Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2018, 21 (5), 118-135
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan
ISSN 1311-0489 (Print)
ISSN 2367-8364 (Online)

Влияние на хербициди за почвено приложение върху покълването на семената и първоначалното развитие на техническо сорго (метла) (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.)

Пламен Маринов-Серафимов[1]*, Ирена Голубинова[1], Росица Тодорова[2]

[1]*Институт по фуражните култури, 5800 Плевен, България*
[2]*Опитна станция по соята, 5200 Павликени, Бълария*

Influence of herbicides for soil application on seed germination and initial development on the broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.)

Plamen Marinov-Serafimov[1]*, Irena Golubinova[1], Rositsa Todorova[2]

[1]*Institute of Forage Crops, 5800 Pleven, Bulgaria*
[2]*Soybean experimental station, 5200 Pavlikeni, Bulgaria*
**E-mail: plserafimov@abv.bg*

Received: 29.11.2018 *Accepted:* 18.12.2018 *Published:* 21.12.2018

РЕЗЮМЕ

През периода 2016-2017 г. в Институт по фуражните култури - Плевен при лабораторни условия е проучена чувствителността на шест образеца техническо сорго (метла) (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) към хербицидите Дуал Голд 960 ЕК; (960 g/l S-метолахлор); Зенкор 600 СК (600 g/l метрибузин); Лумакс 538 СК (375 g/l s-метолахлор + 125 g/l тербутилазин + 37.5 g/l мезотрион); Калисто 480 СК (480 g/l мезотрион); Стомп Аква (455 g/l пендиметалин) и Мерлин Флекс 480 СК (240 g/l изоксафлутол + 240 g/l ципросулфамид) върху покълването на семената и първоначалното развитие на растенията при лабораторни условия.

Установено е, че: Зенкор 600 СК, Калисто 480 СК, Стомп Аква и Мерлин Флекс 480 СК не окозват статистически доказан инхибиращ ефект (*IR* от 0.0 до 16.4%), върху лабораторната кълняе-

SUMMARY

During the period 2017-2018 at the Institute of Forage Crops - Pleven was studied sensitivity of six broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) accessions to the herbicides Dual Gold 960 EC (960 g/l S-metolachlor); Sencor 600 SC (600 g/l metribuzin); Lumax 538 SC (375 g/l s-metolachlor + 125 g/l terbuthylazine + 37.5 g/l mesotrione); Callisto 480 SC (480 g/l mesotrione); Stomp Aqua (455 g/l pendimethalin) and Merlin Flexx 480 SC (240 g/l isoxaflutole + 240 g/l cyprosulfamide) on seed germination and the initial development of plants, under laboratory conditions.

It was found that: Sencor 600 SC, Calisto 480 SC, Stomp Aqua and Merlin Flexx 480 SC do not show statistically significant inhibitory effects (*IR* from 0.0 to 16.4%), on the seed germination of мост на образците техническо сорго (метла) (Prima, GL15A, PL 16, MI16N и Scegedi 1023), в сравнение с контролните варианти; с относителен добра толерантност (*TI*) и най-слаб общ фитотоксичен ефект (*OFE*) се отличават образците техническо сорго (метла) MI16N, GL15A, Prima и PL16 след третиране с Мерлин Флекс 480 СК, а относително висок общ фитотоксичен ефект е отчетен при образец S14 след третиране със Стомп Аква, както и AS17P и GL15A при приложение на Зенкор 600 СК; приложените най-ниски дози на Мерлин Флекс 480 СК - 21.0 ml/da и Калисто 480 СК - 15 ml/da оказват статистически доказан стимулиращ ефект (хормезис) върху лабораторната кълняемост на семената при образец S14 (до 25.7%), както и стимулиращ ефект върху нарастването на дължина на кълна (от 11.9 до 16.1%) при образци S14 и Szegedi 1023, което определя интереса за включването им в селекционните програми, като донори за толерантност към хербициди съдържащи активно вещество мезотрион и/или изоксафлутол; установена е еквивалентност между селективността на хербицидите отчетена чрез коефициентът на инхибиране при нарастването на корен, стебло и кълновете и стойностите на общият фитотоксичен ефект в началните етапи от развитието на тестваните образци техническо сорго (метла).

Ключови думи: кълняемост, семена, хербициди, селективност, *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]

broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) accessions (Prima, GL15A, PL 16, MI16N and Scegedi 1023), compared to control variants in laboratory conditions; with the relative good tolerance (*TI*) to herbicides and the lowest total phytotoxic effect (*OFE*) broomcorn accessions are distinguished MI16N, GL15A, Prima and PL16 after treatment with Merlin Flexx 480 SC and a relatively high phytotoxic effect (*OFE*) has been reported in sample S14 after treatment with Stomp Aqua, as well as AS17P and GL15A at the applied Sencor 600 SC; the lowest applied doses of Merlin Flexx 480 SC - 21.0 ml/da and Callisto 480 SC - 15 ml/da had a statistically significant stimulating effect (hormhese) on laboratory seed germination at the accession S14 (up to 25.7%), as well as a stimulating effect (11.9 to 16.1%) in accessions S14 and Szegedi 1023, which determines the interest in their inclusion in the breeding programs,as donors for tolerance to herbicides containing the active substance mesotrione and/or isoxaflutole; an equivalence between the selectivity of the herbicides as measured by the growght inhibition of root, stem and seedling and the values from overall phytotoxic effect (*OFE*) in the early stages of development of the tested broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]) accessions.

Key words: germination, seeds, herbicides, selectivity, *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]

УВОД

Техническото сорго (метла) (*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).

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).

Благодарение на високата си екологична пластичност и повишена устойчивост към неблагоприятни абиотични фактори, определя *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] като перспективна култура за включване в сеитбообращения, в условия на глобално затопляне и засушаване (Moyer et al., 2003; Berenji and Dahlberg, 2004; Angelovaet al., 2011; Stefaniak et al., 2012).

Според проучванията на Jamshidi et al. (2011), Fromme et al. (2012), Silva et al. (2014) за реализиране на биологичния потенциал на видовете от род *Sorghum*, включително и при *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] е тясно свързан с бавния темп на отрастване и заплевеляване в критични фенофази (поникване – трети лист) от развитието им. Прилагането 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 при *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] в световен мащаб е частично проучена Latifi and Jamshidi (2011) и Jinying et al (2013), а у нас са крайно ограничени (Marinov-Serafimov et al., 2017). Обобщените резултати от експерименталната работа на (Gercheva et al., 2002; Rankova et al. 2004; Rankova, 2006; Rankova et al., 2006; Dimitrijević, et al., 2012; Nacheva et al., 2012; Yancheva et al., 2013; Dimitrijević, et al., 2016) показват, че извършването на скрииннинг за определяне селективността на хербициди при лабораторни условия, позволява лесно и бързо диференциране на фитотоксичността при редица селскостопански култури, както и установяване на видовата и сортова чувствителност в ранните етапи на селекционния процес.

Целта на изследването е установяване селективността на хербициди за почвено приложение, върху прорастването на семената и първоначалното

Due to their high ecological plasticity and increased resistance to unfavorable abiotic factors, *Sorghum vulgare* var. t*echnicum* [Körn.] is a perspective culture for inclusion in rotation, in global warming and drought conditions (Moyer et al., 2003; Berenji and Dahlberg, 2004; Angelovaet al., 2011; Stefaniak et al., 2012).

According to Jamshidi et al. (2011), Fromme et al. (2012); 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 infestance in critical growth stage (germination – third leaf) of their development. The use of herbicides with hight selectivity after seedling, befor 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 explored Latifi and Jamshidi (2011) and Jinying et al (2013) and are extremely limited in our country (Marinov-Serafimov et al., 2017). Summarized results of experimental work by (Gercheva et al., 2002; Rankova et al. 2004; Rankova, 2006; Rankova et al., 2006; Dimitrijević, et al., 2012; Nacheva et al., 2012; Yancheva et al., 2013; Dimitrijević, et al., 2016) show that performing screening to determine the selectivity of herbicides under laboratory conditions allows an easy and rapid differentiation of their phytotoxicity in a number of agricultural crops, as well as establishing species and variety sensitivity in the early stages of the breeding process.

The aim of the study is to determine the selectivity of herbicides applied after sowing, before the emergence of seed culture and the initial development of развитие на образци техническо сорго (метла) (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) за откриване на образци с по-ниска чувствителност към хербициди, което би спомогнало за повишаване на ефективността на селекционния процес.

accessions of broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) and detection of accessions with a lower sensitivity to herbicides, which could serve as a means of increasing the efficiency of the breeding process.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Проучването е проведено през периода 2017-2018 г. при лабораторни условия в Институт по фуражните култури - Плевен. Използвани са семена от образци техническо сорго (метла) *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] от работна колекция на Институт по фуражните култури - Плевен (Таблица1).

MATERIAL AND METHODS

The study was conducted during the period 2017-2018 in the laboratory conditions of the Institute of Forage Crops - Pleven. Broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) accessions were used from a working collection of the Institute for Forage Crops - Pleven (Table 1).

Таблица 1. Образци техническо сорго (метла) (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.)
Table 1. Broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) accessions

№	Образци / Accessions	
1.	S14	Местна популация от Югоизточна България / Local population from Southeast Bulgaria
2.	AS17P	Местна популация от Централна Северна България / Local population from Central Northern Bulgaria
3.	Prima	Сорт / Variety
4.	GL15A	Местни популации от Централна Северна България / Local populations from Central Northern Bulgaria
5.	PL16	
6.	MI16N	
7.	Szegedi 1023	Сорт / Variety

За да се оцени влиянието на тестваните хербициди върху покълването на семената и първоначалното развитие на *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] от всеки образец са поставяни по 100 броя семена в петриеви блюда с диаметър 90 mm в пясък (Mamiroa et al., 2015).

Проследявани са следните фактори: Фактор А – образец: a_1 – S14; a_2 – AS17P; a_3 – Prima; a_4 – GL15A; a_5 – PL16; a_6 – MI16N и a_7 – Szegedi 1023. Фактор В хербициди: b_1 – Дуал Голд 960 ЕК (960 g/l S-метолахлор); b_2 – Зенкор 600 СК (600 g/l метрибузин); b_3 – Лумакс 538 СК (375 g/l s-метолахлор + 125 g/l тербутилазин + 37.5 g/l мезотрион); b_4 – Калисто 480 СК (480 g/l мезотрион); b_5 – Стомп Аква (455 g/l пендиметалин) и b_5 – Мерлин Флекс 480 СК (240 g/l изоксафлутол + 240 g/l

In order to assess the effect of the tested herbicides on the seed germination and initial development of *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.], 100 seeds of each accession were placed in Petri dishes, 90 mm diameter in sand (Mamiroa et al., 2015).

The following factors were studied: Factor A – accessions: a_1 – S14; a_2 – AS17P; a_3 – Prima; a_4 – GL15A; a_5 – PL16; a_6 – MI16N и a_7 – Szegedi 1023. Factor B herbicides: b_1 – Dual Gold 960 EC (960 g/l S-metolachlor); b_2 – Sencor 600 SC (600 g/l metribuzin); b_3 – Lumax 538 SC (375 g/l s-metolachlor + 125 g/l terbuthylazine + 37.5 g/l mesotrione); b_4 Callisto 480 SC (480 g/l mesotrione); b_5 – Stomp Aqua (455 g/l pendimethalin); b_6 – Merlin Flexx 480 SC (240 g/l isoxaflutole + 240 g/l ципросулфамид). Фактор С дози на приложение: c_1 – 25%; c_2 – 50% и c_3 – 100% от доза определена от фирмата производител. Дозите на хербицидите са преизчислени, спрямо площта на петриевите блюда. За контрола е използвана дестилирана вода. Всеки вариант е залаган в осем повторения. Пробите са поставени в термостат при температура 22 ± 2 ^{0}C за седем дни

Определяни са следните показатели: Кълняемост на семената (%); дължина на корен, стебло и кълн (cm) за всички варианти на опита.

Коефициентът на инхибиране (*IR*) е определян по уравнението:

cyprosulfamide). Factor C application doses: c_1 – 50%; c_2 – 100% и c_3 – 150% of the dose determined by the manufacturer. The dose of the herbicides was recalculated to the area of the petri dishes. Distilled water was used as a control. Each variant had eight replications. The samples were then placed in a thermostat operated device at a temperature of 22 ± 2 ^{0}C for seven days.

The following characteristics were determined: Percentage of germinated seeds (%); root, stem and seedling length (cm) for all treatments of the study.

Inhibition rate (*IR*) was determined by the equation (1).

$$IR = \left[\frac{C - T}{C}\right].100 \quad (1)$$

където *C* – отчетени показатели за всеки един от контролните варианти; *T* – отчетени показатели във всяко едно третиране;

Скорост на нарастване ($K_{cm/d}$) е определяна по формулата на Mamonov and Kim (1978).

where *C* – studied parameters in each control treatments; *T* – studied parameters in each treatment;

Growth rate ($K_{cm/d}$) is determined by the equation (2) Mamonov and Kim (1978).

$$K_{cm/d} = \frac{(W_2 - W_1)}{t_d} \quad (2)$$

където W_1 – начален етап на отчитане, W_2 – краен етап на отчитане, t_d – период от време в интервала $W_2 – W_1$

Коефициент на алометрия (*CA*) е определян по формулата на Nasr and Mansour (2005).

where W_1 – initial stage of reporting; W_2 – final stage of reporting; t_d – period of time in the range $W_2 – W_1$.

Allometric coefficient (*CA*) is determined by the equation (3) (Nasr and Mansour, 2005).

$$CA = \frac{L_r}{L_s} \quad (3)$$

където *Lr* – дължина (cm) на корена, *Ls* – дължина (cm) на стеблото.

Индекс на толерантност (*TI*) е определян, чрез адаптирана формула Tahseen and Jagannath (2015) съгласно уравнение (4).

where *Lr* – length (cm) of the root, *Ls* – length (cm) of the stem.

Tolerance Index (*TI*) was determined an adapted formula by Tahseen and Jagannath (2015), equation (4).

$$TI = \frac{LS_{TR}}{LS_{CT}.100} \quad (4)$$

където LS_{TR} – дължина на кълна във всяко едно третиране, cm; LS_{CT} –

where LS_{TR} – longest of seedlings in each treatment, *cm;* LS_{CT} – longest of дължина за всеки един от контролните варианти, cm.

Общ фитотоксичен ефект (OFE) е определян по уравнението:

seedlings in each control treatment, *cm;*

Overall phytotoxic effect (OFE) was determined by the Equation:

$$OFE = IR_{average} \cdot \frac{IR_{min} - IR_{max}}{100} \qquad (5)$$

където $IR_{average}$ – степен на инхибиране при нарастване на кълна, средно за всеки хербицид от всички проучвани дози, %; IR_{min} – при най-ниската и IR_{max} – най-високата доза за всеки хербицид, %.

Кълняемостта на семената е изчислявана след предварително *arcsin* – трансформиране по формулата на Hinkelmann and Kempthorne (1994).

where $IR_{average}$ – Inhibition rate on length of the seedlings, average for each herbicide of all studied doses, %; IR_{min} – at the lowest and IR_{max} – the highest dose for each herbicide,%.

The percentage of seed germination was calculated after preliminary *arcsin* - transformation following the formula, forwarded by Hinnkelmann and Kempthorne (1994).

$$Y = arcsin\sqrt{\left(\frac{X_{\%}}{100}\right)}$$

Експерименталните данни са обработени математико-статистически с помощта на софтуерните продукти *Statgraphics* Plus for Windows Ver. 2.1 и Statistica Ver. 10.

Experimental data were analyzed using the software Statgraphics Plus for Windows Ver. 2.1 and Statistica Ver. 10.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Резултатите от биотестовете направени с хербициди за почвено приложение (Дуал Голд 960 ЕК, Зенкор 600 СК, Лумакс 538 СК, Калисто 480 СК, Стомп Аква и Мерлин Флекс 480 СК) оказват от стимулиращ (*IR* от -5.3 до -25.7%) - до инхибиращ ефект (*IR* от 4.3 до 100%) върху покълването на семената при образците техническо сорго (метла) (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) (Таблица 2). Най-силен депреси-ращ ефект върху лабораторната кълняе-мост на семената оказват хербицидите Зенкор 600 СК, Стомп Аква и Мерлин Флекс 480 СК (*IR* от 5.7 до 81.5%) при образците S14, AS17P при всички при-ложени дози, като разликите са статис-тически доказа-но намалени при P=0.05 в сравнение с контролните варианти.

RESULTS AND DISCUSSION

The results of bioassays made with soil application herbicides (Dual Gold 960 EC, Sencor 600 SC, Lummax 538 SC, Calisto 480 SC, Stomp Aqua and Merlin Flexx 480 SC) had a stimulating (*IR* of -5.3 to -25.7%) - to an inhibitory effect (*IR* of 4.3 to 100%) on seed germination of broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) accessions (Table 2). The strongest depressing effect on laboratory germination of the seeds were detected in the herbicides Sencor 600 SC, Stomp Aqua and Merlin Flexx 480 SC (*IR* from 5.7 to 81.5%) in the accessions S14, AS17P at all applied doses, the differences was statistically significantly reduced at P = 0.05 compared to control variants.

Таблица 2. Влияние на хербициди за почвено приложение върху кълняемостта на семената при образците техническо сорго (метла) (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.)

Table 2. Effect of herbicides for soil treatment on seed germination of broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) accessions

Хербициди Herbicides	Доза, ml(g)da Dose, ml(g)da		Образци / Accessions						
			S14	AS17P	Prima	GL15A	MI16N	PL16	Szegedi 1023
Контрола /Control	0.0	$GS_{\%}$	71.57ef	90,00b	80,78b	90,00d	76,72b	76,72b	80,80c
		IR	0.0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Дуал Голд 960 ЕК Dual Gold 960 EC	60.0	$GS_{\%}$	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	120.0	$GS_{\%}$	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	180.0	$GS_{\%}$	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Зенкор 600 СК Sencor 600 SC	22.5	*IR*	67.50d	45.00ab	90.00b	71.57b-d	73.39b	73.39b	80.78c
		$GS_{\%}$	5.7	50.0	-11.4	20.5	4.3	4.3	0.0
	45.0	*IR*	56.79cd	39.23a	76.72b	71.57bcd	61.17b	61.17b	80.78c
		$GS_{\%}$	20.7	56.4	5.0	20.5	20.3	20.3	0.0
	67.5	*IR*	47.88c	19.62a	67.50b	60.11bc	64.18b	64.18b	70.38c
		$GS_{\%}$	33.1	78.2	16.4	33.2	16.3	16.3	12.9
Лумакс 538 СК Lumax 538 SC	150	*IR*	28.39b	13.28a	64.18b	54.22b	25.38a	25.38a	34.60bc
		$GS_{\%}$	60.3	85.2	20.6	39.8	66.9	66.9	57.2
	300.0	*IR*	0.00a	0.00a	0.00a	9.22a	0.00a	0.00a	0.00a
		$GS_{\%}$	100.0	100.0	100.0	89.8	100.0	100.0	100.0
	450.0	*IR*	0.00a	0.00a	0.00a	16.61a	0.00a	0.00a	0.00a
		$GS_{\%}$	100.0	100.0	100.0	81.5	100.0	100.0	100.0
Калисто 480 СК Callisto 480 SC	15.0	*IR*	90.00f	25.38a	76.72b	80.78cd	73.39b	64.18b	80.78c
		$GS_{\%}$	-25.7	71.8	5.0	10.2	4.3	16.3	0.0
	30.0	*IR*	71.57ef	22.50a	90.00b	80.78cd	73.39b	64.18b	90.00c
		$GS_{\%}$	0.0	75.0	-11.4	10.2	4.3	16.3	-11.4
	45.0	*IR*	56.79cd	22.50a	76.72b	90.00d	73.39b	64.18b	73.39c
		$GS_{\%}$	20.7	75.0	5.0	0.0	4.3	16.3	9.2
Стомп Аква Stomp Aqua	175.0	*IR*	56.79cd	31.72a	67.50b	80.78cd	80.78b	80.78b	76.72c
		$GS_{\%}$	20.7	64.8	16.4	10.2	-5.3	-5.3	5.1
	350.0	*IR*	56.79cd	22.50a	76.72b	80.78cd	73.39b	73.39b	73.39c
		$GS_{\%}$	20.7	75.0	5.0	10.2	4.3	4.3	9.2
	525.0	*IR*	39.11bc	16.61a	80.78b	76.72bcd	70.38b	70.38b	64.62c
		$GS_{\%}$	45.4	81.5	0.0	14.8	8.3	8.3	20.0
Мерлин Флекс 480 СК Merlin Flexx 480 SC	21.0	*IR*	90.00f	31.72a	90.00b	80.78cd	80.78b	73.39b	76.72c
		$GS_{\%}$	-25.7	64.8	-11.4	10.2	-5.3	4.3	5.1
	42.0	*IR*	90.00f	25.38a	80.78b	80.78cd	76.72b	73.39b	67.50bc
		$GS_{\%}$	-25.7	71.8	0.0	10.2	0.0	4.3	16.5
	63.0	*IR*	42.12bc	35.78a	76.72b	76.72bcd	80.78b	80.78b	67.50bc
		$GS_{\%}$	41.2	60.2	5.0	14.8	-5.3	-5.3	16.5

Легенда*: a, b, c, d, e, f,* - статистически доказани разлики при P=0.05; RL_{cm} – дължина на корена, %; IR – степен на инхибиране

Legend: *a, b, c, d, e, f,* - statistically significant differences at P = 0.05; RL_{cm} – root length, %; IR – inhibition rate

При всички останали образци техническо сорго (метла) (Prima, GL15A, PL 16, MI16N и Scegedi 1023) лабораторната кълняемост на семената варира в широк диапазон (от 90.0 до 64.18%) и практически не се влияе от приложените на хербициди Зенкор 600

In all other broomcorn accessions (Prima, GL15A, PL 16, MI16N and Scegedi 1023), seed germination ranges (from 90.0 to 64.18%) and is practically unaffected by the application of the herbicides Sencor 600 SK, Calisto 480 SC, Stomp Aqua and Merlin Flexx 480

СК, Калисто 480 СК, Стомп Аква и Мерлин Флекс 480 СК (*IR* от 0.0 до 16.4%), като разликите са статистически недоказани при всички приложени дози, в сравнение с контролните варианти.

Хербицидите Дуал Голд 960 ЕК и Лумакс 538 СК оказват летален ефект върху кълняемост на семената с изключение на най-ниската доза 150 ml/da на Лумакс 538 СК. Статистически доказан стимулиращ ефект (хормоза) при проучвания показател е установен при местната популация S14 (*IR* -25.7) след третиране с хербицидите Калисто 480 СК и Мерлин Флекс 480 СК, но само при по-ниските приложени дози (Таблица 2).

Динамиката на нарастване на корена, стеблото и кълнове в началните етапи от развитието на техническото сорго (метла), зависи основно от генотипа и селективността на тестваните хербициди за почвено приложение (Таблица 3). Най-голяма дължина (RL_{cm}) и скорост на нарастване ($K_{cm/d}$) на кълновете е отчетена при образец MI16N ($RL_{cm(кълн)}$ 18,17 и $K_{cm/d}$ 2.60), а най-малка при Szegedi 1023 и S14 (съответно $RL_{cm(кълн)}$ от 9.20 до 9,39 cm и $K_{cm/d}$ от 1.32 до 1.35), докато AS17P, Prima, GL15A и PL16 и заемат междинна позиция ($RL_{cm(кълн)}$ от 11.18 до 15.38 и $K_{cm/d}$ от 1.60 до 15.38).

Хербицидите в приложените дози оказват от стимулиращ (*IR* от 11.9 до 16.1%) до статистически доказан инхибиращ ефект (*IR*) върху нараства-нето на кълна (*IR* от 3.9 до 100%) при образците техническо сорго (метла) в сравнение с контролните варианти (Таблица 5).

Най-силно е редуцирана дължината на кълна при всички образци техническо сорго след прилагане на хербицидите Лумакс 538 СК ($IR_{средно}$ от 91.5 до 98.5%), Стомп Аква ($IR_{средно}$ от 85.6 до 98.9%), Мерлин Флекс 480 СК ($IR_{средно}$ от 5.4 до 57.9%) и Зенкор 600 СК ($IR_{средно}$ от 25.5 до 63.5%) и най-слабо при третиране с Калисто 480 СК ($IR_{средно}$ от 4.6 до 51.4%), спрямо контролните варианти с дестилирана вода, като разликите са статистически

SC (*IR* from 0.0 to 16.4%), with differences not statistically significant at all applied doses, compared to control variants.

The Dual Gold 960 EC and Lumax 538 SC herbicides had a lethal effect on seed germination, except for the lowest applied dose of 150 ml/da of Lumax 538 SC. A statistically significant stimulating effect (hormesis) in the study was found in the local population S14 (*IR* -25.7) after treatment with herbicides Calisto 480 SC and Merlin Flexx 480 SC, but only at the lowest applied doses (Table 2).

The growth dynamics of root, stem, and seedlings in the initial stages of development the broomcornt depends mainly on the accessions and selectivity of the tested herbicides for soil application (Table 3). The largest length (RL_{cm}) and germination rate ($K_{cm/d}$) per seedling was recorded for the accession MI16N ($RL_{cm(seedling)}$ 18.17 and $K_{cm/d}$ 2.60), and the accession in Szegedi 1023 variety and S14 (respectively $RL_{cm(seedling)}$ from 9.20 to 9.39 cm and $K_{cm/d}$ from 1.32 to 1.35), while AS17P, Prima, GL15A and PL16 had an intermediate position ($RL_{cm(seedling)}$ of 11.18 to 15.38 and $K_{cm/d}$ of 1.60 to 15.38).

The herbicides at the applied doses had *IR* (from 11.9 to 16.1%) a statistically significant inhibitory effect (*IR*) on the growth of seedlings (*IR* from 3.9 to 100%) at the accessions broomcoorn as compared to the control variants (Table 5).

Most strongly reduced length of the seedlings in all accessions of broomcorn affter treatment with herbicides Lumax 538 SC ($IR_{average}$ from 91.5 to 98.5%), Stomp Aqua ($IR_{average}$ from 85.6 to 98.9%), Merlin Flexx 480 SC ($IR_{average}$ 5.4 to 57.9 %) and Sencor 600 SC ($IR_{average}$ of 25.5 to 63.5%) and the lowest with treatment with Calisto 480 SC (IR in the mean of 4.6 to 51.4%) compared to control variants with distilled water, the differences were statistically significant доказано намалени при P=0.05, независимо, че процентът на покълналите семена при образците Prima, GL15A, PL16, MI16N и Szegedi 1023 след третиране с посочените хербициди са показали тенденция към изравняване с контролния вариант – дестилирана вода, а разликите са статистически недоказани (Таблица 3).

reduced at the P = 0.05. Although the percentage of germinated seeds of the accessions Prima, GL15A, PL16, MI16N and Szegedi 1023 after treatment with the indicated herbicides showed a tendency towards alignment with the control variant – distilled water, the differences were statistically unsignificantn (Table 3).

Таблица 3. Влияние на хербициди за почвено приложение върху нарастването на кълна при образците техническо сорго (метла) (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.)

Table 3. Effect of herbicides for soil treatment on seedling length of broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) accessions

Хербициди Herbicides	Доза, ml(g)da Dose, ml(g)da		Образци / Accessions						
			S14	AS17P	Prima	GL15A	MI16N	PL16	Szegedi 1023
Контрола /Control	0.0	SEL_{cm}	9.25ef	11.18i	14.32g	15.38f	18.17g	14.06h	9.39de
		IR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Дуал Голд 960 ЕК Dual Gold 960 EC	60.0	SEL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	120.0	SEL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	180.0	SEL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Зенкор 600 СК Sencor 600 SC	22.5	SEL_{cm}	8.88ef	9.40hi	8.16de	7.61c	9.55f	8.44de	8.74c-e
		IR	4.0	15.9	43.0	50.5	47.4	40.0	6.9
	45.0	SEL_{cm}	4.96d	5.38c-e	6.28c	6.61bc	6.34c	6.30bc	7.24c
		IR	46.4	51.9	56.1	57.0	65.1	55.2	22.9
	67.5	SEL_{cm}	4.12cd	5.38c-f	4.38b	5.41b	3.97b	5.18b	5.00b
		IR	55.5	51.9	69.4	64.8	78.1	63.2	46.7
Лумакс 538 СК Lumax 538 SC	150	SEL_{cm}	1.16ab	1.00ab	3.63b	0.85a	1.14a	1.48a	1.20a
		IR	87.5	91.1	74.6	94.5	93.7	89.4	87.2
	300.0	SEL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	450.0	SEL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Калисто 480 СК Callisto 480 SC	15.0	SEL_{cm}	10.35g	9.20g-i	8.58ef	9.89e	10.35f	10.47fg	9.03c-e
		IR	-11.9	17.7	40.0	35.6	43.0	25.5	3.9
	30.0	SEL_{cm}	8.83ef	5.92e-g	9.80f	9.37e	8.83ef	10.09e-g	7.50c
		IR	4.5	47.1	31.5	39.1	51.4	28.2	20.1
	45.0	SEL_{cm}	7.29e	7.75f-h	7.50c-e	9.75e	7.29c-e	8.59d-f	7.59cd
		IR	21.1	30.6	47.6	36.6	59.8	38.9	19.2
Стомп Аква Stomp Aqua	175.0	SEL_{cm}	0.42a	1.14ab	1.19a	1.38a	1.51a	1.08a	1.26a
		IR	93.5	92.5	91.7	91.0	91.7	92.3	86.6
	350.0	SEL_{cm}	0.60a	1.44ab	1.16a	1.24a	1.22a	1.40a	1.36a
		IR	94.2	89.8	91.9	91.9	93.3	90.0	85.5
	525.0	SEL_{cm}	0.54a	0.83a	1.53a	1.41a	1.17a	2.00a	1.43a
		IR	95.5	87.1	89.3	90.8	93.6	85.8	84.8
Мерлин Флекс 480 СК Merlin Flexx 480 SC	21.0	SEL_{cm}	2.13ab	5.08c-e	6.50cd	10.10e	6.50cd	4.70b	10.90f
		IR	77.0	54.6	54.6	34.3	64.2	66.6	-16.1
	42.0	SEL_{cm}	3.20ab	4.33b-d	7.80d-f	8.20cd	8.50d-f	7.55cd	8.60c-e
		IR	65.4	61.2	45.5	46.7	53.2	46.3	8.4
	63.0	SEL_{cm}	1.00ab	4.70b-d	8.25d-f	7.60c	9.10ef	11.00g	7.15bc
		IR	89.2	57.9	42.4	50.6	49.9	21.8	23.8

Легенда: *a, b, c, d, e, f,* - статистически доказани разлики при P=0.05; RL_{cm} – дължина на кълна, %; IR – степен на инхибиране

Legend: *a, b, c, d, e, f,* - statistically significant differences at P = 0.05; RL_{cm} – seedling length, %; IR – inhibition rate

Приложените по-ниски дози на хербицидите Зенкор 600 СК - 22.5 ml/da, Калисто 480 СК - 15 ml/da и Мерлин Флекс 480 СК - 21 ml/da не оказват статистически доказан инхибиращ ефект върху нарастването на кълна при образците техническо сорго (метла), както следва: Зенкор 600 СК - 22.5 ml/da и Калисто 480 СК - 15 ml/da (S14, AS17P и Szegedi 1023), а при Мерлин Флекс 480 СК - 21 ml/da (S14, AS17P и Szegedi 1023).

Изключение от описаната зависимост е установена при образци S14 и Szegedi 1023, съответно след третиране с най-ниските дози на хербицидите Калисто 480 СК - 15 ml/da и Мерлин Флекс 480 СК - 21 ml/da, където се установява статистически доказан стимулиращ ефект (хормезис) (от 11.9 до 16.1%), което определя интереса за включването им в селекционните програми, като донори за толерантност към хербициди съдържащи активни вещества мезотрион и/или изоксафлутол.

Аналогични са и получените резултати в експерименталната работа на Cedergreen et al. (2006), Søbye et al., 2010 и Bashir et al. (2015), според които прилагането на редуцирани дози хербициди съдържащи мезотрион и изоксафлутол могат да предизвикват стимулиращ ефект (хормоза) при редица растителни видове.

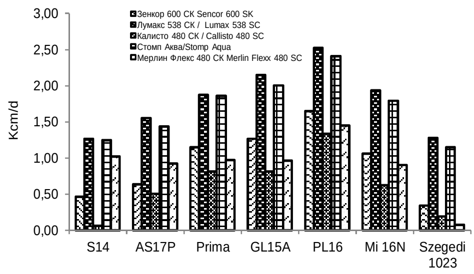
Количественото изменение в динамиката на нарастване на кълна при образците техническото сорго (метла) в зависимост от вида на хербицида и приложените дози кореспондират със скоростта на нарастване ($K_{cm/d}$) и индексът на толерантност (*TI*) (Фигура 1 и 2).

The applied lower doses of Sencor 600 SC - 22.5 ml/da, Callisto 480 SC - 15 ml/da and Merlin Flexx 480 SC - 21 ml/da had no statistically significant inhibitory effect on seedling growth in broomcorn accessions, as followed by Sencor 600 SC - 22.5 ml/da and Callisto 480 SC - 15 ml/da (S14, AS17P and Szegedi 1023) and Merlin Flexx 480 SC - 21 ml/da (S14, AS17P Szegedi 1023).

An exception to the relationship described dependence was detected in accessions S14 and Szegedi 1023, respectively after treatment with the lowest doses of herbicides Calisto 480 SC - 15 ml/da and Merlin Flexx 480 SC - 21 ml/da, where a statistically significant stimulating effect (hormesis) was established (from 11.9 to 16.1%), which determines the interest in their inclusion in the breeding programs, as donors for tolerance to herbicides with active ingredients mesotrione and/or isoxaflutole.

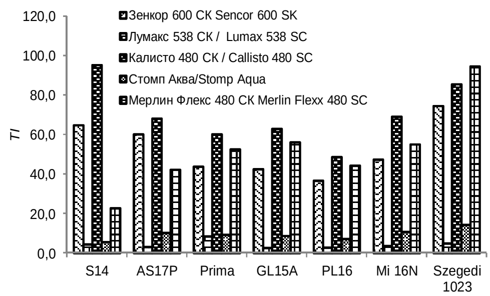
Similar results in experimental work had reported by Cedergreen et al. (2006), Søbye et al., 2010 and Bashir et al. (2015), according to them which the applied low rates of herbicides (mesotrione и isoxaflutole) can stimulate plant growth (hormesis) in a number of plant species.

The quantitative change in dynamics seedling growth in broomcorn accessions, depending on the type of herbicides and the applied doses, corresponds to the rate of increase ($K_{cm/d}$) and the and the tolerance index (*TI*) (Figure 1 and 2).



Фиг. 1. Скорост на нарастване ($K_{cm/d}$) на кълновете при образци техническо сорго (метла) (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) след третиране с хербициди

Fig. 1. Growth rate ($K_{cm/d}$) of the seedlings in broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) accessions after treatment with herbicides



Фиг. 2. Индекс на толерантност (*TI*) при образци техническо сорго (метла) (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) след третиране с хербициди

Fig. 2 Tolerance Index (*TI*) in broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) accessions after treatment with herbicides

С относителен най-висока толерантност (*TI*) към тестваните хербициди условно могат да се определят образците Szegedi 1023 при третиране със Зенкор 600 СК ($K_{средно}$ -0.34, $TI_{средно}$ 74.5%), Калисто 480 СК ($K_{средно}$ -0.19, $TI_{средно}$ 85.6%)р Мерлин Флекс 480 СК ($K_{средно}$ -0.10, $TI_{средно}$ 94.6%) и S14 при приложение на Калисто 480 СК ($K_{средно}$ -0.06, $TI_{средно}$ 85.6%).

От извършените дисперсионни и регресионни анализи е видно, че хербицидите имат доказан инхибираш ефект върху динамиката на нарастване на корена и кълна (Таблици 4 и 5).

При повече от изследваните образци техническо сорго (метла), приложените хербициди подтискат в по-голяма степен нарастването на корена в сравнение със стеблото (средно от 1.02 до 2.25 пъти). Степента на инхибиране при нарастване на корена *IR* е в диапа-зона от 42.9 до 96.7%, а на стеблото *IR* е в границите от 17.7 до 94.5%.

Силен инхибиращ ефект върху нарастването на корена и стеблото при образците техническо сорго (метла) оказват хербицидите Лумакс 538 СК и Стомп Аква ($IR_{средно}$ от 86.9 до 96.7%), а относително слаб е отчетен при Калисто 480 СК и Мерлин Флекс 480 СК ($IR_{средно}$ от 17.7 до 58.8%), спрямо контролните варианти с дестилирана вода.

With the relative highest tolerance (*TI*) to the tested herbicides, conditionally can be determined the accessions Szegedi 1023 after treatment with Sencor 600 SC ($K_{average}$ -0.34, $TI_{average}$ 74.5%) Calisto 480 SC ($K_{average}$ -0.19,$TI_{average}$ 85.6%) and Merlin Flex 480 SC ($K_{average}$ -0.10, $TI_{average}$ 94.6%) and S14 with Calisto 480 SC ($K_{average}$ -0.06,$TI_{average}$ 85.6%).

From the dispersion and regression analyzes performed, it was found that herbicides had a statisticli significant inhibitory effect on the growth dynamics of root and stem (Tables 4 and 5).

In most of the studied broomcorn accessions, the applied herbicides greatly suppressof the root, compared to the stem (average of 1.02 to 2.25 times). The *IR* root inhibition rate is in the range of 42.9 to 96.7%, and the stem *IR* varied from 17.7 to 94.5%.

A strong inhibitory effect on the growth of development of the root and stem in the broomcorn accessions had the herbicides Lumax 538 SC and Stomp Aqua ($IR_{average}$ from 86.9 to 96.7%), and relatively low was reported in Calisto 480 SC and Merlin Flexx 480 SC ($IR_{average}$ from 17.7 to 58.8 %) acording to control variants with distilled water.

Таблица 4. Влияние на хербициди за почвено приложение върху нарастването на корена при образци техническо сорго (метла) (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.)

Table 4. Effect of herbicides for soil treatment on root length of broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) accessions

Хербициди Herbicides	Доза, ml(g)da Dose, ml(g)da		Образци / Accessions						
			S14	AS17P	Prima	GL15A	MI16N	PL16	Szegedi 1023
Контрола /Control	0.0	SEL_{cm}	4.25c	6.98f	8.47j	9.08e	9.94i	8.29i	5.50g
		IR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Дуал Голд 960 ЕК Dual Gold 960 EC	60.0	SEL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	120.0	SEL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	180.0	SEL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Зенкор 600 СК Sencor 600 SC	22.5	SEL_{cm}	5.76d	3.50de	4.34ghi	3.50c	5.33h	4.71fg	4.26ef
		IR	-35.6	49.8	48.8	61.4	46.5	43.3	22.5
	45.0	SEL_{cm}	1.67b	1.56abc	1.94cd	1.72bc	2.68c	2.13ce	2.39cd
		IR	60.8	77.6	77.1	81.0	73.0	74.3	56.5
	67.5	SEL_{cm}	1.04ab	1.63abc	1.18bc	1.93b	1.44b	1.79be	1.78bc
		IR	75.6	76.7	86.1	78.7	85.5	78.4	67.6
Лумакс 538 СК Lumax 538 SC	150	SEL_{cm}	0.24a	0.50abc	2.19de	0.39ab	0.40a	0.28ab	0.56a
		IR	94.4	92.8	74.2	95.7	96.0	96.6	89.7
	300.0	SEL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	450.0	SEL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Калисто 480 СК Callisto 480 SC	15.0	SEL_{cm}	4.18c	4.00e	3.75fg	4.58d	4.18fg	5.94h	4.47fg
		IR	1.7	42.7	55.7	49.5	58.0	28.4	18.7
	30.0	SEL_{cm}	3.83c	2.25cd	4.88i	4.47d	3.83ef	5.50gh	3.63ef
		IR	9.8	67.7	42.5	50.7	61.5	33.7	34.1
	45.0	SEL_{cm}	3.35c	2.25cd	3.69fg	4.58d	3.35cd	3.91f	3.68ef
		IR	21.1	67.7	56.4	49.6	66.3	52.8	33.2
Стомп Аква Stomp Aqua	175.0	SEL_{cm}	0.10a	0.50ab	0.56ab	0.49a	0.55a	0.54ab	0.60a
		IR	97.6	92.8	93.4	94.6	94.5	93.5	89.1
	350.0	SEL_{cm}	0.13a	0.66ab	0.49ab	0.51a	0.69a	0.74ab	0.64a
		IR	96.9	90.5	94.2	94.4	93.1	91.1	88.4
	525.0	SEL_{cm}	0.14a	0.33ab	0.67ab	0.57a	0.52a	0.69ab	0.69a
		IR	96.7	95.2	92.1	93.7	94.8	91.7	87.5
Мерлин Флекс 480 СК Merlin Flexx 480 SC	21.0	SEL_{cm}	0.38ab	1.66abc	2.90ef	4.95d	3.70ef	2.25de	5.90g
		IR	91.1	76.2	65.8	45.5	62.8	72.9	-7.3
	42.0	SEL_{cm}	0.51ab	1.50abc	3.70fgh	4.50d	5.05gh	3.85f	4.15efg
		IR	88.0	78.5	56.3	50.4	49.2	53.6	24.5
	63.0	SEL_{cm}	0.38ab	2.10bc	4.70hi	4.25cd	4.90gh	5.25fg	3.25de
		IR	91.2	69.9	44.5	53.2	50.7	36.7	40.9

Легенда*: a, b, c, d, e, f,* - статистически доказани разлики при P=0.05; RL_{cm} – дължина на корена, %; IR – степен на инхибиране

Legend: *a, b, c, d, e, f,* - statistically significant differences at P = 0.05; RL_{cm} – root length, %; IR – inhibition rate

Таблица 5. Влияние на хербициди за почвено приложение върху нарастването на стеблото при образци техническо сорго (метла) (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.)

Table 5. Effect of herbicides for soil treatment on stem length of broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) accessions

Хербициди Herbicides	Доза, ml(g)da Dose, ml(g)da		Образци / Accessions						
			S14	AS17P	Prima	GL15A	MI16N	PL16	Szegedi 1023
Контрола /Control	0.0	SEL_{cm}	5.00ef	4.20d-f	5.84e	6.30f	8.22g	5.76g	3.89bc
		IR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Дуал Голд 960 ЕК Dual Gold 960 EC	60.0	SEL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	120.0	SEL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	180.0	SEL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Зенкор 600 СК Sencor 600 SC	22.5	SEL_{cm}	3.12cd	5.90g	3.82b-d	4.11b-d	4.23de	3.74c-e	4.47c
		IR	37.6	-40.5	34.7	34.7	48.6	35.2	-14.7
	45.0	SEL_{cm}	3.29d	3.81d-f	4.33b-d	4.89c-e	3.66cd	4.17de	4.84c
		IR	34.2	9.2	25.8	22.4	55.5	27.7	-23.9
	67.5	SEL_{cm}	3.08cd	3.75d-g	3.21b	3.48b	2.53bc	3.38cd	3.22b
		IR	38.5	10.7	45.1	44.8	69.2	41.3	16.9
Лумакс 538 СК Lumax 538 SC	150	SEL_{cm}	0.92a	0.50ab	1.44a	0.45a	0.74ab	1.20ab	0.64a
		IR	81.6	88.1	75.3	92.8	91.0	79.2	81.8
	300.0	SEL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	450.0	SEL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Калисто 480 СК Callisto 480 SC	15.0	SEL_{cm}	6.18h	5.50g	4.83c-e	5.32ef	6.18f	4.53d-f	4.55c
		IR	-23.5	-31.0	17.3	15.6	24.9	21.4	-16.6
	30.0	SEL_{cm}	5.00ef	3.67d-f	4.93de	4.89c-e	5.00ef	4.59e-g	3.88bc
		IR	0.0	12.7	15.7	22.3	39.2	20.4	0.4
	45.0	SEL_{cm}	3.94de	5.20e-g	3.81b-d	5.18e	3.94de	4.68e-g	3.91bc
		IR	21.2	-23.8	34.9	17.9	52.1	18.9	-0.5
Стомп Аква Stomp Aqua	175.0	SEL_{cm}	0.32a	0.64ab	0.63a	0.89a	0.96a	0.54a	0.66a
		IR	90.6	88.1	89.2	85.9	88.3	90.6	81.2
	350.0	SEL_{cm}	0.47a	0.78ab	0.67a	0.73a	0.53a	0.66a	0.72a
		IR	92.0	84.8	88.5	88.4	93.6	88.6	79.6
	525.0	SEL_{cm}	0.40a	0.50ab	0.86a	0.84a	0.65a	1.31a	0.74a
		IR	93.6	81.4	85.3	86.7	92.1	77.3	79.1
Мерлин Флекс 480 СК Merlin Flexx 480 SC	21.0	SEL_{cm}	1.75a-d	3.41c-e	3.60b-d	5.15d-f	2.80b-d	2.45bc	5.00d
		IR	65.0	18.8	38.4	18.3	65.9	57.5	-27.9
	42.0	SEL_{cm}	2.69a-d	2.83bb-d	4.10b-d	3.70bc	3.45cd	3.70c-e	4.45d
		IR	46.2	32.5	29.8	41.3	58.0	35.8	-14.1
	63.0	SEL_{cm}	0.63ab	2.60a-d	3.55bc	3.35b	4.20de	5.75fg	3.90bc
		IR	87.5	38.1	39.2	46.8	48.9	0.3	-0.3

Легенда*: a, b, c, d, e, f,* - статистически доказани разлики при P=0.05; RL_{cm} – дължина на стеблото, %; IR – степен на инхибиране

Legend: *a, b, c, d, e, f,* - statistically significant differences at P = 0.05; RL_{cm} – stem length, %; IR – inhibition rate

Следователно, покълването на семената (Таблица 2) може да се разглежда, като по-слабо чувствителен период от индивидуалното развитие на техническото сорго (метла), докато нарастването на корена, стеблото и кълновете (Таблици 3, 4 и 5) могат да

Therefore, seed germination (Table 2) can be regarded as a less sensitive period than the individual growth and development of the broomcorn, as compared to root, stem and seedling growth (Tables 3, 4 and 5) and can be used , as a potential test to determine the бъдат използвани, като потенциален тест за определяне фитотоксичното въздействие на хербициди за почвено приложение в *in vitro* условия.

В резултат на прякото въздействие на хербицидите върху нарастването на кълновете при образците техническо сорго (метла), коефициентите на алометрия (*CA*) се променя в границите от 0.54 до 5.27.

Установена е тенденция за по-високи стойности на коефициентите на алометрия (СА) при образците техническо сорго (метла) с относително по-ниска чувствителност, средно за всички тествани хербициди и по-високи при по-чувствителните образци. При всички проучвани образци техническо сорго (метла) под въздействие на хербицидите средните коефициенти на алометрия (*CA*) варират в широк диапазон от 0.66 до 5.19, което определя значителни генотипни различия и може условно да бъдат групирани в следния възходящ ред: Szegedi 1023 - 1.04 > Prima - 1.11> GL15A - 1.18>PL16 - 1.24 > AS17P 1.46 > S14 - 2.30 > MI 16N - 6.12.

Установено е увеличаване коефициентите на алометрия (*CA*) в сравнение с контролните варианти (от 1.61 до 6.74 пъти) средно за всички проучвани образци техническо сорго (метла) под въздействие на приложените хербициди. Най-нисък среден коефициент на алометрия е отчетен при всички образци, след приложение на хербицидите Калисто 480 СК - 1.24 и Мерлин Флекс 480 СК - 1.48, което определя относително висока селективност на тестваните хербициди в началните етапи от развитието на техническото сорго (метла) .

Най-висок коефициент на алометрия, т. е. най-ниска селективност е отчетена след третиране със Стомп Аква - 5.19, докато Зенкор 600 СК заема междина позиция $CA_{средно}$ 1.76 (Фигура 3).

phytotoxic effects of herbicides for soil use in *in vitro* conditions.

As a result, the direct impact of herbicides on growth of development of seedlings at the broomcorn accessions the coefficient of allometry (*CA*) was changes in the range from 0.54 to 5.27.

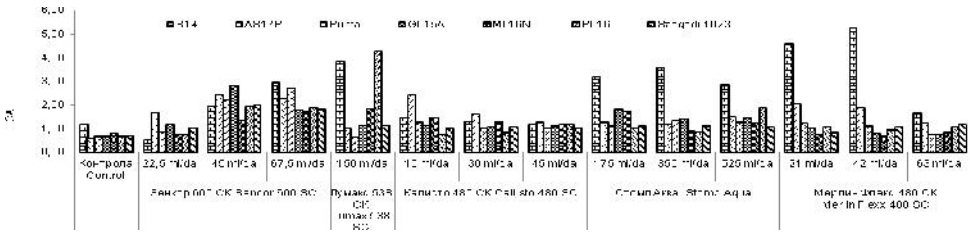
A trend for higher values of the coefficient of allometry (*CA*) was found for broomcorn accessions with relatively lower sensitivity, averaging for all tested herbicides, and higher for more sensitive accessions.

In all tested broomcorn accessions, average the average coefficient of allometry (*CA*) varied over a wide range from 0.66 to 5.19, which determined significant genotypic differences and could conventionally be grouped in the following ascending order: Szegedi 1023 - 1.04 > Prima - 1.11> GL15A - 1.18 > PL16 - 1.24 > AS17P - 1.46 > S14 - 2.30 > MI 16N- 6.12.

An increase in coefficient of allometry (*CA*) was found compared to control variants (from 1.61 to 6.74 times) average for all the studied broomcorn accessions under the influence of applied herbicides.

The lowest average coefficient of allometry (*CA*) was reported in all accessions after treatment with the herbicides Calisto 480 SC - 1.24 and Merlin Flexx 480 SC - 1.48, which determines the relatively high selectivity of the herbicides in the early stages and development of the broomcorn.

The highest coefficient of allometry, i.e., the lowest selectivity of the herbicides, was established after treatment with Stomp Aqua - 5.19, while Secor 600 SC had a middle position $CA_{average}$ 1.76 (Figure 3).



Фиг. 3. Коефициенти на алометрия (*CA*) при образци техническо сорго (метла) (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) в зависимост от приложените хербициди

Fig. 3. Allometry coefficients (*CA*) at the broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) accessions depending on applied herbicides

Най-слаб общфитотоксичен ефект (OFE) е отчетен при образци техническо сорго (метла) MI16N (OFE 0.7), GL15A, Prima (OFE 0.7) и PL16 (OFE 1.0) след приложение на Мерлин Флекс 480 СК, следван от MI16N и PL16 (OFE 0.9) при приложение на Стомп Аква и Калисто 480 СК при третиране на образците PL16 (OFE 0,.8) и Prima (OFE 1.0).

Относително висок общ фитотоксичен ефект (*OFE*) е отчетен при образец S14 (OFE 5.3) след третиране с Мерлин Флекс 480 СК и Стомп Аква - S14 (OFE 3.6), както и при AS17P (OFE 2.4) и GL15A (OFE 2.8) при приложение на Зенкор 600 СК. Разликите в стойностите на общия фитотоксичен ефект (*OFE*) на хербицидите при оброзците техническо сорго (метла), могат да бъдът обяснени с генетични различия, тъй като сравненията между тях са направени при контролирани лабораторни условия.

The lowest overall phytotoxic effect (*OFE*) was recorded in broomcorn accessions MI16N (OFE 0.7), GL15A, Prima (OFE 0.7) и PL16 (OFE 1.0) after application of Merlin Flexx 480 SC, followed by MI16N and PL16 (OFE 0.9) with Stomp Aqua and Calisto 480 CK after treatment of accessions of PL16 (OFE 0.8) and Prima (OFE 1.0).

Relatively high overall phytotoxic effect (*OFE*) was reported in accession S14 (OFE 5.3) after treatment with Merlin Flexx 480 CK and Stomp Aqua, as well as AS17P (OFE 2.4) и GL15A (OFE 2.8) after application of Sencor 600 SC. Differences in the overall phytotoxic effect (*OFE*) of herbicides in broomcorn accessions can be explained by genetic differences as comparisons between them are made under controlled laboratory conditions.

ИЗВОДИ

Хербицидите Зенкор 600 СК, Калисто 480 СК, Стомп Аква и Мерлин Флекс 480 СК не оказват статистически доказан инхибиращ ефект (*IR* от 0.0 до 16.4%), върху лабораторната кълняемост на семената при образците техническо сорго (метла) (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) (Prima, GL15A, PL 16, MI16N и Scegedi 1023), в сравнение с контролните варианти.

CONCLUSIONS

The herbicides Sncor 600 SC, Calisto 480 SC, Stomp Aqua and Merlin Flexx 480 SC do not show statistically significant inhibitory effects (*IR* from 0.0 to 16.4%), on the germination of broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) accessions (Prima, GL15A, PL 16, MI16N and Scegedi 1023) , compared to control variants in laboratory conditions.

С относителено добра толерантност (*TI*) и най-слаб общ фитотоксичен ефект (*OFE*) се отличават образците *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] MI16N, GL15A, Prima и PL16 след третиране с Мерлин Флекс 480 СК, а относително висок общ фитотоксичен ефект (*OFE*) е отчетен при образец S14 след третиране със Стомп Аква, както и AS17P и GL15A при приложение на Зенкор 600 СК.

Приложените най-ниски дози на Мерлин Флекс 480 СК - 21.0 ml/da и Калисто 480 СК - 15 ml/da оказват статистически доказан стимулиращ ефект (хормезис) върху лабораторната кълняемост на семената при образец S14 (до 25.7%), както и стимулиращ ефект върху нарастването на дължина на кълна (от 11.9 до 16.1%) при образци S14 и Szegedi 1023, което определя интереса за включването им в селекционните програми, като донори за толерантност към хербициди съдържащи активно вещество мезотрион и/или изоксафлутол.

Установена е еквивалентност между селективността на хербицидите, отчетена чрез коефициентът на инхибиране при нарастването на корена, стеблото и кълновете и стойностите на общият фитотоксичен ефект (*OFE*) в началните етапи от развитието на тестваните образци техническо сорго (метла) (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.).

With the relative good tolerance (*TI*) to herbicides and the lowest phytotoxic effect (*OFE*) had accessions *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] are distinguished MI16N, GL15A, Prima and PL16 after treatment with Merlin Flexx 480 SC and a relatively high phytotoxic effect (*OFE*) has been reporte in S14 accession after treatment with Stomp Aqua, as well as AS17P and GL15A at the applied Sencore 600 SC.

The lowest applied doses of Merlin Flexx 480 SC - 21.0 ml/da and Callisto 480 SC - 15 ml/da had a statistically significant stimulating effect (hormesis) on laboratory seed germination at the S14 accessions (up to 25.7%), as well as a stimulating effect (11.9 to 16.1%) in S14 and Szegedi 1023 accessions, which determines the interest in their inclusion in the breeding programs, as donors for tolerance to herbicides containing the active substance mesotrione and/or isoxaflutole.

An equivalence between the selectivity of the herbicides as measured by the гровтх inhibition of root, stem and seedling and the values from overall phytotoxic effect (*OFE*) in the early stages of development of the tested broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) accessions.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **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.
2. **Bashir, F., M. Nadeem, A. Tanveer and T. Abbas**, 2015. Impact of row spacing and reduced herbicide doses along with adjuvant on weeds in maize (*Zea mays* L.). *Current Science Perspectives,* 1(4), 112-118.
3. **Berenji, J. and J. Dahlberg**, 2004. Perspectives of Sorghum in Europe. *J. Agronomy & Crop Science,* 190, 332-338.
4. **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.

5. **Cedergreen, N., J. Streibig, P. Kudsk, S. Mathiassen and S. Duke**, 2006. The occurrence of hormesis in plants and algae. *Dose-response: a publication of International Hormesis Society*, *5*(2), 150-62.
6. **Cifuentes, R., R. Bressani, C. Rolz**, 2014.The potential of sweet sorghum as a source of ethanol and protein. *Energy for Sustainable Development,* 21, 13-19.
7. **Dimitrijević, A., I. Imerovski, D. Miladinović, S. Jocić, G. Malidža, G. Šurlan-Momirović, and V. Miklič**, 2012. Laboratory method for detection of tribenuron-methyl resistant sunflower (Helianthus annuus L.). 18th International Sunflower Conference, Mar Del Plata and Balcarce, Argentina, Proceedings, pp. 519-523.
8. **Dimitrijević, A., I. Imerovski, D. Miladinović, S. Jocić, S. Cvejić, G. Malidža, B. Kovacevic, G. Šurlan-Momirović**, 2016. A rapid test for detection of tribenuron-methyl resistance in sunflower. *Ratarstvo i povrtarstvo,* 53(1), 1-8.
9. **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, 10 pages.
10. **Gercheva, P., Z. Rankova and K. Ivanova**, 2002. In vitro Test System for Herbicide Phytotoxicity on Mature Embryos of Fruit Species. *Acta Horticulturae*, 577, 333-336.
11. **Hinkelmann, K. and O. Kempthorne**, 1994. Design and analysis of experiments. Vol. I: Introduction to experimental design. New York: John Wiley and Sons. Inc, pp. 495.
12. **Jamshidi,S., S. Hashemizadeh and Sh. Shahrokhi**, 2011. Assessment of Auto-allelopatic Potential of Broomcorn (Sorghum vulgare var. technicum). 2011 International Conference on Asia Agriculture and Animal IPCBEE, vol.13, 116-120.
13. **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.
14. **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, Singapoore, 412-415.
15. **Mamiroa, P. G. Clementa, J. Msemwab and M. Swaib**, 2015. Performance of cotton cloth substrates in laboratory sorghum seeds germination tests. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 5(6), 1-7.
16. **Mamonov, L and G. Kim**, 1978. Mathematical modeling of physiological processes in plants of the ANK SSR, Science of the Kazakh SSR, Almaty, pp. 88-89 (Ru).
17. **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.
18. **Moyer, J., J. Fritz and J. Higgins,** 2003. Relationships among forage yield and quality factors of hay-tipe sorghum. Online. Crops Management doi:10.1094/CM-2003-1209-01-RS.
19. **Nacheva, L., Z. Rankova and P. Gercheva**, 2012. Effect of some soil herbicides of the vegetative habits and pigment content of Prunus domestica 'Wangenheims' plum rootstock under in vitro conditions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science,* 18: 583-588.

20. **Nasr, M. and S. Mansour**, 2005. The use of allelochemicals to delay germination of Astragalus cycluphyllus seeds. *Journal of Agronomy*, 4(2), 147-150.

21. **Rankova, Z., P. Gercheva and K. Ivanova**, 2004. Screening of soil herbicides under in vitro conditions. *Acta Agriculturae Serbica*, 9(17), 11-17.

22. **Rankova, Z.**, 2006. Effect of some soil herbicides on the vegetative habits of mahaleb cherry (*Prunus mahaleb* L.) seedling rootstocks. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 12, 429-433.

23. **Rankova, Z., L. Nacheva, K. Zapryanova, P. Gercheva and V. Bozkova**, 2006. Effect of soil herbicides napropamid and pendimethalin on rooting and growth of the vegetative plum rootstock Pr. domestica Wangenheims under in vitro conditions. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 9 (3), 349-359.

24. **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).

25. **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, 1949-1954.

26. 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.

27. **Søbye, K., J. Streibigp and N. Cedergreen**, 2010 Prediction of joint herbicide action by biomass and chlorophyll a fluorescence. *Weed Research,* 51(1), 23-32.

28. **Tahir, M. and I. Khan**, 2005. Genetic potrntial 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.

29. **Tahseen, N. K. and S. Jagannath**, 2015. Assessment of allelopathic efficacy of *Parthenium hysterophorus* L. plant parts on seed germination and seedling growth of *Phaseolus vulgaris* L. *Brazilian Journal of Biological Sciences*, 2(3), 85-90.

30. **Yancheva, S., M. Dimitrova and H. Cheradjieva**, 2013. *In vitro* Test for Selectivity of Soil Herbicide Pelikan 50SC to Winter Forage Pea. *Plant Sciece,* 50, 89-93 (Bg).

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2018, 21 (5), 136-151 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Влияние на хербициди за почвено приложение върху покълването на семената и първоначалното развитие при *Sorghum bicolor* (L.) Moench

Ирена Голубинова[1*], Пламен Маринов-Серафимов[1], Славея Петрова[2]

[1]*Институт по фуражните култури, 5800 Плевен, България*
[2]*Пловдивски университет " Паисий Хилендарски" , 4000 Пловдив, България*

Influence of herbicides for soil application on seed germination and initial development of *Sorghum bicolor* (L.) Moench

Irena Golubinova[1]*, Plamen Marinov-Serafimov[1], Slaveya Petrova[2]

[1]*Institute of Forage Crops, 5800 Pleven, Bulgaria*
[2]*University of Plovdiv "Paisii Hilendarski", 4000 Plovdiv, Bulgaria*
**E-mail: golubinova@abv.bg*

Received: 21.11.2018 *Accepted:* 18.12.2018 *Published:* 21.12.2018

РЕЗЮМЕ

През периода 2016-2017 г. в Институт по фуражните култури - Плевен при лабораторни условия е проучена чувствителността на седем образци *Sorghum bicolor* (L.) Moench към хербицидите Дуал Голд 960 ЕК, Зенкор 600 СК, Мерлин Флекс 480 СК, Стомп Аква, Уинг П и Гардоприм Плюс Голд 500 СК.

Установено е, че: двукомпонентните хербициди Уинг-П (212.5 g/l диметенамид-п и 250 g/l пендиметалин) в дози – 150, 300 и 450 ml/da, Гардоприм Плюс Голд 500 СК (312.5 g/l S-метолахлор + 187.5 g/l тербутилазин) – 200, 400 и 600 ml/da и Дуал Голд 960 ЕК (960 g/l S-метолахлор) – 60, 120 и 180 ml/da, оказват летален ефект при покълване на семената на всички образци сорго за зърно; еднокомпонентните хербициди Зенкор 600 СК (600 g/l метрибузин) в дози 22.5, 45.0 и 67.5 ml/da, Стомп Аква (455 g/l пендиметалин) – 175, 350 и 525 ml/da и

SUMMARY

During the period 2016-2017 at the Institute of Forage Crops - Pleven was studied sensitivity of seven *Sorghum bicolor* (L.) Moench accessions to the herbicides Dual Gold 960 EC, Sencor 600 SC, Stomp Aqua, Wing P, Merlin Flex 480 SC and Gardoprim Plus Gold 500 SC under laboratory conditions.

It was found that: two-component herbicides Wing P (212.5 g/l dimethenamid-n and 250 g/l pendimethalin) at the doses – 150, 300 and 450 ml/da, Gardoprim Plus Gold 500 SC (312.5 g/l S-metolachlor + 187.5 g/l terbuthylazine) – 200, 400 and 600 ml/da and Dual Gold 960 EC (960 g/l S-metolachlor) – 60, 120 and 180 ml/da, had lethal effects on seed germination of all tested sorghum grain accessions; the single-component herbicides Sencor 600 SC (600 g/l metribuzin) at the doses 22.5, 45.0 and 67.5 ml/da, Stomp Aqua (455 g/l pendimethalin) – 175, 350 and 525 ml/da, Мерлин Флекс 480 СК (240 g/l изоксафлутол + 240 g/l ципросулфамид)– 21, 42 и 63 ml/da оказват от индиферентен до слаб фитотоксичен ефект върху кълняемостта на семената при образци HL 1641, HL 1643 и HL 1673 и/или стимулиращ ефект върху нарастването на кълна и първоначалното развитие на образци HL 1673, HL 16121 и HL 16113 сорго за зърно; с относително най-добра толерантност (*TI*) към хербицидите за почвено приложение се отличават образци HL 16113 и HL 16121 (съответно *TI* е 108.3 и 129.8%) към Мерлин Флекс 480 СК, а с най-слаба е HL 1673 към хербицидите Зенкор 600 СК – 53.3% и Стомп Аква – 45.4%; приложената най-ниска доза на Мерлин Флекс 480 СК оказва статистически доказан стимулиращ ефект (хербициден хормезис) върху нарастването кълна (*TI* е от 10.9 до 33.6%) при образци HL 16113, HL 16121, които подходящи компоненти при селекцията на сортове с толерантност към хербициди; Установена е еквивалентност между селективността на хербицидите (отчетена чрез коефициента на инхибиране при нарастването на корена, стеблото и кълнова) и стойностите на общият фитотоксичен ефект (OFE) в началните етапи от развитието на тестваните образци сорго.

Ключови думи: кълняемост, семена, хербициди, селективност, *Sorghum bicolor* (L.) Moench

Merlin Flexx 480 CK (240 g/l isoxaflutole + 240 g/l cyprotsulfamide) – 21, 42 and 63 ml/da had indifferent to weak phytotoxic effects on seed germination at the accessions HL 1641, HL 1643 and HL 1673 and/or a stimulating effect on growth and initial development of the seedling at the accessions HL 1673, HL 16121, and HL 16113 grain sorghum; with a relatively good tolerance (*TI*) to herbicides for soil application are the accessions HL 16113 and HL 16121 (respectively *TI* from 108.3 to 129.8%) to Merlin Flexx 480 SC are distinguished and the lowest is HL 1673 to herbicides Sencor 600 SC - 53.3 and Stomp Aqua - 45.4; the lowest applied dose of Merlin Flexx 480 SC had a statistically significant stimulating effects (herbicide hormesis) of 0.7 to 83.5% for accessions HL 16113 and HL 16121 on the growth of development seedling length, and can be used as components for the breeding of varieties with tolerance to herbicides; an equivalence between the selectivity of the herbicides as measured by the growth inhibition of root, stem and seedling and the values from overall phytotoxic effect (*OFE*) in the early stages of development of the tested sorghum accessions.

Key words: germination, seeds, herbicides, selectivity, *Sorghum bicolor* (L.) Moench

УВОД

Ефикасното унищожаване на плевелите е едно от основните звена от агротехниката при отглеждането на соргото за зърно *Sorghum bicolor* (L.) Moench), поради бавният темп на отрастване в началните фази (поникване – трети лист) от развитието му (Dimitrova and Tsukov, 1996; Fromme et al., 2012; Galon et al., 2016; Reddy et al. 2016). Заплевеляването през този период оказва силен конкурентен ефект върху развитието на растенията, в резултат

INTRODUCTION

Weed control is one of the main components of agronomical practices for grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) growing crops, because they have a slow rate in early growth stage and initial development (germination - third leaves) (Dimitrova and Tsukov, 1996; Fromme et al., 2012; Galon et al., 2016; Reddy et al. 2016). Weed infestation during this period has a strong competitive effect on plant growth and development, as a result of which the на което добивът от зърно намалява (Dimitrova, 2005; (Rosales-Robles et al., 2005; Hristova, 2005; 2006; 2007). Чрез прилагането на комплекс от агротехнически мероприятия се постигат относително добри резултати за ограничаване степента на заплевеляване и повишаване качеството на получената продукция (Priya, 2012, Currie et al., 2018). От изследванията на (Fromme et al., 2012; Dimitrova and Katova, 2013; Georgiev and Delchev, 2017; Peerzada et al., 2017) е установено, че борбата с плевелите може с успех да се извежда чрез използването на химичния метод.

В научната литература съществуват данни за различно влияние на хербицидите за почвено приложение върху растежа и развитието на редица селскостопански култури – от липса на фитотоксичен ефект, депресия в растежа, до загиване на растенията (Geier et al., 2009; Hristova, 2009; Pannaccie and Covarelli, 2010; Kershner et al., 2012; Enchev and Georgieva-Andreeva, 2013; Goranovska et al., 2014; Georgiev, 2015; Ivanova and Rankova, 2016). Проучванията свързани със селективността на хербициди за почвено приложение при сорго за зърно (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), отглеждано по конвенционалната технология без използване на хербицидния антидот Консеп III (флуксофенин) са ограничени (Geier et al., 2009; Mishra et al., 2016).

Целта на проучването е установяване селективността на хербициди за почвено приложение върху прорастването на семената и първоначалното развитие на образци сорго за зърно *Sorghum bicolor* (L.) Moench) и откриване на образци с по-ниска чувствителност към хербициди и включването им като компоненти в бъдещи селекционни програми.

yield of grain decreases (Dimitrova, 2005; Rosales-Robles et al., 2005; Hristova, 2005; 2006; 2007). Application of a complex of agronomic techniques can be achieved relatively good results for restricting the degree of weeding to improve the quality of the resulting (Priya, 2012, Currie et al., 2018). On the study by a number of authors (Fromme et al., 2012; Dimitrova and Katova, 2013; Georgiev and Delchev, 2017; Peerzada et al., 2017) was found that weed control can be successfully performed using the chemical method.

There is evidence in scientific literature for a different influence of herbicides for the soil application on the growth and development of a number of agricultural crops – from a lack of phytotoxic effect, depression in growth – to the destruction of plants (Geier et al., 2009; Hristova, 2009; Pannaccie and Covarelli, 2010; Kershner et al., 2012; Enchev and Georgieva-Andreeva, 2013; Goranovska et al., 2014; Georgiev, 2015; Ivanova and Rankova, 2016). Studies related to the selectivity of preemergence herbicide in grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) growing by conventional technology without the use of seed safener Concept III (fluoxfenine) are limited (Geier et al., 2009; Mishra et al., 2016).

The aim of the study was to determine the selectivity of herbicides for soil application on seed growth and the initial development of *Sorghum bicolor* (L.) Moench grain sorghum accessions and to detect accessions with lower herbicide sensitivity and their inclusion as components in future breeding programs.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Проучването е проведено през периода 2017-2018 г. при лабораторни условия в Института по фуражните

MATERIAL AND METHODS

The study was conducted during the period 2017-2018 in the laboratory of the Institute of Forage Crops - Pleven.

култури - Плевен. Използвани са семена от образци сорго за зърно *Sorghum bicolor* (L.) Moench) с доказана висока добивност на зърно от работна колекция на Институт по фуражните култури - Плевен (Таблица1).

Grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) accessions were used with a proven high yield of grain from a working collection of the Institute for Forage Crops - Pleven (Table 1).

Таблица 1. Образци сорго за зърно (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)
Table 1. Grain Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) accessions

№	Образци / Accessions	Код / Code
1	Сорт Бианко / Variety Bianco	B
2	Хибридна линия 1641 / Hybrid line 1641	HL 1641
3	Хибридна линия 1643 / Hybrid line 1643	HL 1643
4	Хибридна линия 1673 / Hybrid line 1673	HL 1673
5	Сорт Вердон / Variety Verdon	V
6	Хибридна линия 16113 / Hybrid line 16113	HL 16113
7	Хибридна линия 16121 / Hybrid line 16121	HL 16121

За да се оцени влиянието на тестваните хербициди върху покълването на семената и първоначалното развитие на *Sorghum bicolor* (L.) Moench от всеки генотип са поставяни по 100 броя семена в петриеви блюда с диаметър 90 mm в пясък (Mamiroa et al., 2015).

Проследявани са следните фактори: Фактор А - образци: a_1- Бианко; a_2 – Хибридна линия 1641; a_3 – Хибридна линия 1643; a_4 – Хибридна линия 1673; a_5 – Вердон; a_6 – Хибридна линия 16113 и a_7 – Хибридна линия 16121. Фактор В хербициди: b_1 – Дуал Голд 960 ЕК (960 g/l S-метолахлор); b_2 – Зенкор 600 СК (600 g/l метрибузин); b_3 – Стомп аква (455 g/l пендиметалин); b_4 – Уинг-П (212.5 g/l диметенамид-п и 250 g/l пендиметалин); b_5 – Мерлин Флекс 480 СК (240 g/l изоксафлутол + 240 g/l ципросулфамид) и b_6 – Гардоприм Плюс Голд 500 СК (312.5 g/l S-метолахлор + 187.5 g/l тербутилазин);

Фактор С дози на приложение: c_1 - 25%; c_2 - 50% и c_3 - 100% от оптималната доза, определена от фирмата производител. Дозите на хербицидите са преизчислени, спрямо площта на петриевите блюда. За контрола е използвана дестилирана вода. Всеки вариант е залаган в осем повторения. Пробите са поставени в термостат при температура 22 ± 2 ^{0}C за седем дни

Определяни са следните показате-

In order to assess the effect of the tested herbicides on the seed germination and initial development of *Sorghum bicolor* (L.) Moench, 100 seeds of each accessions were placed in Petri dishes, 90 mm diameter in sand (Mamiroa et al., 2015).

They were studied following factors: Factor A – accessions: a_1- Bianco; a_2 – Hybrid line 1641; a_3 – Hybrid line 1643; a_4 – Hybrid line 1673; a_5 – Verdon; a_6 – Hybrid line 16113 and a_7 – Hybrid line 16121. Factor B herbicides: b_1 – Dual Gold 960 EC (960 g/l S-metolachlor); b_2 – Sencor 600 SC (600 g/l metribuzin), b_3 - Stomp Aqua (455 g/l pendimethalin), b_4 Wing-P (212.5 g/l dimethenamid-p and 250 g/l pendimethalin), b_5 – Merlin Flexx 480 SC (240 g/l isoxaflutole + 240 g/l cyprosulfamide) b_6 – Gardoprim Plus Gold 500 SC (312.5 g/l S-metolaclor + 187.5 g/l terbutilazin).

Factor C application doses: c_1 - 50%; c_2 - 100% и c_3 - 150% of the dose determined by the manufacturer. The dose of the herbicides was recalculated to the area of the petri dishes. Distilled water was used as a control. Each variant had eight replications. The samples were then placed in incubator at a temperature of 22 ± 2 ^{0}C for seven days.

The following characteristics were

ли: Кълняемост на семената (%) и дължина на кълна (mm) за всички варианти на опита. Коефициентът на инхибиране (*IR*) е определян по уравнението:

determined: Percentage of germinated seeds (%); seedling length, mm for all treatments of the study. Inhibition rate (*IR*) was determined by the equation:

$$IR = \left[\frac{C - T}{C}\right] . 100 \quad (1)$$

където *C* – отчетени показатели за всеки един от контролните варианти; *T* – отчетени показатели във всяко едно третиране;

where *C* – studied parameters in each control treatments; *T* - studied parameters in each treatment;

Коефициент на алометрия (CA) е определян по формулата на Nasr and Mansour (2005).

Allometric coefficient (CA) is determined by the equation (2) (Nasr and Mansour, 2005).

$$CA = \frac{L_r}{L_s} \quad (2)$$

където Lr - дължина (cm) на корена, Ls- дължина (cm) на стеблото.

where Lr - length (cm) of the root, Ls - length (cm) of the stem.

Индекс на толерантност (*TI*) е определян, чрез адаптирана формула Tahseen and Jagannath (2015) по уравнение (3).

Tolerance Index (TI) was determined an adapted formula by Tahseen and Jagannath (2015), equation (3).

$$TI = \frac{LS_{TR}}{LS_{CT} . 100} \quad (3)$$

където LS_{TR} – дължина на кълна във всеки вариант, cm; LS_{CT} – дължина за всеки от контролните варианти, cm.

where LS_{TR} – Longest of seedlings in each treatment, *cm;* LS_{CT} – Longest of seedlings in each control treatment, *cm;*

Общ фитотоксичен ефект (OFE) е определян по уравнението:

Overall phytotoxic effect (OFE) was determined by the equation:

$$OFE = IR_{average} . \frac{IR_{min} - IR_{max}}{100} \quad (4)$$

където $IR_{average}$ – степен на инхибиране при нарастване на кълна, средно за всеки хербицид от всички проучвани дози, %; IR_{min} – при най-ниската и IR_{max} – най-високата доза за всеки хербицид,%.

where $IR_{average}$ – Inhibition rate on length of the seedlings, average for each herbicide of all studied doses, %; IR_{min} – *at the lowest* and IR_{max} – the highest dose for each herbicide,%.

Кълняемостта на семената е изчислявана след предварително *arcsin* - трансформиране по формулата на Hinkelmann and Kempthorne (1994).

The percentage of seed germination was calculated after preliminary *arcsin* - transformation following the formula, forwarded by Hinnkelmann and Kempthorne (1994).

$$Y = arcsin\sqrt{\left(\frac{X_{\%}}{100}\right)}$$

Експерименталните данни са обработени математико-статистически с помощта на софтуерните продукти *Statgraphics* Plus for Windows Ver. 2.1 и Statistica Ver. 10.

Experimental data are mathematico-statistical processed using the software Statgraphics Plus for Windows Ver. 2.1 and Statistica Ver. 10.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Хербицидите Дуал Голд 960 ЕК, Зенкор 600 СК, Стомп Аква, Уинг П, Мерлин Флекс 480 СК и Гардоприм Плюс Голд 500 СК оказват инхибиращ ефект (*IR* от -10.1 до 100%) върху покълването на семената при всички тествани образци сорго за зърно (Таблица 2).

RESULTS AND DISCUSSION

The herbicides Dual Gold 960 EC, Sencor 600 SC,Stomp Aqua, Wing-P, Merlin Flexx 480 SC and Gardoprim Plus Gold 500 SC) showed an inhibitory effect (*IR* from -10,1 to 100%) on the seed germination in all tested grain sorghum accessions (Table 2).

Таблица 2. Влияние на хербициди за почвено приложение върху кълняемостта на семената при образци сорго за зърно (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)
Table 2. Effect of herbicides for soil treatment on seed germination of grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) accessions

Хербициди Herbicides	Доза Dose, ml(g)da		Образци / Accessions						
			B	HL 1641	HL 1643	HL 1673	V	HL 16113	HL 16121
Контрола /Control	0.0	RL_{cm}	90.00c	76.72c	76.72c	73.39b	80.78b	90.00b	90.00b
		IR	*00.0*	*0.0*	*00.0*	*00.0*	*00.0*	*00.0*	*00.0*
Дуал Голд 960 ЕК Dual Gold 960 EC	60.0	RL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*
	120.0	RL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*
	180.0	RL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*
Зенкор 600 СК Sencor 600 SC	22.5	RL_{cm}	71.57c	73.39c	73.39b	76.72b	70.38b	70.38b	70.38b
		IR	20.50	4.30	4.30	-4.50	12.87	21.80	21.80
	45.0	RL_{cm}	60.11bc	76.72c	76.72b	67.50b	70.38b	61.61b	61.61b
		IR	33.2	0.00	0.00	8.00	12.87	31.5	31.5
	67.5	RL_{cm}	29.89b	36.22b	36.22b	61.61b	61.61b	61.61b	61.61b
		IR	66.8	52.8	52.8	16.1	23.74	31.5	31.5
Стомп Аква Stomp Aqua	175.0	RL_{cm}	76.72c	80.78c	80.78b	73.39b	76.72b	90.00b	90.00b
		IR	14.80	-5.30	-5.30	0.00	5.03	0.00	0.00
	350.0	RL_{cm}	70.38c	76.72c	76.72b	70.38b	76.72b	90.00b	90.00b
		IR	21.80	0.00	0.00	4.10	5.03	0.00	0.00
	525.0	RL_{cm}	61.61bc	76.72c	76.72b	67.72b	73.39b	90.00b	90.00b
		IR	31.55	0.00	0.00	8.00	9.15	0.00	0.00
Уинг П Wing P	150.0	RL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	300.0	RL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	450.0	RL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	0.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Мерлин Флекс 480 СК Merlin Flexx 480 SC	21.0	RL_{cm}	76.72c	80.78c	80.78b	80.78b	70.38b	90.00b	70.38b
		IR	14.8	-5.3	-5.3	-10.1	12.87	0.0	21.8
	42.0	RL_{cm}	67.50c	58.28c	58.28c	67.5b	67.50b	73.39b	58.28b
		IR	25.0	24.0	24.0	8.0	16.44	18.5	35.2
	63.0	RL_{cm}	67.50c	76.72b	76.72b	67.50b	64.62b	58.28b	61.61b
		IR	25.00	0.00	0.00	8.00	20.01	35.20	31.50
Гардоприм Плюс Голд Gardoprim Plus Gold	200.0	RL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	400.0	RL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	600.0	RL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	0.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Легенда*: a, b, c, d, e, f,* - статистически доказани разлики при P=0.05; RL_{cm} – дължина на корена, %; IR – степен на инхибиране

Legend: *a, b, c, d, e, f,* - statistically proven differences at P = 0.05; RL_{cm} – root length, %; IR – inhibition rate

С увеличаване на дозата на хербицидите Зенкор 600 СК, Стомп Аква и Мерлин Флекс 480 СК, намалява незначително процента на покълналите семена в сравнение с контролните варианти, като разликите са статистически недоказано намалени. Изключение от описаната зависимост е установена при образци HL 1641, HL 1643 и HL 1673, съответно след третиране с най-ниските дози на Стомп Аква - 175 ml/da, Мерлин Флекс 480 СК - 21 ml/da и Зенкор 600 СК - 22.5 ml/da, където се установява слаб стимулиращ статистически недоказан ефект (Таблица 2). Следователно, кълняемостта на семената при тестваните образци HL 1641, HL 1643 и HL 1673, практически не се влияе от третирането на семената със Стомп Аква, Мерлин Флекс 480 СК и Зенкор 600 СК при всички приложени дози, в сравнение с контролните варианти.

Данните от биометричните измервания на нарастването на корена, стеблото и кълна дават възможност обективно да се оцени фитотоксичния ефект на хербицидите в началните етапи от развитието на образците сорго за зърно (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) (Таблица 3, 4 и 5).

Еднокомпонентните хербицидите Зенкор 600 СК Стомп Аква и Мерлин Флекс 480 СК при приложените по високи концентрации оказват слаб инхибиращ ефект върху нарастването на корена, стеблото и кълна, докато хербицидите с комплексно действие срещу едногодишни и широколистни плевели (Дуал Голд 960 ЕК, Уинг П и Гардоприм Плюс Голд) предизвикват силен фитотоксичен и летален ефект при всички образци сорго за зърно (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) в сравнение с контролните варианти (Таблици 3, 4 и 5).

With the increase concentration of the herbicides Sencor 600 SC, Stomp Aqua and Merlin Flexx 480 SC, the percentage of germinated seeds decreased slightly compared to the control variants and the differences were statistically unproven reduced. An exception was found for accessions HL 1641, HL 1643 и HL 1673, after treatment with the herbisides Stomp Aqua - 175 ml/da, Merlin Flexx 480 SC - 21 ml/da and Sencor 600 SC - 22.5 ml/da, there is a weak stimulating, no significant effect (Table 2).

Therefore, seed germination in accessions HL 1641, HL 1643 and HL 1673 is not unaffected by seed treatment with Stomp Aqua, Merlin Flex 480 SC and Zencor 600 SC at all doses administered compared to the control variants.

Data from biometric measurements of increase in seedlings length allowed objective assessment of phytotoxic effect of the herbicides in the initial growth stage of development of grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) accessions (Table 3, 4 and 5).

The single-component Sencor 600 SC, Stomps Aqua and Merlin Flexx 480 SC applied in the higher doses had weak inhibitory effect on root growth, stem and seedling growth, while herbicides with complex action against annual and broad-leaved weeds (Dual Gold 960 EC, Wing P and Gardoprim Plus Gold) caused higher phytotoxic and lethal effect on all tested grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) accessions compared to control treatments (Tables 3, 4 and 5).

Таблица 3. Влияние на хербициди за почвено приложение върху нарастването на корена при образци сорго за зърно (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

Table 3. Effect of herbicides for soil treatment on root length of grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) accessions

Хербициди Herbicides	Доза Dose, ml(g)da		Образци / Accessions						
			B	HL 1641	HL 1643	HL 1673	V	HL 16113	HL 16121
Контрола /Control	0.0	RL_{cm}	5.03e	5.64c	5.62c	5.62c	6.50d	5.88d	6.98c
		IR	*00.0*	*0.0*	*00.0*	*00.0*	*00.0*	*00.0*	*00.0*
Дуал Голд 960 ЕК Dual Gold 960 EC	60.0	RL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*
	120.0	RL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*
	180.0	RL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*
Зенкор 600 СК Sencor 600 SC	22.5	RL_{cm}	4.89e	5.50c	5.55c	2.19b	4.64ab	4.90d	5.90c
		IR	3.0	2.5	1.3	61.1	28.6	16.7	15.5
	45.0	RL_{cm}	4.50be	5.50c	4.25bc	2.30b	4.63ab	3.20ab	4.20ab
		IR	11.0	2.5	24.4	59.1	28.8	45.9	39.8
	67.5	RL_{cm}	3.67b	4.00bc	4.35bc	2.00b	3.50ab	3.13ab	4.13ab
		IR	27.0	29.1	22.6	64.4	46.2	46.8	40.8
Стомп Аква Stomp Aqua	175.0	RL_{cm}	4.30be	5.50c	4.79bc	2.85a	5.67ab	3.78ab	4.28ab
		IR	15.0	2.5	14.8	84.9	12.8	35.7	38.7
	350.0	RL_{cm}	3.35b	5.50c	4.48bc	2.50a	5.30a b	3.66a b	4.42a b
		IR	34.0	2.5	20.3	91.1	18.5	37.8	36.7
	525.0	RL_{cm}	3.42b	5.50c	3.45b	2.34a	4.54ab	2.82ab	4.38ab
		IR	32.0	2.5	38.6	94.0	30.2	52.0	37.3
Уинг П Wing P	150.0	RL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100. 0	100. 0	100. 0	100. 0	100. 0	100. 0	100. 0
	300.0	RL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	450.0	RL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Мерлин Флекс 480 СК Merlin Flexx 480 SC	21.0	RL_{cm}	5.14de	5.50c	6.00c	6.20c	6.84c	6.70d	7.20c
		IR	-2.2	2.5	6.8	-10.3	-5.23	-14.0	-3.16
	42.0	RL_{cm}	4.50cd	5.00c	5.83c	4.90b	6.40d	6.24bc	6.47c
		IR	11.0	2.5	3.7	12.8	1.54	-6.13	7.31
	63.0	RL_{cm}	4.20bd	4.00bc	4.75bc	0.00a	5.20d	5.90c	5.57bc
		IR	17.0	29.1	15.5	100.0	20.0	-0.34	20.2
Гардоприм Плюс Голд Gardoprim Plus Gold	200.0	RL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	400.0	RL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	600.0	RL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	0.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Легенда*: a, b, c, d, e, f,* - статистически доказани разлики при P=0.05; RL_{cm} – дължина на корена, %; IR – степен на инхибиране

Legend: *a, b, c, d, e, f,* - statistically proven differences at P = 0.05; RL_{cm} – root length, %; IR – inhibition rate

Таблица 4. Влияние на хербициди за почвено приложение върху нарастването на стеблото при образци сорго за зърно (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

Table 4. Effect of herbicides for soil treatment on stem length of grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) accessions

Хербициди Herbicides	Доза Dose, ml(g)da		Образци / Accessions						
			B	HL 1641	HL 1643	HL 1673	V	HL 16113	HL 16121
Контрола /Control	0.0		4.68e	5.81d	5.53d	5.53d	3.93c	4.85c	4.25d
			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Дуал Голд 960 ЕК Dual Gold 960 EC	60.0	SLcm	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*
	120.0	SLcm	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*
	180.0	SLcm	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*
Зенкор 600 СК Sencor 600 SC	22.5	SLcm	4.67e	5.35d	4.75cd	5.13cd	3.14c	3.40bc	3.40cd
		IR	*0.2*	*7.9*	*14.1*	*7.2*	*20.1*	*29.9*	*20.0*
	45.0	SLcm	3.96dc	5.15d	4.56cd	3.20c	3.25c	3.50bc	3.50bc
		IR	*15.4*	*11.4*	*17.5*	*42.1*	*17.3*	*27.8*	*17.6*
	67.5	SLcm	5.50e	4.86d	3.50b	3.00c	3.20c	3.13b	3.13bc
		IR	*-17.5*	*16.4*	*36.7*	*45.8*	*18.6*	*35.5*	*26.4*
Стомп Аква Stomp Aqua	175.0	SLcm	3.32ab	4.78d	3.50bc	2.53ab	3.50bc	3.48bc	4.28d
		IR	*29.1*	*17.7*	*36.7*	*54.2*	*10.9*	*28.2*	*-0.7*
	350.0	SLcm	3.28ab	3.59bc	3.42bc	2.48ab	3.43bc	2.52b	3.46bd
		IR	*29.9*	*38.2*	*38.2*	*55.2*	*12.7*	*48.0*	*18.6*
	525.0	SLcm	3.42ab	3.59bc	3.44bc	2.50ab	3.50bc	2.52b	3.50abd
		IR	*26.9*	*38.2*	*37.8*	*54.8*	*10.9*	*48.0*	*17.6*
Уинг П Wing P	150.0	SLcm	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*
	300.0	SLcm	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*
	450.0	SLcm	0.00abc	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*
Мерлин Флекс 480 СК Merlin Flexx 480 SC	21.0	SLcm	3.50bc	5.00ab	5.00d	5.15d	3.66c	5.20d	7.80e
		IR	*25.2*	*13.9*	*9.6*	*6.9*	*6.9*	*-7.2*	*-83.5*
	42.0	SLcm	3.75bc	4.90cd	4.83cd	4.60bd	3.60c	4.54bc	7.13e
		IR	*19.9*	*15.7*	*12.7*	*16.8*	*8.4*	*6.4*	*-67.8*
	63.0	SLcm	2.80bc	3.80cd	4.38bcd	4.62bd	3.28c	4.10bc	5.71de
		IR	*40.2*	*34.6*	*20.8*	*16.8*	*16.5*	*15.5*	*-34.4*
Гардоприм Плюс Голд Gardoprim Plus Gold	200.0	SLcm	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*
	400.0	SLcm	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*
	600.0	SLcm	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
		IR	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*	*100.0*

Легенда*: a, b, c, d, e, f,* - статистически доказани разлики при P=0.05; RL_{cm} – дължина на стеблото, %; IR – степен на инхибиране

Legend: *a, b, c, d, e, f,* - statistically proven differences at P = 0.05; RL_{cm} – stem length, %; IR – inhibition rate

Приложената най-ниска доза на Мерлин Флекс 480 СК - 21 ml/da оказва стимулиращ ефект върху нарастването на корен, стебло и кълн от 10.9 до 46.6% при образци HL 16113 и HL 16121, както и по отношение нарастването дължината на корена при сорт Бианко и HL 1673 съответно с 2.2 и 10.3%.

The applied lowest concentration of Merlin Flexx 480 SC – 21 ml/da had a stimulating effect on growth root, stem and seedling from10.9 to 46.6% for accessions HL 16113 and HL 16121, as well as for the increase root length for Bianco variety and HL 1673 respectively 2.2 and 10.3%.

Подобни резултати в експерименталната работа са съобщени от Belz et al. (2010) и Velini et al. (2010), според които прилагането на редуцирани дози хербициди (глифозат, сулфометурон-метил, триазини, дикамба и 2,4-D) могат да предизвикват стимулиращ ефект (хормоза) в динамиката на нарастване на растенията, ускорявайки метаболизма на азота в растителния организъм, чрез което предизвикват ауксино-подобен ефект. Варирането по отношение на стимулиращият ефект на Мерлин Флекс 480 СК върху нарастването на стеблото, изразен чрез коефициентът на инхибиране (*IR*) се влияе в по-голяма степен от приложената доза (*r* от -0.721 до -0.998) в сравнение с установения стимулиращ ефект при нарастването на корена (*r* от 0.544 до -0.996).

Similar results in experimental work have been reported by Belz et al. (2010) and Velini et al. (2010), according to them which the applied low rates of herbicides (glyphosate sulfometuron-methyl, dicamba and 2,4-D) can stimulate plant growth (hormesis) in the dynamics of plant growth, accelerating the metabolism of nitrogen in the plant, thereby causing an auscino-like effect. The variation in the stimulation effect of Merlin Flexx 480 CK on stem growth expressed by the inhibition coefficient (IR) depends to at the applied doses (*r* of -0.721 to -0.998) compared to the established stimulatory effect on growth of the root (*r* of 0.544 to -0.996).

В резултат на прякото въздействие на хербицидите върху прорастването на кълновете при образците сорго за зърно, коефициентът на алометрия (*CA*) се променя в границите 0.0 до 1.9. При повече от включените в изследването образци, при които не е установен статистически доказан фитотоксичен ефект на хербицидите, коефициентът на алометрия (*CA*) нараства от 1.1 до 1.5 пъти в сравнение с контролните варианти.

Установена е тенденция за по-ниски стойности на коефициентите на алометрия при образците с относително по-ниска чувствителност (HL 16121- 0.7, HL 1673- 0.8, Vercors – 0.9, HL 16133 и Бианко -1.0) и по-високи при относително по-чувствителните (HL 1641 – 1.1 и HL 1673 – 1.2) средно към всички тествани хербициди. Увеличаването на коефициентите на алометрия (*CA*) под въздействието на хербицидите Зенкор 600 СК, Стомп Аква и Мерлин Флекс 480 СК е най-голямо при образци HL 16113 ($CA_{средно}$ от 1.1 до 1.4) и Вердон ($CA_{средно}$ от 1.3 до 1.7), което определя и относително по-ниската им чувствителност към хербициди. С увеличаване дозите на хербицидите коефициентът на алометрия намалява от 0.4 до 1.8 пъти.

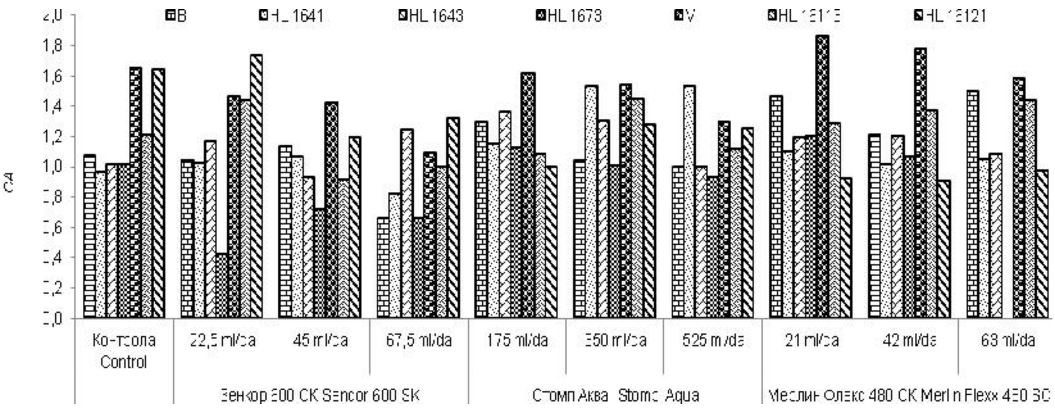
As a result, the direct impact of herbicides on growth of development of seedlings at the of grain sorghum accessions the coefficient of allometry (*CA*) was changes in the range from 0.0 to 1.9. In most of the accessions included in the study, where no statistically significant phytotoxic effect of the herbicides was found, the coefficient of allometry (*CA*) increased from 1.1 to 1.5 times compared to the control variants.

A tendency was observed for lower values for coefficients of allometry (CA) in the accessions with relatively lower sensitivity (HL 16121- 0.7, HL 1673- 0.8, Vercors-0.9, HL 16133 and Bianco -1.0) and higher for the relatively more sensitive (HL 1641 - 1.1 and HL 1673 - 1.2) averages of all tested herbicides. The increase in the coefficient of allometry (*CA*) under the effects of Sencor 600 SC, Stomp Aqua and Merlin Flexx 480 SC was greatest in accessions HL 16113 ($CA_{average}$ from 1.1 to 1.4) and Verdon ($CA_{average}$ from 1.3 to 1.7), which determines their relatively lower sensitivity to herbicides. With increasing doses of herbicides, coefficient of allometry decreases from 0.4 to 1.8 times.

Таблица 5. Влияние на хербициди за почвено приложение върху нарастването на кълна при образци сорго за зърно (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)
Table 5. Effect of herbicides for soil treatment on seedling length grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) accessions

Хербициди Herbicides	Доза Dose, ml(g)da		Образци / Accessions						
			B	HL 1641	HL 1643	HL 1673	V	HL 16113	HL 16121
Контрола /Control	0.0	SEL_{cm}	9.71c	11.45e	11.15d	11.15c	10.43d	10.73d	11.23
		IR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Дуал Голд 960 ЕК Dual Gold 960 EC	60.0	SEL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	120.0	SEL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100. 0
	180.0	SEL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Зенкор 600 СК Sencor 600 SC	22.5	SEL_{cm}	9.56c	10.85de	10.30cd	7.32b	7.78b	8.30c	9.30
		IR	1.5	5.2	7.6	34.3	25.4	22.6	9.1
	45.0	SEL_{cm}	8.46c	10.65cde	8.81b	5.50b	7.88b	6.70abc	7.70
		IR	12.9	7.0	21.0	50.7	24.4	37.6	24.7
	67.5	SEL_{cm}	9.17c	8.86bc	7.85b	5.00b	6.70b	6.26ab	7.26
		IR	5.6	22.6	29.6	55.2	35.8	41.7	29.0
Стомп Аква Stomp Aqua	175.0	SEL_{cm}	7.62bc	10.28cd	8.29b	5.38b	9.17cd	7.26c	8.56
		IR	21.5	10.2	25.7	51.7	12.1	32.3	16.3
	350.0	SEL_{cm}	6.63bc	9.09bcd	7.90b	4.98b	8.73bc	6.18bc	7.88
		IR	31.7	20.6	29.1	55.3	16.3	42.4	23.0
	525.0	SEL_{cm}	6.84bc	9.09bcd	6.89ab	4.84b	8.04bc	5.34b	7.88
		IR	29.6	20.6	38.2	56.6	22.9	50.2	23.0
Уинг П Wing P	150.0	SEL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	300.0	SEL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	450.0	SEL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Мерлин Флекс 480 СК Merlin Flexx 480 SC	21.0	SEL_{cm}	8.64bc	10.50cd	11.00d	11.35c	10.50cd	11.90e	15.00
		IR	11.0	8.3	1.3	-1.8	-0.7	-10.9	-46.6
	42.0	SEL_{cm}	8.25bc	9.90d	10.66bc	9.50b	10.00cd	10.78d	13.60
		IR	15.0	13.5	4.4	14.8	4.1	-0.5	-32.9
	63.0	SEL_{cm}	7.00b	7.80bcd	9.13c	8.92b	8.48b	10.00d	11.28
		IR	27.9	31.9	18.1	20.0	18.7	6.8	-10.3
Гардоприм Плюс Голд Gardoprim Plus Gold	200.0	SEL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00	0.00
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	400.0	SEL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00	0.00
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	600.0	SEL_{cm}	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00	0.00
		IR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Легенда*: a, b, c, d, e, f,* - статистически доказани разлики при P=0.05; RL_{cm} – дължина на кълна , %; IR – степен на инхибиране
Legend: *a, b, c, d, e, f,* - statistically proven differences at P = 0.05; RL_{cm} – seedling length, %; IR – inhibition rate



Фиг. 1. Коефициенти на алометрия (*CA*) при образци сорго за зърно в зависимост от приложените хербициди
Fig. 1. Allometry coefficients (*CA*) at the grain sorghum accessions depending on applied herbicides

Установени са значителни генотипни различия при определяне толерантността на образците сорго за зърно към тестваните хербициди (*TI*) (Фигура 2). Стойностите на индексът на толерантност (*TI*) при образците сорго за зърно варира в широк диапазон (*TI* от 45.4 до 129.9) след приложение на хербицидите Зенкор 600 СК, Стомп Аква, Уинг П и Мерлин Флекс 480.

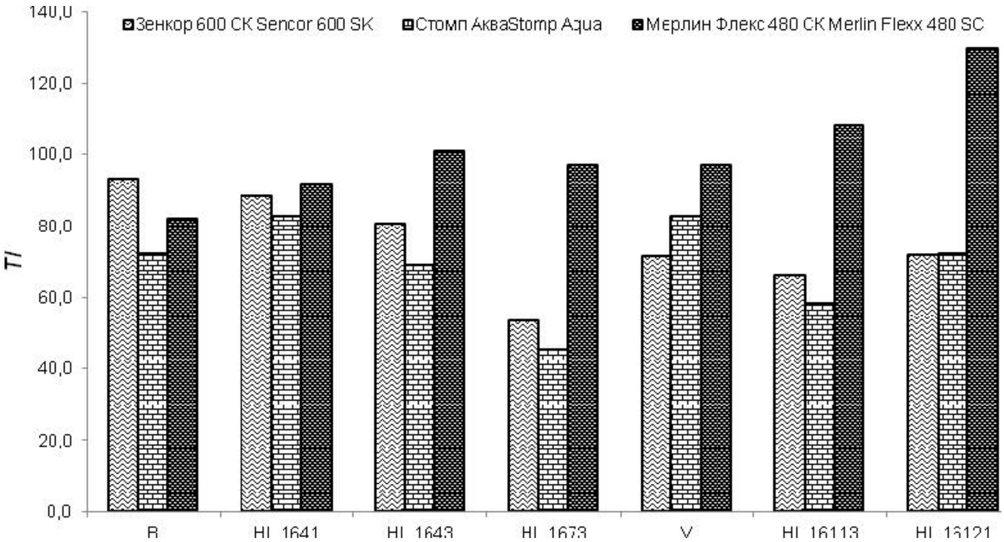
С относителен най-висока толерантност (*TI*) се отличават генотипите HL 16113 – 108.3 и HL 16121 – 129.8% след приложение на Мерлин Флекс 480 СК, а относително най-ниска е установено при HL 1673 към хербицидите Зенкор 600 СК– 53.3 и Стомп Аква – 45.4%.

Стойностите на общият фитотоксичен ефект (*OFE*) на приложените хербициди, средно за всички образци сорго за зърно варират в диапазона от 0.07 до 0.22 и могат да бъдат групирани в следния възходящ ред Стомп Аква - 0.07→ Зенкор 600 СК 0.12 → Мерлин Флекс 480 СК – 0.22 (Фигура 3).

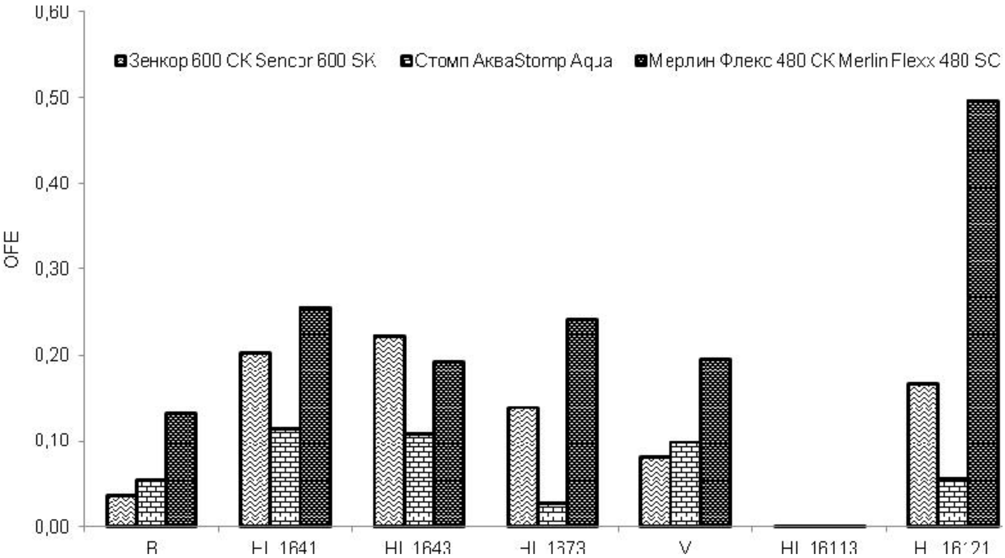
Significant genotypic differences were found in determination tolerance of grain sorghum accessions to tested herbicides (*TI*) (Figure2). The tolerance index (*TI*) values for grain sorghum accessions varied from 45.4 to 129.9, after application of the herbicides Sencor 600 SC, Stomp Aqua, Wing P and Merlin Flexx 480.

With the relative highest tolerance (*TI*) are determined at accessions HL 16113 - 108.3 and HL 16121 - 129.8% after treatment with Merlin Flex 480 CK and relatively low is found at HL 1673 to herbicides Sencor 600 SC - 53.3 and Stomp Aqua - 45.4%.

The overall phytotoxic effect (*OFE*) values of applied herbicides average over all grain sorghum accessions varied from 0.07 to 0.22 and can be grouped in the following ascending order Stomp Aqua - 0.07 → Sencor 600 SC 0.12 → Merlin Flexx 480 SC - 0.22 (Figure 3).



Фиг. 2. Индекс на толерантност (*TI*) при образци сорго за зърно
Fig. 2. Tolerance index (*TI*) for grain sorghum accessions



Фиг. 3. Общ фитотоксичен ефект (*OFE*) на хербициди при образци сорго за зърно
Fig. 3. Overal phytotoxic effect (OFE) of herbicides on grain sorghum accessions

Най-слаб общ фитотоксичен ефект (OFE) е отчетен при HL 16113 (OFE от 0.00003 до 0.00047) при всички приложени хербициди, следван от образци HL 1673 (OFE 0.03), HL 16121 (OFE 0.06) след третиране със Стомп Аква и при сорт Бианко след приложение на Стомп Аква (OFE 0.05) и Зенкор 600 СК (OFE 0.04).

The lowest overall phytotoxic effect (*OFE*) was recorded in HL 16113 (OFE from 0.00003 to 0.00047) in all tested herbicides, followed by accessions HL 1673 (OFE 0.03), HL 16121 (OFE 0.06) after treatment with Stomp Aqua and Bianco variety with Stomp Aqua (OFE 0.05) and Sencor 600 SC (OFE 0.04).

Относително висок общ фитотоксичен ефект (*OFE*) е отчетен при образци HL 1641 (OFE 0,25) и HL 1673 – 0.24 след третиране с Мерлин Флекс 480 СК, както и при HL 1643 – 0.22 при приложение на Зенкор 600 СК, докато при HL 1641, HL 16743 и сорт Verdon общ фитотоксичен ефект под въздействието Стомп Аква е в диапазона от 0.10 до 0.11%. Разликите в стойностите на общия фитотоксичен ефект (*OFE*) на хербицидите при образците сорго за зърно, могат да бъдат обяснени с генетичните им различия, тъй като сравненията между тях са направени при контролирани лабораторни условия.

Relatively high overall phytotoxic effect (*OFE*) was reported in accessions HL 1641 - 0.25 and HL 1673 - 0.24 after treatment with Merlin Flexx 480 SC, as well as HL 1643 - 0.22 of Sencor 600 SC, whereas for HL 1641, HL 16743 and Verdon variety overall phytotoxic effect of Stomp Aqua is in the range of 0.10 to 0.11%. Differences in the overall phytotoxic effect (*OFE*) of herbicides in grain sorghum accessions can be explained by genetic differences as comparisons between them are made under controlled laboratory conditions.

ИЗВОДИ

Двукомпонентните хербициди Уинг-П (212.5 g/l диметенамид-п и 250 g/l пендиметалин) в дози – 150, 300 и 450 ml/da, Гардоприм Плюс Голд 500 СК (312.5 g/l S-метолахлор + 187.5 g/l тербутилазин) – 200, 400 и 600 ml/da и Дуал Голд 960 ЕК (960 g/l S-метолахлор) – 60, 120 и 180 ml/da, оказват летален ефект при покълване на семената на всички образци сорго за зърно.

Еднокомпонентните хербициди Зенкор 600 СК (600 g/l метрибузин) в дози 22.5, 45.0 и 67.5 ml/da, Стомп Аква (455 g/l пендиметалин) – 175, 350 и 525 ml/da и Мерлин Флекс 480 СК (240 g/l изоксафлутол + 240 g/l ципросулфамид) – 21, 42 и 63 ml/da оказват от индиферентен до слаб фитотоксичен ефект върху кълняемостта на семената при образците HL 1641, HL 1643 и HL 1673 и/или стимулиращ ефект върху нарастването на кълна и първоначалното развитие на образци HL 1673, HL 16121 и HL 16113 сорго за зърно.

С относителен най-добра толерантност (*TI*) към хербицидите за почвено приложение се отличават генотипите HL 16113 и HL 16121 (респективно 108.3 и 129.8%) към Мерлин Флекс 480 СК, а с най-слаба е HL 1673 към хербицидите Зенкор 600 СК – 53.3 и Стомп Аква – 45.4%.

CONCLUSIONS

Two-component herbicides Wing P (212.5 g/l dimethenamid-n and 250 g/l pendimethalin) at the doses – 150, 300 and 450 ml/da, Gardoprim Plus Gold 500 SC (312.5 g/l S-metolachlor + 187.5 g/l terbuthylazine) – 200, 400 and 600 ml/da and Dual Gold 960 EC (960 g/l S-metolachlor) – 60, 120 and 180 ml/da, have a lethal effects on seed germination of all tested sorghum grain accessions.

The single-component herbicides Sencor 600 SC (600 g/l metribuzin) at the doses 22.5, 45.0 and 67.5 ml/da, Stomp Aqua (455 g/l pendimethalin) – 175, 350 and 525 ml/da, Merlin Flexx 480 SC (240 g/l isoxaflutole + 240 g/l cyprotsulfamide) – 21, 42 and 63 ml/da had indifferent to weak phytotoxic effects on seed germination at the accessions HL 1641, HL 1643 and HL 1673 and/or a stimulating effect on growth and initial development of the seedling at the HL 1673, HL 16121 and HL 16113 grain sorghum accessions.

With a relatively good tolerance (*TI*) to herbicides for soil application, the accessions HL 16113 and HL 16121 (respectively 108.3 and 129.8%) to Merlin Flex 480 SC are distinguished and the lowest is HL 1673 to herbicides Sencor 600 SC - 53.3 and Stomp Aqua - 45.4%.

Приложената най-ниска доза на Мерлин Флекс 480 СК оказва статистически доказан стимулиращ ефект (хербииден хормезис) от 10.9 до 33.6% при образци HL 16113 HL 16121 върху нарастването на дължина на кълна и могат да бъдат използвани като компоненти при създаването на сортове с толерантност към хербициди.

Установена е еквивалентност между селективността на хербицидите, отчетена чрез коефициентът на инхибиране при нарастването на корен, стебло и кълн и стойностите на общият фитотоксичен ефект (*OFE*) в началните етапи от развитието на тестваните образци сорго

The lowest applied dose of Merlin Flexx 480 SC had a statistically significant stimulating effect (herbicide hormesis) of 0.7 to 83.5% for accessions HL 16113 and HL 16121 on the growth of seedling length, can be used as components for the breeding of varieties with tolerance to herbicides.

An equivalence between the selectivity of the herbicides as measured by the coefficient of inhibition of root, stem and seedling and the values from overall phytotoxic effect (*OFE*) in the early stages of development of the tested sorghum accessions.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Belz, R., N. Cedergreen and S. Duke**, 2011. Herbicide hormesis – can it be useful in crop production? *Weed Research*, 51, 321-332.
2. **Currie, R.S., P.W. Geier, W. Keeling and B. Bean**, 2018. Weed Control and Injury with Non-Labeled Herbicides in Grain Sorghum. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports,* 4(8), Article 27. https://doi.org/10.4148/2378-5977.7647
3. **Delchev, G. and M. Georgiev**, 2017. Achievments and problems in the (*Sorghum bicolor* Moench). Agricultural Science and Technology, 9(3), 185-189.
4. **Dimitrova, Ts. and Z. Tsukov**, 1996. Study on weeds and their control in sorghum forage early hybrid "Super sile 20". Proceedings of the Union of Scientists - Ruse. Series "Agricultural and veterinary sciences", 5:57-60 (Bg)
5. **Dimitrova, Ts**., 2005. Study on weed infestance and their control in sorghum sudanense hybrid "Turdan 8". *Plant Science*, 33(8), 67-69 (Bg).
6. **Dimitrova, Ts. and A. Katova**, 2013. Selectivity of Some Herbicides to Standard Wheatgrass (Agropyron desertorum (Fisch.) Schultes) During Stand Establishment and Seed Production. *Pesticidi i fitomedicina*, 28(2), 125-131.
7. **Enchev, St. and M. Georgieva-Andreeva**, 2013. Study of the influence of some soil herbicides on the composition of weeds in Sudanese crops. Scientific work, practice, development, innovation, pp. 4-8 (Bg).
8. **Fromme, D., Peter A. Dotray, W. James Grichar and Carlos J. Fernandez**, 2012. Weed Control and Grain Sorghum (*Sorghum bicolor*) Tolerance to Pyrasulfotole plus Bromoxynil. International Journal of Agronomy, Article ID 951454, 10 pages, 2012. https://doi.org/10.1155/2012/951454.
9. **Galon, L., F.Fernandes, A. Andres, A. da Silva and C. Forte**, 2016. Selectivity and efficiency of herbicides in weed control on sweet sorghum. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, *46*(2), 123-131.
10. **Geier, P., Ph. Stahlman, D. Regehr and B. Olson**, 2009. Preemergence Herbicide Efficacy and Phytotoxicity in Grain Sorghum. *Weed Technology*, 23(2), 197-201.
11. **Georgiev, M.**, 2015. Investigation on wheat and barley weed infestation in the Stara Zagora region and effective solutions for chemical weed control. PhD thesis. Chirpan (Bg).
12. **Goranovska, S., S. Kalinova and P. Vulchinkova**, 2014. Effect of herbicides and mineral nutrition on yield and photosynthetic pigments on Knezha maize hybrid 509. Collection of Jubilee Scientific Conference "Selective Genetic and Technological

Innovations in Cultivation of Cultural Plants" 10-11.09.2014, Knezha, pp. 128-135 (Bg).
13. **Hinkelmann, K. and O. Kempthorne**, 1994. Design and analysis of experiments. Vol. I: Introduction to experimental design. New York: John Wiley and Sons. Inc, pp. 495.
14. **Hristova, S.**, 2005. Influence of pendimethalin and nicosulfuron on the growth and reproduction effects of corn for grain. - Collection of scientific international conference Stara Zagora - T. II, pp. 157-164 (Bg).
15. **Hristova, S.**, 2006. Influence of the Weed Control Agents on the Growth and Reproduction of Kn-613 Hybrids. - Collection of International Scientific Conference Zagora, 2006, T. I, pp. 200-204 (Bg).
16. **Hristova, S.**, 2007. Influence of some herbicides on the level of entrainment and yield of maize hybrid Kn-611. - Collection of International Scientific Conference Zagora, 2007, p. I, pp. 366-371 (Bg).
17. **Hristova, S.**, 2009. Effectiveness of herbicides in medium-late maize hybrids Kn-511 and Kn-594. - International Scientific Conference Stara Zagora, 2009, on CD (Bg).
18. **Ivanova, Ir. and Z. Rankova**, 2016. Evaluation of influense of some herbicides on the growth of the vegetative rootstock gf-677 on the base of mathematical and statistical analysis. ECOLOGY AND HEALTH 2016 House of science and technique - Plovdiv, pp. 217-220 (Bg).
19. **Kershner, K., A. Kassim, K. Kartikeya and T. Mitchell**, 2012. Genetic Resistance to Acetyl-Coenzyme A Carboxylase-Inhibiting Herbicides in Grain Sorghum. *Crop Science*, 52(1), 64-73.
20. **Mamiroa, P. G. Clementa, J. Msemwab and M. Swaib**, 2015. Performance of cotton cloth substrates in laboratory sorghum seeds germination tests. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 5(6), 1-7.
21. **Mishra, J., V.Singh and S. Rao**, 2016. Bioefficacy and phytotoxicity of pre- and post-emergence herbicides in grain sorghum. *Indian Journal of Weed Science,* 48(1), 70-73.
22. **Nasr, M. and S. Mansour**, 2005. The use of allelochemicals to delay germination of Astragalus cycluphyllus seeds. *Journal of Agronomy*, 4(2), 147-150.
23. **Pannaccie, S. B. and G. Covarelli**, 2010. Chemical weed control in biomass sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Agricultural Segment*: 1(1) AGS/1516. (http://www.segmentjournals.com).
24. **Peerzada, A., H. Ali and B. Chauhan**, 2017. Weed management in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] using crop competition: A review. *Crop Protection,* 95, 74-80.
25. **Reddy, S., Ph. Stahlman, P. G. Thompson, R. Currie, A. Schlegel, B. Olson and N. Lally**, 2013. Weed Control and Crop Safety with Premixed Pyrasulfotole and Bromoxynil in Grain Sorghum. *Weed Technology*, 27(4), 664-670.
26. **Priya, H. R.**, 2012. Integrated weed management in kharif sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Department Of Agronomy College of Agriculture, Dharwad University of Agricultural Sciences, Dharwad – 580 005 Master of Science (Agriculture) in Agronomy.
27. **Rosales-Robles, E., R. Sanchez-De-La-Cruz, J. Salinas-Garcia and V. Pecina-Quintero**, 2005. Broadleaf Weed Management in Grain Sorghum with Reduced Rates of Postemergence Herbicides. *Weed Technology*, 19(2):385-390.
28. **Tahseen, N. K. and S. Jagannath**, 2015. Assessment of allelopathic efficacy of *Parthenium hysterophorus* L. plant parts on seed germination and seedling growth of *Phaseolus vulgaris* L. *Brazilian Journal of Biological Sciences*, 2(3), 85-90.
29. **Velini, E., M. Trindade, L. Barberis and S. Duke**, 2010. Growth Regulation and Other Secondary Effects of Herbicides. *Weed Science,* 58(3), 351-354.