажиране, вероятно е по-ефективен за протичане на млечнокисела ферментация и за получаване на анаеробно стабилен силаж.

Процентното съдържание на оцетна и маслена киселина в силажа е в обратна зависимост на установеното при процентното съдържане на млечна киселина – най-ниско е съдържанието им (от 2.53 до 4.95%) в контролния вариант и във вариантите с установена висока селективност (бал 1) и слаб фитотоксичен ефект (2.5 бала) на хербицидите върху техническото сорго (метла), докато във вариантите с установен умерено-силен фитотоксичен ефект (4.5 бала) след третиране на Мерлин флекс 480 СК и много-силен фитотоксичен ефект (8.5 бала) при третирането на посева с Пасифика ВГ, съдържанието на оцетна и маслена киселина е значително по-високо, както следва – 8.44 и 6.60 по отношение съдържанието на оцетна и маслена – 6.00 до 21.45% киселина. Следователно, дифузията на млечната киселина е относително по-висока в силажна маса с по-високо съдържание на влага, за разлика от оцетната и маслена киселина, които се повишават с увеличаване съдържанието на сухо вещество в силажа приготвен от техническо сорго (метла). Промените в относителния дял на органичните киселини при ферментацията на силажи е съобщавано и от други автори (Moon et al., 1980; Adams and

acid (71.95%).

The obtained experimental results are in agreement with the findings of Muck et al., (2007), according to which the rate and extent of silage fermentation are significantly influenced by the dry matter content of the forage during ensiling.

The reduced dry matter content of broomcorn for ensiling is probably more efficient for lactic acid fermentation to occur and to produce anaerobically stable silage.

The percentage content of acetic and butyric acid in the silage is inversely related to that found in the percentage content of lactic acid - their content is the lowest (from 2.53 to 4.95%) in the control variant and in the variants with established high selectivity (score 1) and a weak phytotoxic effect (2.5 score) of the herbicides on broomcorn, while in the variants with a moderate-strong phytotoxic effect (4.5 score) after treatment with Merlin flex 480 SC and a very strong phytotoxic effect (8.5 score) in the treatment of the crop with Pacifika WG, the content of acetic and butyric acid is significantly higher, as follows - 8.44 and 6.60 in relation to the content of acetic and butyric - 6.00 to 21.45% acid.

Therefore, the diffusion of lactic acid is relatively higher in silage with higher moisture content, in contrast to acetic and butyric acids, which increase with increasing dry matter content of silage made from broomcorn.

Changes in the relative proportion of organic acids during the fermentation of silages have also been reported by other authors (Moon et al., 1980; Adams and Hall, 1988; Moio and Heikonen, 1994)

Hall, 1988; Moisiu and Heikonen, 1994) с тази разлика, че в експериментите не е проучвано влиянието на фитотоксичния ефект от въздействието на хербициди върху формираната биомаса от техническо сорго (метла) използвана за производство на силаж.

От извършения корелационен анализ се установява, че селективността на включените в изследването хербициди за вегетационно приложение, при техническото сорго (метла), оценена чрез девет балната логаритмичната скала на EWRS са в отрицателна корелационна зависимост от съдържанието в силажната маса на: суровия протеин $r = -0.552$, суровите влакнини $r = -0.552$, млечната киселина $r = -0.890$ и маслена киселина $r = -0.939$, и в положителна корелационна зависимост от: съдържание на сухо вещество $r = 0.720$, сурови мазнини $r = 0.548$, сурова пепел $r = 0.711$ и по отношение съдържанието на оцетна киселина $r = 0.720$.

ИЗВОДИ

Хербицидите Лаудис ОД в доза 200 ml/da, Биатлон 4D – 4,0 g/da приложени във фенофаза „втори – трети лист“ на техническото сорго (метла) са с висока селективност към културата – бал 1, докато Секатор ОД в доза 10 ml/da предизвиква слаб фитотоксичен ефект до 2.5 бала.

С относително относително ниска селективност (4.5 бала) е Мерлин флекс 480 СК приложен в доза 42 ml/da, докато хербицидът със системно действие Пасифика ВГ - 35 g/da предизвиква силна фитотоксичност (8.5 бала), което определя ниска селективност на търговския продукт към културата.

Физико-биохимичните показатели (съдържание на сухо вещество, pH, млечната киселина и маслена киселина) във фуражната

with the difference that the influence of phytotoxicity was not studied in the experiments effect of herbicide exposure on the formed biomass of broomcorn used for silage production.

From the performed correlation analysis, it is established that the selectivity of the herbicides included in the study for vegetation application, for broomcorn, evaluated by the nine-point logarithmic scale of the EWRS, are negatively correlated with the content in the silage mass of: crude protein $r = -0.552$, crude fiber $r = -0.552$, lactic acid $r = -0.890$ and butyric acid $r = -0.939$, and positively correlated with: dry matter content $r = 0.720$, crude fat $r = 0.548$, ash $r = 0.711$ and in terms of acetic acid content $r = 0.720$.

CONCLUSIONS

The herbicides Laudis OD in a dose of 200 ml/da, Biathlon 4D - 4.0 g/da applied in the growth stage "second-third leaf" of broomcorn have high selectivity to the culture - score 1, while Secator OD in a dose of 10 ml/da causes a weak phytotoxic effect up to 2.5 score.

With a relatively low selectivity (4.5 score) is Merlin flex 480 SC applied at a dose of 42 ml/da, while the systemic herbicide Pacifika WG - 35 g/da causes strong phytotoxicity (8.5 score), which determines low selectivity of commercial product to culture.

The physico-biochemical indicators (dry matter content, pH, lactic acid, and butyric acid) in the forage mass are directly related to the fermentation

маса са пряко свързани с ферментационните показатели и качеството на силажа от техническото сорго (метла) и се влияят значително от селективността на хербицидите при културата.

Получаването силаж от техническо сорго (метла) с добри силажни качества може да се осигури при използване на надземна свежа биомаса от културата с установен не по-висок от 2,5 бала фитотоксичен ефект в следствие на приложение на вегетационни хербициди.

Силажирането на надземна биомаса от техническо сорго (метла) във фенофаза BBCH - 47 с установена от умерено-силна до силна фитотоксичност влошава качеството на силажа в следствие на понижаване съдържанието на сухо вещество в фуражната биомаса и компенсационни процеси свързани с редуциране съдържанието на млечна киселина и увеличаване дяловото участие на оцетната и маслени киселини.

indicators and the quality of the broomcorn silage and are significantly influenced by the selectivity of herbicides in the culture.

Obtaining silage from broomcorn with good silage qualities can be ensured by using above-ground fresh biomass from the crop with an established phytotoxic effect of no higher than 2.5 score as a result of the application of post-emergence herbicides.

The ensiling of above-ground biomass from broomcorn in growth stage BBCH 47 with established moderate-strong to strong phytotoxicity worsens the quality of the silage as a result of lowering the content of dry matter in the forage biomass and compensatory processes related to reducing the content of lactic acid and increasing the share of acetic and butyric acids.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Adams, M. R., and C. J. Hall**, 1988. Growth inhibition of food-borne pathogens by lactic acid and acetic acid and their mixtures. *International Journal of Food Science & Technology*, 23 (3), 287-292.
2. **Angelova, V., R. Ivanova, V. Delibaltova and K. I. Ivanov**, 2011. Use of Sorghum crops for in situ phytoremediation of polluted soils. *Journal of Agricultural Science and Technology*, A1, 693-702.
3. **AOAC**, 1990. Official Methods of Analysis. 15th Edn., Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC., USA., pp: 200-210.
4. **Berenji, J. and J. Dahlberg**, 2004. Perspectives of Sorghum in Europe. *J. Agronomy and Crop Science*, 190 (5), 332-338.
5. **Bibi, A. A. and S. Q. Ali**, 2012. Combining ability analysis for green forage associated traits in sorghum-sudangrass hybrids under water stress. *International Journal for Agro Veterinary and Medical Sciences*, 6 (2), 115-137.
6. **Cifuentes, R., R. Bressani and C. Rolz**, 2014. The potential of sweet sorghum as a source of ethanol and protein. *Energy for Sustainable Development*, 21, 13-19.
7. **DLG**, 1987. Bewertung von grunfutter, silage und heu. DLG-Merkblatt, pp: 224.
8. **Fernandes, A. and A. Leite**, 2004. Potencial nutritivo da silagem de sorgo. In: Workshop Sobre Produção De Silagem Na Amazônia, Belém. 2004. Anais, 1, 53-169 (Es).

9. **Flieg, O. F.**, 1937. The determination of acetic, butyric, and lactic acids in silage, *Biedermanns Zentr. F. Tierernhr.*, 9, 178-183.
10. **Fromme, D., P. Dotray, W. Grichar, and C. Fernandez**, 2012. Weed control and Grain Sorghum (*Sorghum bicolor*) tolerance to pyrasulfotole plus bromoxynil. *International Journal of Agronomy*, Article ID 951454. <https://doi.org/10.1155/2012/951454>
11. **Golubinova, I. and Pl. Marinov-Serafimov**, 2019. Influence of meteorological conditions on the accumulation of cyanogenic glycosides in a broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* (Körn.)) *Field Crop Studies*, XII (3), 71-82 (Bg).
12. **Jinying, X., Ch. Ruhong, Z. Ye, S. Zhigang, Z.;Ting and X. Xueyan**, 2013. Primary research on screening of herbicides in summer sowing broomcorn millet field. *Plant Diseases and Pests, Cranston*, 4 (3), 46-48.
13. **Latifi, P. and S. Jamshidi**, 2011. Management of Corn Weeds by Broomcorn Sorgaab and Foramsulfuron Reduced Doses Integration. 2011 International Conference on Biology, Environment and Chemistry IPCBEE vol. 24 (2011) IACSIT Press, Singapore, 412-415. Available from: <http://www.ipcbee.com/vol24/83-ICBEE2011-C30026.pdf>
14. **Marinov-Serafimov, Pl., I. Golubinova and R. Todorova**, 2017. Influence of herbicides Wing-P, Stomp Aqua and Gardoprim Plus Gold 500 SC on seed germination and initial development of the species of the genus Sorghum. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 20 (6), 150-159.
15. **Meier, U.**, 2018. Growth stages of mono-and dicotyledonous plants. BBCH Monograph., Julius Kühn-Institut (JKI), Quedlinburg, Germany. ISBN: 978-3-95547-071-5, DOI: 10.5073/20180906-074619.
16. **Moisio T. and M. Heikonen**, 1994. Lactic acid fermentation in silage preserved with formic acid. *Animal Feed Science and Technology*, 47, 107-124.
17. **Moon, N. J., L. O. Ely and E. M. Sudweeks**, 1980. Aerobic deterioration of wheat, lucerne and maize silages prepared with *Lactobacillus acidophilus* and a *Candida* spp. *Journal of applied bacteriology*, 49 (1), 75-87.
18. **Muck, R. E., Jr . L. Kung and M. Collins**, 2007. Silage production. In: Barnes RF, Nelson CJ, Moore KJ, Collins M, editors. Forages: the Science of Grassland Agriculture. 6th ed. II. Blackwell Publishing; Ames, IA, USA: pp. 617–633.
19. **Naumann, C. and R. Bassler**, 1997. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. In: Methodenbuch, Band III, VDLUFA Verlag, Darmstadt, Germany, pp. 1-6.
20. **Nevens, W. and K. Harshbarger**, 1940. Broomcorn silage for dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 23 (10), 1023-1029.
21. **Nevens, W. B. and K. E. Harshbarger**, 1940. Broomcorn Silage for Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 23 (10), 1023-1029.
22. **Rodriguez, J.**, 2012. Produção e utilização de silagem de sorgo. Available from: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95409/1/Producao-utilizacao.pdf> (Es).
23. **Serna-Saldívar, S. O., C. Chuck-Hernández, E. Pérez-Carillo and E. Heredia-Olea**, 2012. Sorghum as a multifunction crop for the production of fuel ethanol: current status and future trends. In *Bioethanol*, ed M.A.P. Lima (London, UK: InTech).
24. **Silva, C., Al. da Silva, W. do Vale, L. Galon, F. Petter, A. May and D. Karam**, 2014. Weed interference in the sweet sorghum crop. *Bragantia, Campinas*, 73 (4), 438-445.

25. **Stall, W. M., S. J. Locascio and R. C. Hochmuth**, 1990. Preemergence and postemergence weed control in snap beans. In: Proceedings of the Florida State Horticultural Society, vol. 102, pp. 329-332.
26. **Stefaniak, T., J. Dahlberg, B.Bean, N. Dighe, E. Wolfrum and W. Rooney**, 2012. Variation in biomass composition components among forage, biomass, sorghum-sudangrass, and sweet sorghum types. *Crop Sci.* 52 (4), 1949-1954.
27. **Tahir, M. and I. Khan**, 2005. Genetic potrnial of forage yielding sorghum x sudangrass hybrids for resistance to stem borer (*Chilo partellus*) and shoot fly (*Atherigona soccata*). *Pakistan Entomologist*, 27 (1), 57-62.