Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2019, 22 (6), 140-150 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Ефект на жълтия цвят върху уловите на *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte в KLP+ ловилки с две примамки

Димитър Велчев[1]*, Теодора Тошова[2], Ивайло Тодоров[2],
Стоян Бешков[3], Пламен Калушков[2], Миклош Тот[4]

[1] *Институт по царевицата, Селскостопанска академия, 5835, гр. Кнежа, България*
[2] *Институт по биоразнообразие и екосистемни изследвания, Българска академия на науките, бул. „Цар Освободител“ № 1, 1000, гр. София, България*
[3] *Национален природонаучен музей, Българска академия на науките, бул. „Цар Освободител“ № 1, 1000, гр. София, България*
[4] *Институт по растителна защита, Център за селскоспопански изследвания, Унгарска академия на науките, ул. „О. Херман“ № 15, H-1022, гр. Будапеща, Унгария*

Effect of the Hue of Yellow Colour on *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte Captures in KLP+ Traps Baited with Dual Lures

Dimitar Velchev[1]*, Teodora Toshova[2], Ivaylo Todorov[2],
Stoyan Beshkov[3], Plamen Kalushkov[2], Miklós Tóth[4]

[1]*Maize Research Institute, Agricultural Academy, Knezha, 5835, Bulgaria*
[2]*Institute of Biodiversity and Ecosystem Research, Bulgarian Academy of Sciences, Blvd. Tsar Osvoboditel 1, 1000 Sofia, Bulgaria*
[3]*National Museum of Natural History, Bulgarian Academy of Sciences, Blvd. Tsar Osvoboditel 1, 1000 Sofia, Bulgaria*
[4]*Plant Protection Institute, Centre for Agricultural Research, Hungarian Academy of Sciences, Herman O. u. 15., H-1022, Budapest, Hungary*

**E-mail: mitko_vel4ev@mail.bg*

Original scientific paper

РЕЗЮМЕ

Западният царевичен коренов червей (WCR), *Diabrotica virgifera virgifera*, е един от най-вредните видове насекоми по царевицата в Северна Америка и Европа, като в България той е разпространен почти повсеместно. Наскоро беше съобщено, че KLP+ ловилките с две семиохимични (феромонна и рас-

SUMMARY

The Western corn rootworm (WCR), *Diabrotica virgifera virgifera*, is one of the most damaging insect pests of maize in North America and Europe. In Bulgaria the pest is distributed in almost all regions. Recently it was reported that KLP+ traps baited with dual semiochemical (pheromone and floral) тителна) примамки (Csalomon®, Институт по растителна защита, УАН, Будапеща, Унгария) показват много висока ефективност при различна популационна плътност на вредителя. Допълнителните познания за оптималната комбинация от зрителни и химични стимули на ловилката биха допринесли за по-ефективни стратегии за борба с WCR в бъдеще. През активните сезони на 2017 и 2018 г. направихме експериментално сравнение между жълти и флуоресциращо жълти ловилки с две примамки в царевична култура в гр. Кнежа, северозападна България. Нюансът на жълтия цвят не показа ясен поведенчески отговор на възрастните на WCR - не беше установена статистически значима разлика между уловите в изпитаните варианти. Сезонната динамика на уловите показа по-дълъг период на активност на възрастните през 2018 г. – преди средата на юли до втората половина на септември, в сравнение с предишни резултати, получени при експерименти с привличащи ловилки в гр. Кнежа (2014-2016 г.) (от втората половина на юли до средата на септември). В настоящата работа е представена и информация за числеността на още 14 вида насекоми, регистрирани в ловилките.

Ключови думи: западен царевичен коренов червей, жълта ловилка, флуоресциращо жълта ловилка, феромонна примамка, растителна примамка, България

lures (Csalomon®, Plant Protection Institute, HAS, Budapest, Hungary) showed very high efficiency at different population densities of the pest in this country. Increased knowledge about the optimal combination of visual and chemical cues of the trap would contribute to more effective management strategies of WCR. In 2017-2018, we compared yellow and fluorescent yellow KLP+ traps baited with dual lures in a maize crop in Knezha, north-western Bulgaria.

The hue of yellow colour tested did not elicit a strong behavioural response on WCR adults - no significant difference in captures between treatments was found during the study.

The seasonal patterns of captures showed longer period of activity of WCR adults in 2018 - before the middle of July to the second half of September than the previous results obtained by attractant traps in Knezha (2014-2016) (from second half of July to the middle of September). Information on the relative abundance of fourteen other insect species captured in the traps is also presented.

Key words: Western corn rootworm, yellow trap, fluorescent yellow trap, pheromone lure, floral lure, Bulgaria

УВОД

От началото на 90-те години на миналия век, когато западния царевичен коренов червей, (WCR), *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1858 (Chrysomelidae), е регистриран близо до гр. Белград, бивша Югославия (Bača, 1994), в резултат на няколко интродукции в различни части на Европа (Ciosi et al., 2008), разпространението на този вид се увеличава (EPPO, 2019). След първото съобщение за България (Ivanova, 2002), в днешно време вреди-

INTRODUCTION

Since the early nineties, when the first adults of the Western corn rootworm (WCR), *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1858 (Chrysomelidae) were registered near Belgrade, former Yugoslavia (Bača, 1994), after several introduction events to different parts of Europe (Ciosi et al., 2008), the spread of the species permanently increased (EPPO, 2019). After the first record from Bulgaria (Ivanova, 2002), at the present time the pest is distributed in almost all телят е разпространен в почти всички области на страната с изключение на Варна, Кърджали и Смолян (MAF, 2015; Toshova et al., 2017b). Според периодичните бюлетини за растителна защита, WCR е сред икономически важните вредители по царевицата в България (BAFS, 2014), заедно с *Tanymecus dilaticollis* Gyllenhal, 1834, телените червеи, *Oulema melanopus* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera), *Ostrinia nubilalis* (Hübner, 1796), *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera), листните въшки (Aphidoidea) и *Melanogryllus desertus* (Pallas, 1771) (Grylloidea). Прагът на икономическа вредност на WCR за повреди по корените на царевицата от ларвите е 1 броя ларви 3-та възраст/растение за неполивни площи или 3 бр. ларви 3-та възраст/растение за поливни площи, а при поява на свила е 10-15 бр. възрастни/ловилка/ден (на 50 da) или 3-5 бр. възрастни/растение.

Допълнителните познания за оптималната комбинация от зрителни и химични стимули на ловилката биха могли да бъдат използвани за подобряване на характеристиките на ловилката с цел увеличаване на ефективността на методите за улов и мониторинг на WCR.

Целта на настоящето изследване беше да се оцени влиянието на нюанса на жълтия цвят на KLP+ Csalomon® ловилка с двойна примамка (феромонна и растителна) върху атрактивността за възрастните на *Diabrotica v. virgifera.*

regions of this country, with the exception of Varna, Kardzhali, and Smolyan (MAF, 2015; Toshova et al., 2017b).

According to the periodical bulletins of plant protection, WCR is among the pests of economic importance of maize in Bulgaria (BAFS, 2014) together with *Tanymecus dilaticollis* Gyllenhal, 1834, click beetles, *Oulema melanopus* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera), *Ostrinia nubilalis* (Hübner, 1796), *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera), aphids (Aphidoidea) and *Melanogryllus desertus* (Pallas, 1771) (Grylloidea).

The economic threshold for root damage is 1 larva 3rd instar/per plant for non-irrigated areas or 3 larvae 3rd instar/plant for irrigated areas and during appearance of maize silk - 10-15 adults/trap per day (for 5 ha) or 3-5 adults/plant.

Increased knowledge about the optimal combination of visual and chemical cues of the trap can be used for optimising the trap characteristics to enhance the efficacy of trapping and monitoring tools for WCR.

The objective of the present study was to evaluate the influence of the hue of yellow colour of KLP+ Csalomon® traps baited with dual lures (pheromonal and floral lures) on the attractiveness of *Diabrotica v. virgifera* adults.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Настоящото изследване беше проведено през 2017 г. и 2018 г. в царевично поле (10 da) на Института по царевицата в гр. Кнежа (обл. Плевен), България (43°28’51"N; 24°03’21"E, 140 m надморска височина). За изследванията бяха използвани KLP+ ловилки с две семиохимични примамки (феромонна и растителна) за WCR, произведени от Csalomon® (Институт по растителна защита, УАН, Будапеща, Унгария, www.csalomontraps.com). Във всяка

MATERIAL AND METHODS

This study was conducted in a maize field (1 ha) of the Maize Research Institute (Agricultural Academy) in Knezha (Pleven region), Bulgaria (43°28’51"N;24°03’21"E, 140 m a.s.l.) in 2017 and 2018. KLP+ (‘hat’) traps with dual semiochemical (pheromone and floral) lures for WCR adults produced by Csalomon® (Plant Protection Institute, HAS, Budapest, Hungary, www.csalomontraps.com) were used in our field investigations. Vaportape® (Hercon Environmental Inc., ловилка беше поставена инсектицидна лентичка Vaportape® (Hercon Environmental Inc., Emigsville, PA, USA) - убиващ агент за уловените бръмбари.

Ловилките бяха поставени на височина около 1.5-1.8 m над земята, прикачени към дървени стълбове (2 m). По две жълти и две флуоресциращо жълти ловилки бяха използвани всяка година. Те бяха разположени в два блока, като всеки блок съдържаше по една ловилка от двата варианта. Разстоянието между ловилките в блок беше 15-20 m, а между блокове – 30 m.

Опитите бяха проведени от 21 юли до 2 октомври 2017 г. и от 15 юли до 30 септември 2018 г. Примамките бяха подменяни със свежи съответно на 18 август 2017 г. и 15 август 2018 г. Ловилките бяха проверявани за улови ежедневно или на интервали от 2-10 дни, като уловените насекоми бяха събирани за последващо определяне на видовете.

Данните за ежеседмичните улови от възрастни екземпляри на WCR бяха използвани за представяне на сезонната динамика на летеж.

Данни за денонощните метеорологични наблюдения бяха предоставени от метеорологичната станция в гр. Кнежа (част от системата на Националния институт по метеорология и хидрология) (43°28’48”N, 24°04’10”E).

Статистическите анализи бяха извършени чрез STATISTICA 7.0 Software (StatSoft, Inc. 2004). Различията между средните стойности във вариантите бяха считани за значими при $P < 0.05$. Kruskal-Wallis test и Mann-Whitney U post hoc test бяха извършени за сравняване на броя на уловените бръмбари в двата варианта. За целите на анализите метеорологичните данни бяха осредняване за периодите, в които бяха извършвани отчитания на уловите. Влиянието на минималната (T min), максималната (T max) и средната (T mean) температура на въздуха, както и на температурата на почвата на

Emigsville, PA, USA) insecticide strip was placed in each trap to kill the beetles captured.

The traps were suspended at a height of 1.5-1.8 m. above ground attached to wooden poles (2 m). Two yellow and two fluorescent yellow baited traps were used each year. Traps were set up in a randomized complete block design, with each block containing one replicate of every treatment. The distance between traps was 15-20 m, with a distance of 30 m between blocks.

The traps were kept in the maize field from 21 July till 2 October in 2017 and from 15 July till 30 September in 2018, and lures were replaced with fresh ones on 18 August, 2017 and 15 August, 2018, respectively. The traps were inspected daily to 2-10-day-intervals, and insect captured were collected for species identification.

The weekly captures were used for the curve of the seasonal flight patterns of the WCR adults.

The daily meteorological data records were provided by the meteorological station in Knezha (part of the network of the National Institute of Meteorology and Hydrology) (43°28’48”N, 24°04’10E).

The statistical analyses were performed by a STATISTICA 7.0 Software (StatSoft, Inc. 2004). Differences between treatment means were considered significant at $P < 0.05$. Kruskal-Wallis test and Mann-Whitney U post hoc test were conducted to compare the number of beetles captured in different treatments.

For the analysis, the meteorological data were averaged to get means for the period of trap inspection.

The influence of the minimum (T min), maximum (T max) and mean air temperature (T mean), along with the soil дълбочина 10 cm, относителната влажност на въздуха и количеството на валежите върху уловите на WCR в ловилките през 2018 г., беше анализирано със Spearman's rho корелационен непараметричен тест.

temperature at 10 cm depth, relative air humidity and precipitation on WCR captures in the traps, was analysed by Spearman's rho correlation nonparametric test for 2018.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

През 2017 г и 2018 г. не беше установена статистически достоверна разлика в уловите в жълти и флуоресциращо жълти KLP+ ловилки с примамки при една и съща височина на разположение на ловилките (Таблица 1). През 2017 г. по-високи улови бяха регистрирани в жълтите ловилки, докато през 2018 г., когато популационната плътност на вредителя беше относително по-висока, бръмбарите бяха по-многобройни във флуоресциращо жълтите ловилки. Тези резултати потвърждават данните от Tóth et al. (2003) и Toshova et al. (2017a), според които флуоресциращо жълти лепливи ловилки улавят по-висок среден брой бръмбари от ловилки с други цветове без примамки, без да са установени статистически значими различия между изпитаните варианти. Различните нюанси на жълтия цвят не оказват влияние върху привличането и на възрастни индивиди на *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard, 1926) (Diptera: Agromyzidae) (Durmuşoğlu et al., 2009). Изследвайки ефекта на флуоресценцията върху привличането на насекоми, посещаващи цветове на растения, Shrestha et al. (2019) съобщават, че видове от разредите Coleoptera и Lepidoptera се улавят значително по-често в ловилки тип „чиния" с флуоресциращи характеристики, отколкото от ловилки без такива характеристики. Предпочитание към фруоресциращия цвят на ловилките е съобщен и при други видове твърдокрили насекоми: *Oxythyrea funesta* (Poda, 1761) (Vuts et al., 2008), *O. cinctella* (Schaum, 1841) (Coleoptera, Cetoniidae) (Vuts et al., 2012), *Plagionotus floralis* (Pallas, 1776) (Imrei et al., 2014),

RESULTS AND DISCUSSION

The yellow and fluorescent yellow KLP+ traps baited with dual lures, and placed at the same height showed no significant difference in the captures of WCR adults in 2017 and 2018, respectively (Table 1). In 2017, higher captures of WCR adults were recorded in yellow traps while in 2018, when the population density of the pest was relatively higher, the beetles were more numerous in fluorescent yellow trap. These results coincide with the results obtained by Tóth et al. (2003) and Toshova et al. (2017a) who reported that fluorescent yellow sticky traps captured higher mean number of beetles among the unbaited sticky traps of different colours, including yellow colour but without significant difference among the treatments. Similarly different hues of yellow colour do not influence the attraction of the adults of *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard, 1926) (Diptera: Agromyzidae) (Durmuşoğlu et al., 2009).

Studying the effect of fluorescence on attractiveness of flower-visiting insects, Shrestha et al. (2019) reported that Coleoptera and Lepidoptera were captured significantly more frequently by pan traps displaying fluorescent properties (including fluorescent yellow traps) than by non-fluorescent pan traps.

Preference to fluorescent yellow colour has been reported for other coleopteran species: *Oxythyrea funesta* (Poda, 1761) (Vuts et al., 2008), *O. cinctella* (Schaum, 1841) (Coleoptera, Cetoniidae) (Vuts et al., 2012), *Plagionotus floralis* (Pallas, 1776) (Imrei et al., 2014), *Pseudovadonia livida* (Fabricius, 1776) (Toshova et al.

Pseudovadonia livida (Fabricius, 1776) (Toshova et al. 2016), *Brassicogethes aeneus* (Fabricius, 1775) (= *Meligethes aeneus* F., 1775) (Coleoptera, Nitidulidae) (Döring et al., 2012) и *Propylea quatuordecimpunctata* (Linnaeus, 1758) (Coccinellidae) (Toshova et al., 2017a).

2016), *Brassicogethes aeneus* (Fabricius, 1775) (= *Meligethes aeneus* F., 1775) (Coleoptera, Nitidulidae) (Döring et al., 2012) and *Propylea quatuordecimpunctata* (Linnaeus, 1758) (Coccinellidae) (Toshova et al., 2017a).

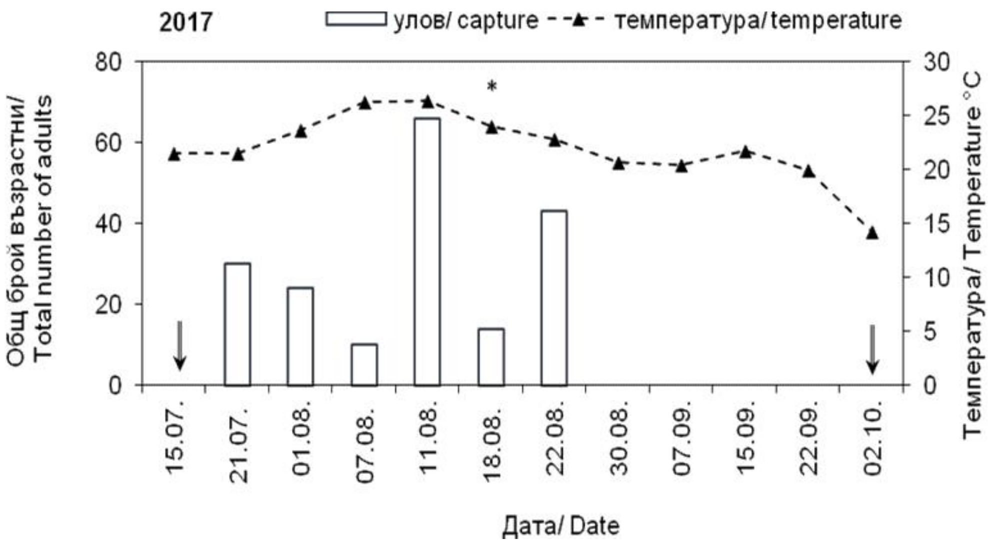
Таблица 1. Улови на *D. v. virgifera* в KLP+ ловилки с две примамки в гр. Кнежа, 21 юли – 18 септември, 2017 г. (n = 2) и 15 юли - 21 септември, 2018 г. (n = 2). Средните улови в колона не са статистически достоверно различни ($P > 0.05$, Kruskal-Wallis test и следващ Mann-Whitney U test)

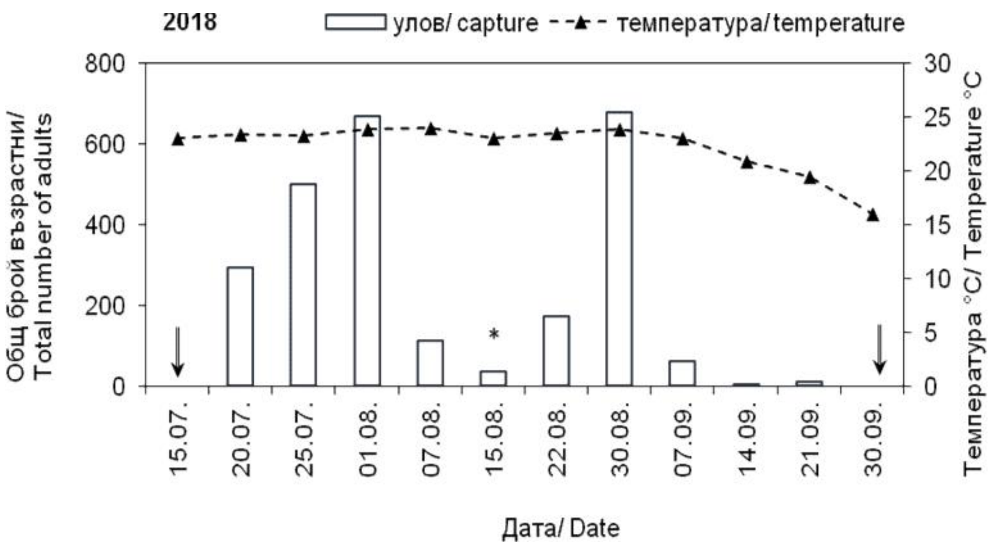
Table 1. Catches of *D. v. virgifera* in KLP+ traps baited with dual lures in Knezha, 21 July – 18 September, 2017 (n = 2) and 15 July - 21 September, 2018 (n = 2). Mean captures within a column are not significantly different ($P > 0.05$, Kruskal-Wallis test followed by Mann-Whitney U test)

Цвят на ловилката Trap colour	2017		2018	
	Общ улов Total capture	Среден улов ± Std. Error Mean capture ± Std. Error	Общ улов Total capture	Среден улов ± Std. Error Mean capture ± Std. Error
Жълт / Yellow	127	18.14 ± 8.05	1067	23.20 ± 5.23
Флуоресциращо жълт Fluorescent yellow	60	8.57 ± 2.43	1466	31.87 ± 6.01

Сезонната динамика на уловите на *D. v. virgifera* през 2017 г. и 2018 г. в KLP+ ловилки с примамки е показана на Фиг. 1. През двете години началото на летежа на възрастните бе изпуснато, поради по-късно поставяне на ловилките. През 2017 г. бяха регистрирани улови в периода 21 юли – 30 август, а през 2018 г. – от 15 юли до 21 септември. През двете години беше наблюдавано по-ранно начало на летеж (преди средата на юли) на *D. v. virgifera* отколкото през 2014-2016 г. (края на юли) на същото място и периодът на активност на възрастните бе с около две седмици по-дълъг през 2018 г. в сравнение с 2014 г. (Toshova et al., 2017a) и 2015-2016 г. (Toshova et al., 2017b).

The seasonal pattern of *D. v. virgifera* captures in 2017 and 2018 in the KLP+ baited traps, is shown in Fig. 1. In both years, the beginning of the flight of adults was missed because of the late installing of the traps. In 2017, captures were registered in the period of July 21 – August 30, and in 2018 - from July 15 to September 21. In 2017-2018, an earlier appearance (before the middle of July) of *D. v. virgifera* adults was registered than 2014-2016 (end of July) at the same locality, and the period of the activity was more than two weeks longer in 2018 in comparison with 2014 (Toshova et al., 2017a) and 2015-2016 (Toshova et al., 2017b).





Легенда към фигурата/ Legend to Figure:

Фиг. 1. Сезонен летеж на *D. v. virgifera*, гр. Кнежа, 2017 г. и 2018 г. Стрелките (↓) показват датите на начало и край на опита. Звездата (*) показва датата на смяна на примамките

Fig. 1. Seasonal flight of *D. v. virgifera*, Knezha, 2017 and 2018. Arrows (↓) show the dates of the beginning and the end of the test. Asterisk (*) indicates the date when lures were replaced

През 2018 г. статистически значими положителни корелации бяха установени между уловите *D. v. virgifera* и следните метеорологични фактори: T min (r_s = 0.53, *P* = 0.01), T mean (r_s = 0.59, *P* = 0.003), относителна влажност на въздуха (r_s = 0.57, *P* = 0.005) и валежите (r_s = 0.52, *P* = 0.01). Статистически значимата положителна корелация между уловите на WCR с влажността и валежите може да се обясни с улови на възрастни в сухи периоди на денонощието в дни със случайни интензивни валежи. В България, повечето краткотрайни и интензивни валежи падат през летните месеци (юни, юли и август) (Malcheva, 2017). Изследванията на Tóth et al. (2010) върху денонощната динамика на активност на възрастните на WCR показват удължен период на поведенческа реакция към растителни и феромонни примамки в полето. Бръмбарите реагират на растителната примамка само през деня, с ясно очертани пикове в часовете преди обяд и в късния следобяд, докато отговори към синтетичната феромонна примамка са наблюдавани през деня и нощта.

През 2017 г. и 2018 г., освен възрастни индивиди на WCR и многобройни неидентифицирани двукрили индивиди, бяха регистрирани следните таксони в ловилките:

<u>Coleoptera</u>: *Agriotes ustulatus* (Schaller, 1783) (Elateridae) (4 броя, KLP+ жълти ловилки, 15-30.07.2018 г.; 10 броя, KLP+ флуоресциращо жълти ловилки, 15-24.07.2018 г.), *Harmonia axyridis* Pallas, 1773 (Coccinelidae) (20 броя, KLP+ жълти ловилки, 17.07.-21.09.2018 г.; 33 броя, KLP+ флуоресциращо жълти ловилки, 22.08.-21.09.2018 г.), *Coccinella septempunctata* Linnaeus, 1758 (1 брой, KLP+ жълта ловилка, 19-21.09.2018 г.; 2 броя, KLP+ флуоресциращо жълта ловилка, 10.08.-03.09.2018 г.), *C. quinquepunctata* Linnaeus, 1758 (1 брой, KLP+ жълта ловилка, 07-10.08.2018 г.) и *P. quatuordecimpunctata* (1 брой, KLP+

In 2018, significant positive correlations were found between the captures *D. v. virgifera* and the following meteorological factors: T min (r_s = 0.53, *P* = 0.01), T mean (r_s = 0.59, *P* = 0.003), relative air humidity (r_s = 0.57, *P* = 0.005) and precipitation (r_s = 0.52, *P* = 0.01). The significant positive correlation between WCR captures and relative air humidity and precipitation can be explained by captures of the adults in dry periods of the day/ night on dates with intense random rainfalls. In Bulgaria, most short-lived and heavy rains fall during the summer months (June, July and August) (Malcheva, 2017). Investigations on the daily dynamics of activity of the adults by Tóth et al. (2010) showed pronounced period of responsiveness of WCR adults to the floral and pheromone lures in the field. Beetles responded to the floral lure only during the day time hours, with well-defined peaks in the late morning and late afternoon, while the responses to the synthetic pheromone lure were recorded apart from daytime hours also well into the night.

In 2017 and 2018, besides WCR adults and the numerous unidentified dipteran specimens, the following taxa were recorded in the traps:

<u>Coleoptera</u>: *Agriotes ustulatus* (Schaller, 1783) (Elateridae) (4 specimens, KLP+ yellow traps, 15-30.07.2018; 10 specimens, KLP+ fluorescent yellow traps, 15-24.07.2018), *Harmonia axyridis* Pallas, 1773 (Coccinelidae) (20 specimens, KLP+ yellow traps, 17.07.-21.09.2018; 33 specimens, KLP+ fluorescent yellow traps, 22.08.-21.09.2018), *Coccinella septempunctata* Linnaeus, 1758 (1 specimen, KLP+ yellow trap, 19-21.09.2018; 2 specimens, KLP+ fluorescent yellow trap, 10.08.-03.09.2018), *C. quinquepunctata* Linnaeus, 1758 (1 specimen, KLP+ yellow trap, 07-10.08.2018) and *P. quatuordecimpunctata*

жълта ловилка, 10-19.09.2018 г.).

Hymenoptera: *Apis mellifera* L., 1758 (11 броя, KLP+ жълти ловилки, 21.07-22.08.2017 г. и 15.07-19.09.2018 г.; 6 броя, KLP+ флуоресциращо жълти ловилки, 21.07.-01.08.2017 г. и 15-16.07.2018 г.), *Lasioglossum* (*Lasioglossum*) *discum* (F. Smith, 1853) (1♂, KLP+ флуоресциращо жълта ловилка, 25-30.08.2018 г.), *L.* (*Lasioglossum*) *pallens* (Brullé, 1833) (1♂, KLP+ флуоресциращо жълта ловилка, 03-07.08.2018 г.), *Lasioglossum* sp. (2 броя, KLP+ жълта ловилка, 12-19.09.2018 г.).

Lepidoptera: *O. nubilalis* (Crambidae) (5 броя, KLP+ жълти ловилки, 20.07.-10.09.2018 г.; 2 броя, KLP+ флуоресциращо жълти ловилки, 01-03.08.2018 г.), *Udea ferrugalis* (Hübner, 1796) (1 брой, KLP+ жълта ловилка, 07-10.09.2018 г.), *Eilema complana* (Linnaeus, 1758) (Erebidae) (2 броя, KLP+ жълта ловилка, 15-16.07.2018 г.), *E. lurideola* (Zincken, 1817) (1 брой, KLP+ жълта ловилка, 15-16.07.2018 г.), *H. armigera* (Noctuidae) (1 брой, KLP+ жълта ловилка, 21.07.-01.08.2017 г.) и *Agrotis segetum* (Denis & Schiffermüller, 1775) (2 броя, KLP+ жълта ловилка, 07-10.09.2018 г.).

Уловените нецелеви видове насекоми са широко разпространени в България, с изключение на *L. pallens*, който е нов вид за района на обл. Плевен и гр. Кнежа (Todorov, pers. communication). Неотдавна, Banaszak and Dochkova (2014) съобщават *L. discum* от района на обл. Плевен (с. Крушовица).

(1 specimen, KLP+ yellow trap, 10-19.09.2018).

Hymenoptera: *Apis mellifera* L., 1758 (11 specimens, KLP+ yellow traps, 21.07-22.08.2017 and 15.07-19.09.2018; 6 specimens, KLP+ fluorescent yellow traps, 21.07.-01.08.2017 and 15-16.07.2018), *Lasioglossum* (*Lasioglossum*) *discum* (F. Smith, 1853) (1♂, KLP+ fluorescent yellow trap, 25-30.08.2018), *L.* (*Lasioglossum*) *pallens* (Brullé, 1833) (1♂, KLP+ fluorescent yellow trap, 03-07.08.2018), *Lasioglossum* sp. (2 specimens, KLP+ yellow trap, 12-19.09.2018).

Lepidoptera: *O. nubilalis* (Crambidae) (5 specimens, KLP+ yellow traps, 20.07.-10.09.2018; 2 specimens, KLP+ fluorescent yellow traps, 01-03.08.2018), *Udea ferrugalis* (Hübner, 1796) (1 specimen, KLP+ yellow trap, 07-10.09.2018), *Eilema complana* (Linnaeus, 1758) (Erebidae) (2 specimens, KLP+ yellow trap, 15-16.07.2018), *E. lurideola* (Zincken, 1817) (1 specimen, KLP+ yellow trap, 15-16.07.2018), *H. armigera* (Noctuidae) (1 specimen, KLP+ yellow trap, 21.07.-01.08.2017) and *Agrotis segetum* (Denis & Schiffermüller, 1775) (2 specimens, KLP+ yellow trap, 07-10.09.2018).

Non-target insect species collected are widely distributed in Bulgaria with the exception of *L. pallens*, which is new record for Pleven region and Knezha (Todorov, pers. communication). Recently, Banaszak and Dochkova (2014) captured *L. discum* in Pleven region (Krushovitsa village).

ИЗВОДИ

В резултат на проведените експерименти беше установено, че жълтите и флуоресциращо жълтите KLP+ ловилки с растителна и феромонна примамка са силно привличащи за възрастните индивиди на *D. v. virgifera*, без да има ясно предпочитание към нюанса на жълтия цвят.

През 2018 г., когато популацион-

CONCLUSIONS

Yellow and fluorescent yellow KLP+ traps baited with floral and pheromone lures are highly attractive to *D. v. virgifera* adults, but there was no clear preference to the hue of the yellow colour.

In 2018, when the population density of the pest was relatively higher ната плътност на вредителя беше относително по-висока в сравнение с предишната година, флуоресциращо жълтите ловилки улавяха по-голям брой възрастни на WCR.

През 2017 г. и 2018 г., сезонния летеж на WCR започна преди средата на юли и продължи до края на август (2017 г.) – втората половина на септември (2018 г.).

than in the previous year, fluorescent yellow baited traps captured larger numbers of adults of WCR.

During 2017-2018, the seasonal flight of WCR started before the middle of July and continued to the end of August (2017) - second half of September (2018).

БЛАГОДАРНОСТИ

Тази разработка беше частично финансирана от научен проект ANIDIV-3 (ИБЕИ-БАН).

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was partially supported by ANIDIV-3 project (IBER-BAS).

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Bača, F.**, 1994. New Member of the Harmful Entomofauna of Yugoslavia, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera, Chrysomelidae). *Zaštita Bilja*, 45, 125-131. (Sr, English summary)

2. **Banaszak, J. and B. Dochkova**, 2014. Bees (Hymenoptera, Apoidea, Apiformes) in the Agricultural Landscape of Bulgaria: Species Diversity. *Journal of Apicultural Science*, 58 (1), 29-49.

3. BFSA (Bulgarian Food Safety Agency), 2014. National Bulletins of Plant Protection. (Bg) http://www.babh.government.bg/

4. **Ciosi, M, N. J, Miller, K. S. Kim, R. Giordano, A. Estoup and T. Guillemaud**, 2008. Invasion of Europe by the Western Corn Rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera*: Multiple Transatlantic Introductions with Various Reductions of Genetic Diversity. *Molecular Ecology,* 17 (16), 3614-3627.

5. **Döring, T. F., M. P. Skellern, N. P. Watts and S. M. Cook**, 2012. Color Choice Behaviour in the Pollen Beetle, *Meligethes aeneus* (Coleoptera: Nitidulidae). *Physiological Entomology*, 37 (4), 360-378.

6. **Durmuşoğlu, E., M. Salaman, H. S. Cİvelek, A. Cİvelek, A. Hatipoğlu and H. Balcı**, 2009. Effect of Various Hues of Yellow as Sticky Trap Color on Leafminers in Cucumber Growing Greenhouses.*Turkish Journal of Entomology*, 33 (3), 163-170.

7. EPPO Global database, 2019. *Diabrotica virgifera virgifera*. https://gd.eppo.int/taxon/DIABVI/distribution.

8. **Imrei, Z., Z. Kováts, T. B. Toshova, M. Subchev, K. Harmincz, I. Szarukán, M. J. Domingue and M. Tóth**, 2014. Development of a Trap Combining Visual and Chemical Cues for the Alfalfa Longhorn Beetle, *Plagionotus floralis*. *Bulletin of Insectology*, 67 (2), 161-166.

9. **Ivanova, I. E.**, 2002. The First Occurrence of *Diabrotica virgifera virgifera* in Bulgaria. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 37 (1-3), 155-157.

10. MAF (Ministry of Agriculture and Food, Bulgaria), 2015. Annual report for implementation of Single Multiannual National Control Plan for Foods, Animal Feed, Animal Health and Welfare and Plant Health, 2015 (Bg). http://www.mzh.government.bg

11. **Malcheva, K.**, 2017. Climatology of Intense Rainfall in Bulgaria in the Recent Decades. *Bulgarian Journal of Meteorology and Hydrology*, 22 (1-2), 27-40.

12. **Shrestha, M., J. E. Garcia, J. H. J. Chua, S. R. Howard, T. Tscheulin, A. Dorin, A. Nielsen, and A. G. Dyer**, 2019. Fluorescent Pan Traps Affect the Capture Rate of Insect Orders in Different Ways. *Insects*, (10) 40; doi:10.3390/insects10020040
13. **Toshova T. B., M. Subchev, V. Abaev, J. Vuts, Z. Imrei, S. Koczor, Z. Galli, R. Van De Ven and M. Tóth**, 2016. Responses of *Pseudovadonia livida* Adults to Olfactory and Visual Cues. *Bulletin of Insectology*, 69 (2), 161-172.
14. **Toshova, T. B., D. I. Velchev, V. D. Abaev, P. K. Kalushkov, E. Orgován, Zs. Lohonyai, M. Tóth and S. Koczor**, 2017a. Nontarget Coleoptera Species Captured in Colored Sticky Traps in Maize Crops in Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica*, Supplement 9, 237-246.
15. **Toshova, T. B., D. I. Velchev, V. D. Abaev, M. A. Subchev, D. Y. Atanasova and M. Tóth**, 2017b. Detection and Monitoring of *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1858 (Coleoptera: Chrysomelidae) by KLP+ Traps with Dual (Pheromone and Floral) Lures in Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica*, Supplement 9, 247-254.
16. **Tóth, M., I. Sivcev, I. Ujváry, I. Tomasek, Z. Imrei, P. Horváth and I. Szarukán**, 2003. Development of Trapping Tools for Detection and Monitoring of *Diabrotica v. virgifera* in Europe. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 38, 307-322.
17. **Tóth, M., G. Törocsik, Z. Imrei and G. Vörörs**, 2010. Diel Rhythmicity of Field Responses to Synthetic Pheromonal or Floral Lures in the Western Corn Rootworm *Diabrotica v. virgifera*. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 45 (2), 323-328.

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2019, 22 (6), 151-162 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Реакция на соя (*Glycine max* (L.) Merr.) сорт Ричи към хербициди за почвено приложение в условия на Централна Северна България

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, Бъларив*

Reaction of Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) Variety Richie to Herbicides Applied after Sowing, before Emergence of Soybeans in Central Northern Bulgaria

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

[1]*Institute of Forage Crops, 5800 Pleven, Bulgaria*
[2]*Experimental Station on Soybean, 5200 Pavlikeni, Bulgaria*

**E-mail: plserafimov@abv.bg*

Original scientific paper

РЕЗЮМЕ

През периода 2016-2017 г. в опитното поле на Опитна станция по соята - Павликени е изведен полски опит с цел установяване реакцията на соя (*Glycine max* (L.) Merr.) сорт Ричи към утвърдении хербициди за почвено приложение с широк спектър на действие [Гардоприм плюс голд 500 СК (312.5 g/l S-метолахлор + 187.5 g/l тербутилзин), Стомп аква (455 g/l пендиметалин), Спектрум (720 g/l диметенамид-П) и Уинг-П (250 g/l диметенамид-П + 212,5 g/l пендимета-лин)] внесени в оптимални и двойно-завишени дози в условията на Централна Северна България.

Установено е, че: двукомпонентния хербицид Гардоприм плюс голд 500 СК и Спектрум позволяват използването им двойно-завишени дози за борба с плевелите при смесен тип на заплеве-ляване при соя сорт Ричи, при които се получават практически близки добиви

SUMMARY

During the period 2016-2017 in the experimental field of Experimental Station on Soybean - Pavlikeni, was conducted field experiment in order to determine the reaction of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) variety Ritchie to the approved herbicides for wide-range on soil application [Gardoprim plus Gold 500 SK (312,5 g/l S-metolachlor + 187.5 g/l terbutylzine), Stomp aqua (455 g/l pendimethalin), Spectrum (720 g/l dimethenamide-P) and Wing-P (250 g/l dimethenamide-P + 212.5 g/l pendimethalin)] applied at optimal and dual high doses in conditions of Central North Bulgaria.

It was found that: the two-component herbicide Gardoprim plus Gold 500 SK and Spectrum allow their use of dual high doses for weed control in a mixed type of weed infestation in soybeans variety Ritchie where in are formed practically (установеното намаление на добива достига до 9.4%) в сравнение с контролния вариант - без плевели през целия вегетационен период на културата; Внасянето на Стомп аква и Уинг-П в стандартни дози (350 и 400 ml/da) не предизвикват фитотоксичен ефект при соя сорт Ричи. Прилагането им в двойно завишени дози предизвиква фитотоксичен ефект с лесно разпознаващи се симптоми на изоставане в растежа и деформация на листата, които на по-късен етап от развитието на соята частично се преодолява; Стомп аква (455 g/l пендиметалин) приложен в двойно-завишена доза оказва фитотоксичен ефект при тествания сорт соя Ричи и редуцира (от 4.2 до 32.3, средно 18.1%) добива от соево зърно през годините на проучване.

Ключови думи: соя, хербициди, селективност, продуктивност

similar yields (the observed reduction in yield reaches 9.4%) compared to the control variant - no weeds throughout the growing season of the crop; The applied of Stomp aqua and Wing-P at standard doses (350 and 400 ml/da) did not produce a phytotoxic effect on soybean variety Ritchie. When applied in dual high doses, they produce a phytotoxic effect with easily recognizable symptoms of growth retardation and leaf deformity, which are partially overcome at a later stage of soybean development; Stomp aqua applied in dual high doses has a phytotoxic effect on the tested soybean variety Ritchie and reduces (from 4.2 to 32.3, average 18.1%) the yield of soybean grain during the years of study.

Key words: soybean, herbicides, selectivity, productivity

УВОД

Плевелните, болестите и неприятелите са едни от основните фактори, които намаляват добива и влошават качеството на соевото зърно.

Характерна биологична особеност на соята (*Glycine max* (L.) Merr.) е бавния темп на отрастване в началните етапи от развитието ú, което я прави силно уязвима на конкурентното въздействие на плевелите (Hartzler, 2007; Rich and Renner, 2007; Keramati et al., 2008; Fickett et al., 2013). Редица проучвания показват, че намалението на добива от соево зърно зависи от степента и продължителността на заплевеляване на посева и от количеството и разпределението на валежите по фенофази от развитието на културата (Alexieva and Stoimenova, 2004; Marinov-serafimov, 2005; Chirila and Chirila, 2008; Nagaraju and Kumar, 2009).

Ефикасната борба срещу плевелните видове в соевите посеви заема важно място в технологията на отглеждане, поради което, хербицидите (доказали своята ефикасност, лесна при-

INTRODUCTION

Weeds, diseases and pests are one of the main factors that reduce yields and impair soybean quality.

A characteristic biological feature of soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.) is the slow rate of growth in the early stages of its development, making it highly vulnerable to the competitive impact of weeds (Hartzler, 2007; Rich and Renner, 2007; Keramati et al., 2008; Fickett et al., 2013). A number of studies have shown that the decrease in soybean grain yield It depends on the degree and duration of weed infestation of crop and on the amount precipitation and distribution of growth stage from crop development (Alexieva and Stoimenova, 2004; Marinov-Serafimov, 2005; Chirila and Chirila, 2008; Nagaraju and Kumar, 2009).

Effective control of weed species in soybean crops had an important role in the technology of its cultivation, which is why herbicides (proven by their efficiency, easy applicability and quick initial action) ложимост и бързо инициално действие) заемат най-голям дял от използваните пестициди (Tzi-Bun, 2011;Peer et al.,2013).

Предлагането на голям брой хербициди на пазара, както и липсата на системни проучвания за тяхната ефективност при конкретни агрометеорологични условия в зависимост от видовия състав и степента на заплевеляване на соята, много често затруднява при избора производителите. От друга страна системното внасяне на хербициди в производствените площи е предпоставка за системно действащ стресов фактор, който пряко и косвено въздейства върху растенията (Hristova, 2009; Hristova et al., 2013; Peer et al., 2013; Goranovska et al., 2014; Georgiev, 2015; Goranovska et al., 2017; Pavlovski et al., 2017; Georgiev, 2020).

Целта на изследването е да се установи реакцията на соя (*Glycine max* (L.) Merr.) сорт Ричи към утвърдени хербициди за почвено приложение с широк спектър на действие внесени в оптимални и двойно-завишени дози в условията на Централна Северна България.

occupy the largest share of used pesticides (Tzi-Bun, 2011 Peer et al., 2013).

The availability of a large number of herbicides on the market, as well as the lack of systematic studies on their effectiveness under specific agro-meteorological conditions, depending on the species composition and degree of weed infestation of soybean crops, very often manufacturers are difficult to choose. On the other hand, the systematic introduction of herbicides into production areas is a prerequisite for a systemic stress factor that directly and indirectly affects plants (Hristova, 2009; Hristova et al., 2013; Goranovska et al., 2014; Georgiev, 2015; Peer et al., 2013; Goranovska et al., 2017; Pavlovski et al., 2017; Georgiev, 2020).

The aim of the study is to determine the response of soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.) variety Ritchie to approved broad-spectrum for soil application herbicides in optimal and dual high doses in Central Northern Bulgaria.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Изследванията са проведени през периода 2016-2017 г. в опитното поле на Опитна станция по соята - Павликени върху средноизлужен чернозем при неполивни условия.

Опитът е заложен по блоковия метод в четири повторения и големина на реколтна парцела 5 m^2 със соя (*Glycine max* (L.) Merr.) сорт Ричи. Проучена е селективността на хербицидите Гардоприм плюс голд 500 СК (312,5 g/l S-метолахлор + 187,5 g/l тербутилзин), Стомп аква (455 g/l пендиметалин), Спектрум (720 g/l диметенамид-П) и Уинг-П (250 g/l диметенамид-П + 212,5 g/l пендиметалин) приложени в оптимална и двойно завишена доза, след сеитба, преди поникване на културата (BBCH 00) (Hess et al., 1997) (Таблица 1).

MATERIAL AND METHODS

The studies were carried out in the period 2016-2017 in the experimental field of Experimental Station on Soybean - Pavlikeni on medium-leached chernozem under non-irrigated conditions.

The experiment was set up using the block design method in four replications and the size of the experimental plot of 5 m^2 with soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) variety Ritchie. It was studied herbicide selectivity Gardoprim plus gold 500 CK (312.5 g/l S-metolachlor + 187.5 g/l terbutylzine), Stomp aqua (455 g/l pendimethalin), Spectrum (720 g/l dimethenamide-P) and Wing-P (250 g/l dimethenamide-P + 212.5 g/l pendimethalin) applied at optimal and dual high dose, after sowing, before emergence of the crop (BBCH 00) (Hess et al., 1997) (Table 1).

Таблица 1. Варианти на опита – хербициди и дози наприложение
Table 1. Trial treatments – herbicides and dose an application

Варианти / Variants	Доза, ml/da Dose, ml/da
Контрола – нетретирана с хербициди, без плевели Control - untreated with herbicides without weeds	
Гардоприм плюс голд 500 СК (312,5 g/l S-метолахлор + 187,5 g/l тербутилзин) Gardoprim plus gold 500 CK (312.5 g/l S-metolachlor + 187.5 g/l terbutylzine),	400 800
Стомп аква (455 g/l пендиметалин) Stomp aqua (455 g/l pendimethalin)	350 700
Спектрум (720 g/l диметенамид-П) Spectrum (720 g/l dimethenamide-P)	140 280
Уинг-П (250 g/l диметенамид-П + 212,5 g/l пендиметалин) Wing-P (250 g/l dimethenamide-P + 212.5 g/l pendimethalin)	400

Внасянето на хербицидите е извършено с гръбна пръскачка „ptp 18“ при разход на работен разтвор – 30 l/da. Проследявани са следните показатели, съобразно проучваните фактори на 7, 14, 20, 30 и 45 ден след поникването на културата. Фитотоксичност на хербицидите по скалата на EWRS (European Weed Research Society) (бал 1 – без повреди, бал 9 – напълно унищожени растения); жизненост (бал 0 - напълно унищожени растения, бал 10 растенията са без повреди) (Shinggu et al., 2009) и добив на семена, kg/da.

В опитите площи през вегетацията на културата, във вариантите за определяне на селективността на хербицидите, всички налични плевели са отстранявани ръчно (King et al., 2001).

Проследявани са агрометеорологични показатели - сума на валежите (в mm) и средна месечна температура на въздуха (в ^{0}C) през вегетационния период на соята. За характеризиране на аридността през вегетационния период е използван индексът на de Martonne (Paltineanu et al., 2007).

Математико-статистическата обработка на експерименталните данни е направена с програмния продукт STATGRAPHICS Plus for Windows Version 2.1.

The application of the all herbicides were conducted with 30 l/da water solutions using a spreading machine „ptp 18“ with. The following characteristics were assessed on 7, 14, 21, 30 and 45 day after emergence of crop. Phytotoxicity on herbicides, using the 1-9 scale of the EWRS (European Weed Research Society) (score 1 – no damage and score 9 – completely destroyed crop); crop vigour was determined according to a 11 score scale, where 0 - completely dead plants and 10 - very healthy growing plants (Shinggu et al., 2009) and seed yield, kg/da.

In the test areas during the vegetation of the crop, in the variants for determining the selectivity of the herbicides, all available weeds were removed manually (King et al., 2001).

Meteorological indicators are taken into account - the sum of rainfall (in mm) and average monthly air temperature (in 0 °C) during the growing season of the soybean. To characterize the aridity during the vegetation period, the de Martonne index (Paltineanu et al., 2007) was used.

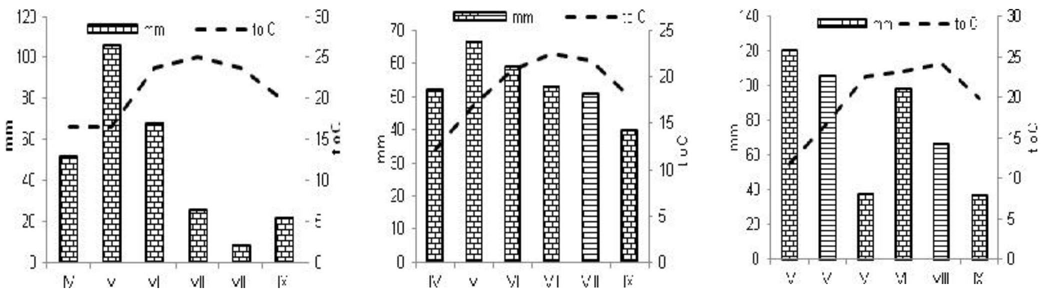
The mathematical and statistical processing of the experimental data was done with the software STATGRAPHICS Plus for Windows Version 2.1.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Анализът на основните метеорологични показатели показва, че количеството и разпределението на валежите през вегетационния период на соята (IV-IX) през годините на проучване (2016-2017 г.) се различават в сравнение със същите за многогодишния период (1961-2000 г.) (Фигура 1).

RESULTS AND DISCUSSION

The analysis of the main meteorological indicators shows that the amount and distribution of rainfall during the growing season of soybean (IV-IX) during the survey years (2016-2017) are different from the same for the multiannual period (1961-2000) (Figure 1).



a) 2016 b)Средно за периода (1964-2000) Average period (1964-2000) c) 2017

Фиг. 1. Средномесечни температури на въздуха и месечни суми на валеж през вегетационния период на соята на 2016 и 2017 г. и средно за многогодишния период 1964-2000 г.

Fig. 1. Monthly average air temperatures and monthly precipitation during the soybean growing season on 2016 and 2017 and the average period 1964-2000.

Количеството на валежите се характеризира със силна вариабилност - повишение от +13.8 до +30.8% и понижение от -7.3 до -83.8% в сравнение с многогодишния период 1961-2000 г. при амплитуда на валеж от 83.4 (2017 г.) до 97.6 mm (2016 г.).

От Фигура 1 е видно, че през периода на проучване най-малко количество валеж е отчетено през месеците юли август на 2016 година което оказва задържащо въздействие върху растежа и развитието на соята. Повишеното количество валеж през 2017г. в началните фази от развитието на соята април (120.5 mm) и май (106.0 mm), както и 105.9 mm през 2016 година са предпоставка за по-силен фитотоксичен ефект на хербициди съдържащи активно вещество пендиметалин.

Rainfall is characterized by high variability - increased from + 13.8 to + 30.8% and decreased from -7.3 to -83.8% compared to multi-year period 1961-2000 at precipitation amplitude of 83.4 (2017) to 97.6 mm (2016).

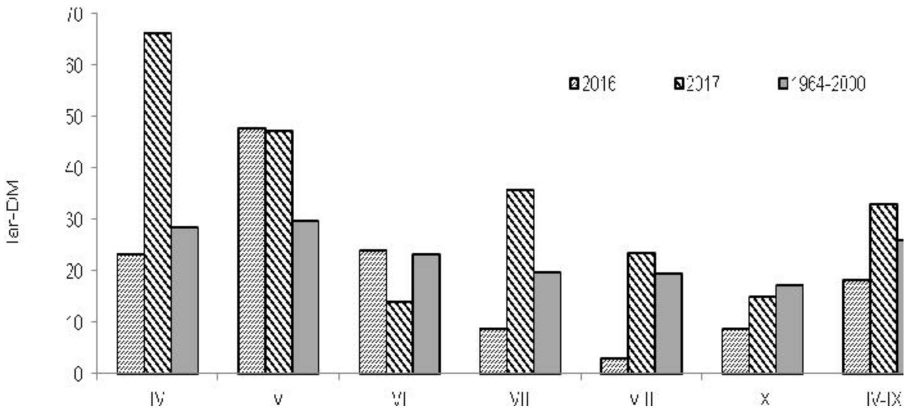
Figure 1 showed that during the study period, the least amount of rainfall was recorded in the months of July-August 2016, which has a detrimental effect on the growth and development of soybeans. Increased rainfall in 2017 in the early stages of soybean development is April (120.5 mm) and May (106.0 mm), as well as 105.9 mm in 2016 are prerequisites for causing a stronger phytotoxic effect herbicides containing the active ingredient pendimethalin.

Средномесечните температури на въздуха се отличават с наднормални стойности от 0.3 до 4.4 ^{0}C и амплитуда от 8.5 ^{0}C (2016 г.) до 12.4 ^{0}C (2017 г.) в сравнение със стойностите за много-годишния период.

Оценявайки комплексното въздействие на някой от основните метеорологични фактори (месечна сума на валеж и средномесечните температури на въздуха), периода на проучване условно може да се класифицират в две групи: 2017 (I_{ar}-*DM* = 33.0 влажна) с относително благоприятни условия, докато 2016 (I_{ar}-*DM* = 18.1 полусуха) с неблагоприятни условия по отношение биологичните изисквания на соята (Фигура 1 и 2).

The monthly average air temperatures differ from the above normal values from 0.3 to 4.4 ^{0}C and the amplitude from 8.5 ^{0}C (2016) to 12.4 ^{0}C (2017) compared to the values for the multiannual period.

Estimating the complex effect of some major meteorological factors (monthly rainfall and monthly average air temperatures), the study period can be conditionally classified into two groups: 2017 (I_{ar}-*DM* = 33.0 humid) with relatively favourable conditions, whereas 2016 (I_{ar}-*DM* = 18.1 semi arid) with unfavourable conditions as regards the biological requirements of soybeans (Figure 1 and 2).



Фиг. 2. Ааридност (I_{ar}-*DM*) през вегетационния период на соята на 2016 и 2017 г. и средно за многогодишния период 1964-2000 г.
Fig. 2. Aaridity (*Iar-DM*) during the soybean growing season on 2016 and 2017 and the average period 1964-2000

Визуалните отчитания в балове за установяване фитотоксичността по скалата на EWRS показват, че хербицидите Гардоприм плюс голд 500 СК (312,5 g/l S-метолахлор + 187,5 g/l тербутилзин) и Спектрум (720 g/l диметенамид-П) внесени в оптимални и двойно-завишени дози са с много добра селективност (бал 1). при тестваният сорт соя - Ричи през годините на проучване (Таблица 2).

Visual readings on the scale of EWRS phytotoxicity scores indicate that Gardoprim plus Gold 500 CK herbicides (312.5 g/l S-metolachlor 187.5 g/l terbutilzine) and Spectrum (720 g/l dimethenamide-P) aplicated in optimal and dual high doses have very good selectivity (score 1) for the tested soybean variety Richie during the years of study (Table 2).

Таблица 2. Селективност на хербицидите към соя сорт Ричи и жизненост на културата

Table 2. Selectivity of herbicides to soybean variety Richie and crop vigour

Период Period	Хербициди Herbicides	Доза (Dose) ml/da	Фитотоксичност / Phytotoxicity					Жизненост / Crop vigor				
			7 DAT	14 DAT	21 DAT	30 DAA	45 DAT	7 DAT	14 DAT	21 DAT	30 DAT	45 DAT
2016	Гардоприм плюс голд 500 СК	400	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	100	100	100	100	95
	Gardoprim plus gold 500 CK	800	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	100	100	100	100	100
	Стомп аква Stomp aqua	350	1.0	1.0	1.0	2.7	1.7	100	100	100	75	95
	Стомп аква Stomp aqua	700	2.5	2.5	4.6	6.8	5.8	75	75	75	65	55
	Спектрум Spectrum	140	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	100	100	100	100	100
	Спектрум Spectrum	280	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	100	100	100	100	95
	Уинг-П Wing-P	400	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	100	100	100	100	100
	Уинг-П Wing-P	800	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	80	80	80	80	80
2017	Гардоприм плюс голд 500 СК	400	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	100	100	100	100	100
	Gardoprim plus gold 500 CK	800	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	100	100	100	100	100
	Стомп аква Stomp aqua	350	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	100	100	100	100	100
	Стомп аква Stomp aqua	700	3.0	3.0	3.0	2.0	2.0	70	70	70	80	85
	Спектрум Spectrum	140	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	100	100	100	100	100
	Спектрум Spectrum	280	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	100	100	100	100	100
	Уинг-П Wing-P	400	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	100	100	100	100	100
	Уинг-П Wing-P	800	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	100	80	80	100	100
2016-2017	Гардоприм плюс голд 500 СК	400	1.0	1.0	1.0	1.0	1.2	100	100	100	100	97.5
	Gardoprim plus gold 500 CK	800	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	100	100	100	100	100
	Стомп аква Stomp aqua	350	1.0	1.0	1.0	1.9	1.4	100	100	100	87.5	97.5
	Стомп аква Stomp aqua	700	2.8	2.8	3.8	4.4	3.9	72.5	72.5	72.5	72.5	70
	Спектрум Spectrum	140	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	100	100	100	100	100
	Спектрум Spectrum	280	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	100	100	100	100	97.5
	Уинг-П Wing-P	400	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	100	100	100	100	100
	Уинг-П Wing-P	800	1.5	2.0	2.0	1.5	1.5	90	80	80	90	90

Леганда: DAT – дни след третиране Legend: DAT – day after treatment

Изключение се установява във вариантите третирани с двойно-завишени дози при Стомп Аква и Уинг-П, където се отчита умерен до средно силен фитотоксичен ефект (бал 2-6.8), изразяващи се в скъсяване и удебеляване на нерватурата, плисиране и дорзално завиване в основата на листата с хлоротичен венец по периферията им. Установява се изоставане в растежа на растенията - стеблото е скъсено и леко удебелено. Аналогични са и получените резултати в експериманталната работа на Stoyanova et al. (2016), според които прилагането на хербициди Афалон 45СК (300 и 600 ml/da) и Стомп 330 ЕК (400 и 800 ml/da) в оптимални и двойно-завишени дози не предизвикват фитотоксичен ефект, докато Зенкор 70 ВГ, приложен в доза 160 g/da, проявява негативен ефект върху пшеничните растения, изразяващ се в задържане на растежа и развитието им, както и прореждане на посевите.

An exception is found in the variants treated with dual high doses at Stomp aqua and Wing P, which reports a moderate to moderate phytotoxic effect (score 2-6.8), resulting in shortening and thickening of the nervature of leaves, pleating and dorsal twisting at the base of leaves with a chlorotic crown at their periphery. It was found growth retardation of the plants - the stem is short and slightly thickened. The results obtained in the experimental work of Stoyanova et al. (2016), according to which the application of herbicides Afalon 45 SK (300 and 600 ml/da) and Stomp 330 EC (400 and 800 ml/da) in optimal and dual high doses do not produce a phytotoxic effect, whereas Sencor 70 WG applied at a dose of 160 g/da, has a negative effect on wheat plants, which results in retardation of growth and development, as well as thinning of crops.

От анализът на данните е видно, че при прилагането Стомп Аква в двойно-завишена доза 7 (DAT) дни след третирането в години добре обезпечени с валежи (2017 г.) в периода на сеитба (BBCH 00) и началните етапи от развитието на соята (BBCH 11-13) предизвиква слаб фитотоксичен ефект (бал 2-3) върху културата.

С удължаване периода на вегетация - 21 до 45 (DAT) дена след третирането DATсе установява по-силен фитотоксичен ефект (бал 4.6-6.8) изразяващ се в лесно разпознаващи се симптоми на хлороза и изоставане в растежа на растенията. В години с относително по-малко количество на валеж (2016 г.) в критичните фази от развитието на соята, наблюдаваната симптоматика се запазва (бал 2-3), която на по-късен етап частично се преодолява. Новопоявилите се листа са без видими изменения от въздействието на хербицида, което може да бъде обяснено с редуцираното количество на валеж в по-късните фази от развитието на културата.

Двукомпонентният широкоспектърен хербицид Уинг-П (250 g/l диметенамид-П + 212,5 g/l пендиметалин) приложен в двойно-завишена доза предизвиква слаб фитотоксичен ефект през периода на проучване (бал 2). До края на вегетацията на соята се запазва диференциацията между стандартно приложена и двойно-завишена доза хербицид. Аналогични са и получените резултати при проследяване жизнеността на културата (Таблица 2).

Ефектът от приложените хербициди, отчитан по отношение на добива от соево зърно варира по години в относително тесни граници (Фигура 3).

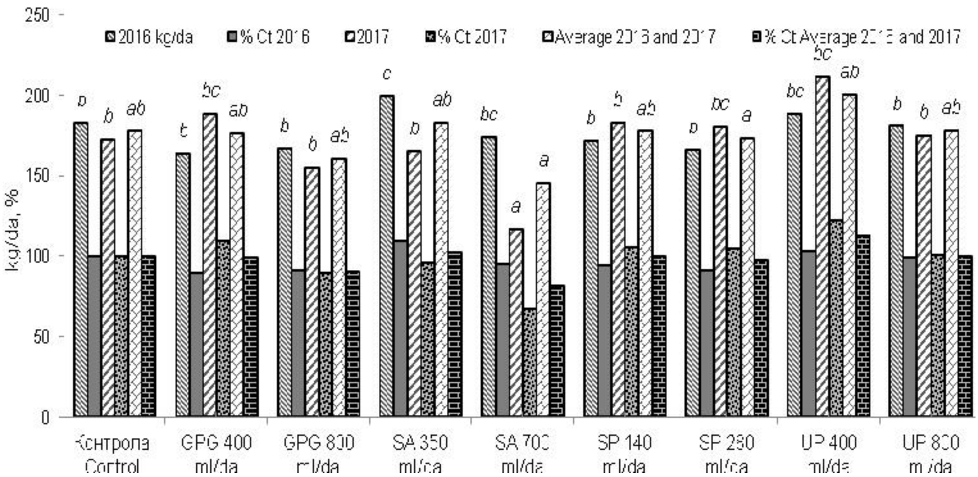
The analysis of the data shows that with the application of Stomp aqua in dual high doses 7 (DAT) days after treatment in years well covered with rainfall (2017) during the sowing period (BBCH 00) and the initial stages and development of soybean (BBCH 11-13) produces a weak phytotoxic effect (score 2-3) on the crops.

By extending the growing season - 21 to 45 (DAT) days after soybean treatment, a stronger phytotoxic effect (score 4.6-6.8) is manifested in easily recognizable symptoms of chlorosis and retardation in plant growth. In years with relatively less rainfall (2016) in the critical growth stage of soybean development, the observed symptoms are remain (score 2-3), which is later partially overcome.

The newly emerged leaves are free from visible changes from the effects of the herbicide, which can be explained by the reduced amount of rainfall in the later stages of crop development.

The two-component, broad-spectrum herbicide Wing-P (250 g/l dimethenamide-P + 212.5 g/l pendimethalin) applied in dual high doses caused a slight phytotoxic effect during the study period (score 2). Until the end of soybean vegetation, the differentiation between optimal and dual high applied doses herbicide is maintained. The results obtained in tracing the viability of the culture are similar (Table 2).

The effect of the applied herbicides reported on soybean grain yield varies by years within relatively narrow limits (Figure 3).



Легенда: GPG - Гардоприм плюс голд 500 СК (312,5 g/l S-метолахлор + 187,5 g/l тербутилзин); SA - Стомп аква (455 g/l пендиметалин); SP - Спектрум (720 g/l диметенамид П); UP - Уинг-П (250 g/l диметенамид-П + 212,5 g/l пендиметалин); % Ct – относителен добив, процент от контролния вариант; a, b, c – статистически доказани разлики при P=0.05.
Legend: GPG - Gardoprim plus gold 500 CK (312.5 g/l S-metolachlor + 187.5 g/l terbutylzine); SA - Stomp aqua (455 g/l pendimethalin); SP - Spectrum (720 g/l dimethenamide P); UP - Wing-P (250 g/l dimethenamide-P + 212.5 g/l pendimethalin); % Ct – relative yield, percentage of control variant; a, b, c - statistically significant differences at P = 0.05. .

Фиг. 3. Влияние на приложените оптимални и двойно завишени дози хербициди върху добива от соево зърно
Fig. 3. Influence of the applied optimal and dual high doses herbicides on soybean yield

Средно за периода на проучване добивът от соево зърно е границите от 145.8 до 200.4 kg/da, като редуцирането на добива е в диапазона (от -0.8 до -18.1% и от +0.1 до12.6%) в сравнение с контролния вариант – нетретирана контрола (без плевели през целия вегетационен период на културата). Най-високи стойности при този показател се отчитат във вариантите третирани с оптимални дози хербициди 176.6 до 200.4 kg/da, докато при приложение на двойно завишени, редуцирането на добива е в диапазона от 145.8 до 178.8 kg/da (установеното намаление на добива варира от 2.5 до 18.1%). Приложените двойно-завишени дози на Стомп Аква и Уинг-П предизвикват статистически доказан инхибиращ ефект при формиране на добива от соево зърно.

Експерименталните резултати показват, че всички хербициди приложени в оптимални дози не оказват влияние върху формирането на добива от соево

Average for the study period soybean grain yield ranges from 145.8 to 200.4 kg/da such as yield reductions in the range (from -0.8 to -18.1% and from +0.1 to 12.6%) compared to the control variant - untreated control (no weeds throughout the growing season).

The highest values for this indicator are reported in the variants treated with optimal doses of herbicides 176.6 to 200.4 kg/da, while in the case of applied dual high doses of herbicides, the reduction of yield is in the range 145.8 to 178.8 kg/da (the observed decrease in yield varies from 2.5 to 18.1%). The applied dual high doses of Stomp aqua and Wing-P induce a statistically significant inhibitory effect in the formation of soybean grain yield.

The experimental results obtained show that all applied herbicides at optimal doses do not influence the formation of soybean grain yield and are independent зърно и не зависят от количеството и разпределението на валежите в критичните фази от развитието на културата. Въпреки различието в стойностите на този показател по години, поради различието в агрометеорологичните условия, тенденцията между отделните варианти се запазва. Редуцирането на добива от соево зърно може да се обясни от една страна с количеството и разпределението на валежите в критичните фази от развитието на културата и от друга с физичната основа на селективността при тестваните хербициди.

ИЗВОДИ

Високата селективност на двукомпонентния хербицид Гардоприм плюс голд 500 СК (312,5 g/l S-метолахлор + 187,5 g/l тербутилзин) и Спектрум (720 g/l диметенамид-П) позволяват използването им двойно-завишени дози за борба с плевелите при смесен тип на заплевеляване при соя (*Glycine max* (L.) Merr.) сорт Ричи при които се получават практически близки добиви (установеното намаление на добива достига до 9.4%) в сравнение с контролния вариант без плевели през целия вегетационен период на културата.

Внасянето на Стомп аква (455 g/l пендиметалин) и Уинг-П (250 g/l диметенамид-П + 212,5 g/l пендиметалин) в стандартни дози (350 и 400 ml/da) не предизвикват фитотоксичен ефект при соя сорт Ричи. Прилагането им в двойно-завишени дози предизвикват фитотоксичен ефект с лесно разпознаващи се симптоми на изоставане в растежа и деформация на листната, които на по-късен етап от развитието на соята частично се преодолява.

Стомп аква (455 g/l пендиметалин) приложен в двойно-завишена доза оказва фитотксичен ефект при тествания сорт соя Ричи и редуцира (от 4.2 до 32.3, средно 18.1%) добива от соево зърно през годините на проучване.

of the amount and distribution of rainfall in the critical growth stages of crop development.

Despite the differences in values of this indicator by years, due to the differences in agrometeorological conditions, the trend between the different study variants remains. The reduction in soybean yield can be explained on the one hand by the amount and distribution of precipitation in the critical phases of crop development and on the other hand by the physical basis of the selectivity for the tested herbicides.

CONCLUSIONS

The high selectivity of the two-component herbicide Gardoprim plus Gold 500 SK (312.5 g/l S-metolachlor + 187.5 g/l terbutylzine) and Spectrum (720 g/l dimethenamide-P) allow their use of dual high doses for weed control in a mixed type of weed infestation in soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.) variety Ritchie wherein are formed practically similar yields (established yield reduction up to 9.4%) compared to the control variant - no weeds throughout the growing season of the crop.

The applied of Stomp aqua (455 g/l pendimethalin) and Wing-P (250 g/l dimethenamide-P + 212.5 g/l pendimethalin) at standard doses (350 and 400 ml/da) did not produce a phytotoxic effect on soybean variety Ritchie. When applied in dual high doses, they produce a phytotoxic effect with easily recognizable symptoms of growth retardation and leaf deformity, which are partially overcome at a later stage of soybean development.

Stomp aqua applied in dual high doses has a phytotoxic effect on the tested soybean variety Ritchie and reduces (from 4.2 to 32.3, average 18.1%) the yield of soybean grain during the years of study.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Alexieva, S. and I. Stoimenova**, 2004. Soybean Growth under Amaranthus retroflexus L. on Two Soil Types – II. Soybean Yield under Amaranthus retroflexus L. Infestation. *Acta Herbologica*, 13(1), 141-146.
2. **Chirila, S. and P. Chirila**, 2008. Research Regarding Soybean Crop Critical Period to Weed Harmfulness Lucrari Stiiniufica-Universitatae de Stiinte Agro. *Bucuresti. Seria A, Agronomie,* 51, 507-512.
3. **Fickett, N., Ch. Boerboom and D. Stoltenberg**, 2013. Soybean Yield Loss Potential Associated with Early-Season Weed Competition Across 64 Site-Years. *Weed Science,* 61(3), 500-507.
4. **Georgiev, M.,** 2015. Investigation on wheat and barley weeds infestation in the Stara Zagora region and effective solutions for chemical weed control. PhD thesis. Chirpan.
5. **Georgiev, M.** 2020. Influence of some herbicides and herbicide combinations on the structural elements of yield and some quality indicators in common wheat grain. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 26 (1), 148–156.
6. **Goranovska, S., S. Kalinova and P. Vulchinkova**, 2014. Effect of Herbicides and Mineral Nutrition on Yield and Photosynthetic Pigments on Knezha Maize Hybrid 509. In: Collection of Jubilee Scientific Conference "Selective Genetic and Technological Innovations in Cultivation of Cultural Plants" - 10 -11.09.2014, Knezha, pp. 128-135 (Bg).
7. **Goranovska, S., St. Kalinova and N. Tahsin**, 2017. Effectiveness of Systems of Herbicides in Maize Cultivated at Agroecological Conditions of Northwest Bulgaria. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans,* 20(1), 201-211.
8. **Hartzler, B.**, 2007. Protecting Soybean Yields from Early-Season Competition. *Integrated Crop Management*, IC-498 (3), 76.
9. **Hess, M., G. Barralis, H. Bleiholder, L. Buhr, T. Eggers, H. Hack and R. Stauss**, 1997. Use of the Extended BBCH Scale - General for the Description of the Growth Stages of Mono - and Dicotyledonous Weed Species. *Weed Research*, 37, 433-441.
10. **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).
11. **Hristova, S., St. Kalinova and N. Taxin**, 2013. Effect of Some Herbicides on the Yield and Quality of Corn. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans,* 16(5), 1212-1220.
12. **Keramati, S., H. Pirdashti, M. Esmail, A. Abbasain and M. Habibi**, 2008. The Critical Period of Weed Control in Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) in North of Iran Conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11(3), 463-467.
13. **King, C., L. Purcell and E. Vories,** 2001. Plant Growth and Nitrogenase Activity of Glyphosate-Tolerant Soybean in Response to Foliar Glyphosate Applications. *Agronomy Journal,* 93, 79-186.
14. **Marinov-Serafimov, Pl.**, 2005. Study on the Competitive Relationship between Soybean and Black Nightshade (*Solanum nigrum* L.) under the Conditions of Leached Chernozem in Northern Bulgaria. PhD thesis, Institute of Forage Crops (Bg).
15. **Nagaraju, A. P. and H. K. M. Kumar**, 2009. Critical Period of Weed Interferance in Soybean under Alfisols. *Mysore J. of Agric. Sci.,* 43(1), 28-31.
16. **Pavlovski, Kr., S. Goranovska and K. Yordanova**, 2017. Influence of Herbicides on the Productivity of Maize Inbred Lines. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans,* 20(4), 30-38.

17. **Paltineanu, C., N. Tanasescu, E. Chitu and I. F. Mihailescu**, 2007. Relationships between the De Martonne Aridity Index And Water Requirements of Some Representative Crops: A Case Study From Romania. *International Agrophysics,* 21(1), 81-93.
18. **Peer, F., B. Hassan, B. Lone, S. Qayoom, L. Ahmad, B. Khanday, P. Ssingh and G. Singh**, 2013. Effect of Weed Control Methods on Yield and Yield Attributes of Soybean. *African Journal of Agricultural Research,* 8(48), 6135-6141.
19. **Rich, A. and K. Renner**, 2007. Row Spacing and Seeding Rate Effects on Eastern Black Nightshade (*Solanum Ptycanthum*) and Soybean. *Weed Technology,* 21(1), 124-130.
20. **Shinggu, C., S, Dadari, J. Shebayan, D. Adekpe and D. Ishaya**, 2009. Effects of Variety, Crop Arrangement and Period of Weed Interference on the Performance of Maize Grown in Mixture in Northern Guinea Savannah of Nigeria. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 4(2), 47-55.
21. **Tzi-Bun, Ng.**, 2011. Soybean - Applications and Technology. Chapter 11 Weed Competition in the Soybean Crop Management in Brazil. SBN 978-953-307-207-4, 412 pages Publisher: InTech.

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2019, 22 (6), 163-175
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan
ISSN 1311-0489 (Print)
ISSN 2367-8364 (Online)

Селективност на някои хербициди към тръстиковидна власатка (*Festuca arundinacea* Schreb.)

Пламен Маринов-Серафимов*, Ирена Голубинова

Институт по фуражните култури, ул. „Ген. Владимир Вазов“, № 89, 5800 Плевен, България

Selectivity of Some Herbicides to Tall Fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.)

Plamen Marinov-Serafimov*, Irena Golubinova

Institute of Forage Crops, 89 Gen. Vladimir Vazov Str., 5800 Pleven, Bulgaria
**E-mail: plserafimov@abv.bg*

Original scientific paper

РЕЗЮМЕ

През периода 2015-2017 година в опитното поле на Институт по фуражните култури - Плевен е изведен рандомизиран полски опит за установяване селективността на хербициди за вегетационно приложение в три дози Акурат 60 ВГ (600 g/kg метсулфурон метил) – 5.0, 10.0 и 15.0 g/ha, Алай Макс (45 g/l пиноксаден + 5 g/l флорасулам) – 17.5, 35.0 и 52.5 g/ha, Аксиал Едно (45 g/l пиноксаден + 5 g/l флорасулам) – 350, 700 и 1050 g/ha, Базис 75 ДФ (250 g/kg тифенсулфурон метил + 500 g/kg римсулфурон) – 12.0, 24.0 и 36.0 g/ha, Игъл 75 ВГ (750 g/kg хлорсулфурон) – 10.0, 20.0 и 30.0 g/ha и Пасифика ВГ + Биопаувър (30 g/kg мезосулфурон-метил + 10 g / kg изосулфурон-метил натрий + 90 g/kg мефенпир -диетил) – 175 g/ha + 350 ml/ha, 350 g/ha +700 ml/ha и 525 g/ha +1050 ml/ha. Опитът е изведен по перпендикулярния метод при неполивни условия с тръстиковидната власатка (*Festuca arundinacea* Schreb.) сорт Албена.

Установено е, че хербицидите Акурат 60 ВГ – 10 g/ha, Алай макс –

SUMMARY

During the period 2015-2017 in Institute of forage crops - Pleven was conducted a randomized field experiment with establishing the selectivity of herbicides for post emergence application applied in three doses of Accurate 60 WG (600 g/kg metsulfuron methyl) - 5.0, 10.0 and 15.0 g/ha, Ally Max (45 g/l pinoxaden + 5 g/l florasulam) - 17.5, 35.0 and 52.5 g/ha, Axial One (45 g/l pinoxaden + 5 g/l florasulam) - 350, 700 and 1050 g/ha, Basis 75 DF (250 g/kg tifensulfuron methyl + 500 g/kg rimsulfuron) - 12.0, 24.0 and 36.0 g/ha, Eagle 75 WG (750 g/kg chlorosulfuron) - 10.0, 20.0 and 30.0 g/ha and Pacifica WG + Biopower (30 g/kg mesosulfuron-methyl + 10 g/kg isosulfuron-methyl sodium + 90 g/kg mefenpyr-diethyl) - 175 g/ha + 350 ml/ha, 350 g/ha +700 ml/ha and 525 g/ha +1050 ml/ha. The experiment was performed by perpendicularly method in non-irrigating conditions with tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb) variety - Albena.

It was found that: Herbicides Accurate 60 VG - 10 g/ha, Ally Max - 35.0

35.0g/ha и Игъл 75 ВГ (750 g/kg хлорсулфорон) – 20.0g/ha приложени във фаза BBCH 12-13 в годината на създаване на посева и в семепроизводни посеви (BBCH 21-24) са с висока селективност към трастиковидна власатка сорт Албена и не оказват влияние върху добива на фураж и семена и могат да се прилагат за борба с широколистни плевели. При смесено заплевеляване с едногодишни житни плевели, в т. ч. див овес и широколистни плевели, както и слабочувствителни плевели на хормоноподобни хербициди за борба с плевелите при тръстиковидна власатка (*Festuca arundinacea* Schreb.) може да се използва, двукомпонентният селективен хербицид Аксиал Едно в доза – 700 ml/ha.

Ключови думи: тръстиковидна власатка, хербициди, биологичен ефект

g/ha and Eagle 75 WG (750 g/kg chlorosulfuron) - 20.0 g/ha applied in the growth stage BBCH 12-13 in the year of sowing and in the seed productions of crop (BBCH 21-24) are selective for the tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) - variety Albena, do not affect the yield of feed and seeds and can be used to control dicotyledonous weeds.

When mixed weed infestance with annual weeds, including wild oats and dicotyledonous weeds, as well the slightly sensitive weeds to hormone-like herbicides for weed control at tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.), can be used, two-component selective herbicide (Axial One applied at dose - 700 ml/ha).

Key words: tall fescue, herbicides, biological effect

УВОД

Фуражопроизводството, както у нас, така и в чужбина е един от водещите отрасли в съвременното земеделие (Capstaff and Miller, 2018). Глобалното затопляне на климата и нарастналото потребление на фуражи в животновъдството, обуславят необходимостта от използване на високодобивни, стрестолерантни на абиотични фактори многогодишни житни фуражни треви. Тръстиковидната власатка (*Festuca arundinacea* Schreb.) благодарение на високата си биологична и екологична пластичност е с икономическо значение при производството на фураж (сено и силаж) за агроклиматичните условия на Централна и Северна Европа. Използва се и като основен компоненти при създаване на изкуствени ливади и пасища, устойчива на често косене и изпасване (Hannaway et al., 1999; Kır et al., 2010 и Gep and Wang, 2015). През 2010 г. е в институт по фуражните култури, Плевен е създаден първият за България сорт тръстиковидната власатка (*Festuca arundinacea* Schreb.) – Албена.

Сортът се характеризира с много висока устойчивост за повече от десет

INTRODUCTION

Forage production, both at home and abroad, is one of the leading industries in modern agriculture (Capstaff and Miller, 2018). Global climate warming and increased livestock feed consumption necessitate the use of high yielding, stress-tolerant of abiotic factors perennial cereal feed grasses.

Due to the high biological, ecological plasticity, tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) had economically important in the production of fodder (hay and silage) for the agro-climatic conditions of Central and Northern Europe. It is also used as a major component in the creation of artificial meadows and pastures, resistant to frequent mowing and grazing (Hannaway et al., 1999; Kır et al., 2010 and Gep and Wang, 2015). During 2010 in Institute of forage crops – Pleven was created the first for Bulgaria variety tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb) - Albena.

The variety Albena is characterized by a very high persistence for more than години, мразоустойчив и толерантен към преовлажняване на почвата.

Борбата срещу плевелите заема важно звено в технологията на отглеждане на тръстиковидната власатка (*Festuca arundinacea* Schreb.) (Dimitrova, 1984; Cole and Olstad, 2004; Harinder et al., 2006).

Според проучванията Dimitrova (1984), Raeside et al. (2012) и Jusoh (2013) типична биологична особеност на тръстиковидната власатка и другите видове многогодишни треви е бавния темп на нарастване в годината на създаване на посева и силната чувствителност на заплевеляване в годината на формиране на семена. В този период от развитието си, тръстиковидната власатка е силно чувствителна към конкурентното въздействие на плевелите, което изисква извеждане на ефективна борба срещу плевелите. Ето защо създаването на добре уплътнени посеви с добра плътност е предпоставка за производството на висококачествени фуражи и семена. Всичко това налага извършване на системни проучвания за установяване на хербициди предлагани на пазара с висока селективност към тръстиковидна власатка.

Селективността на хербициди при при тръстиковидна власатка в световен мащаб е частично проучена Young et al (1999), Mueller-Warrant and Rosato (2005), а у нас са крайно ограничени Dimitrova (1984).

Целта на проучването е да се определят селективни хербициди при тръстиковидна власатка (*Festuca arundinacea* Schreb.), за борба срещу плевелите при производство на фураж и семена.

ten years, winter hardiness, and tolerant of soil moisture.

Weed control had an important role in technology of growing of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) (Dimitrova, 1984; Cole and Olstad, 2004; Harinder et al., 2006).

According to studies Dimitrova (1984), Raeside et al. (2012) and Jusoh (2013) a typical biological property of tall fescue, and other members of the group of perennial grasses, is slow growth and development during the year of stand establishment and highly sensitive to entanglement for weed infestant during seeds formation. In that periods, they are low competitiveness to weeds and very sensitive to weed infestans. During this period of development, tall fescue is highly sensitive to the competitive effects of weeds, which requires effective weed control. Therefore, the creation of well-compacted crops with good density is a prerequisite for the production of high-quality forage and seeds. All of this calls for systematic studies to identify herbicides on the market with high selectivity to tall fescue.

The selectivity of herbicides to tall fescue worldwide has been partially explored Young et al (1999), Mueller-Warrant and Rosato (2005), and are extremely limited in our country Dimitrova (1984).

The purpose of the study was to determine selective herbicides of tall fescue (Festuca arundinacea Schreb.) to weeds control in the production of feed and seeds.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

През периода 2015-2017 г. в опитното поле на Институт по фуражните култури - Плевен върху слабо излужен чернозем е изведен полски опит при неполивни условия. Опитът е заложен по перпендикулярен метод в три повторения с големина на реколтната

MATERIAL AND METHODS

During the period of 2015-2017, a study was conducted in the experimental field of the Institute of Forage Crops - Pleven on a slightly leached chernozem soi under non-irrigating conditions. The experiment was set up using the perpendicular method and the size of the парцела 5 m^2 с тръстиковидна власатка (*Festuca arundinacea* Schreb.) сорт Албена. Вариантите на опита са представени в Таблица 1.

treatment plot of 5 m^2 with tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) variety Albena. Treatments of the trial are shown in Table 1.

Таблица 1. Варианти на опита - хербициди и доза на приложение
Table 1. Variant of trial – herbicides and doses of application

Хербициди/Herbicides		Доза/Dose, ml(g)/ha		
Control (*untreated*) K_u / Контрола (*нетретирана*) K_u				
Акурат 60 ВГ Accurate 60 WG	600 g/kg метсулфурон метил 600 g/kg metsulfuron methyl	5	10	15
Алай Макс Ally Max	45 g/l пиноксаден + 5 g/l флорасулам 143 g/kg metsulfuron + 143 g/kg tribenuron methyl	17.5	35	52.5
Аксиал Едно Axial One	45 g/l пиноксаден + 5 g/l флорасулам 45 g/l pinoxadene + 5 g/l florasulam	350	700	1050
Базис 75 ДФ Basis 75 DF	250 g/kg тифенсулфурон метил + 500 g/kg римсулфурон 250 g/kg thifensulfuron methyl + 500 g/kg rimsulfuron	12	24	36
Игъл 75 ВГ Eagle 75 WG	750 g/kg хлорсулфурон 750 g/kg chlorsulfuron	10	20	30
Пасифика ВГ + Биопауър Pacifica WG + Biopower	30 g/kg мезосулфурон-метил + 10 g / kg изосулфурон-метил натрий + 90 g/kg мефенпир -диетил 30 g/kg mesosulfuron-methyl + 10 g/kg odosulfuron-methyl sodium + 90 g/kg mefenpyr-diethyl	175+350	350+700	525+1050

Хербицидните използвани в проучването в посочените дози са регистрирани в България за борба срещу широколистни плевели: Акурат 60 ВГ (600 g/kg метсулфурон метил), Алай Макс (143 g/kg метсулфурон + 143 g/kg трибенурон метил), с комплексно действие срещу едногодишни и широколистни плевели в т.ч. устойчиви на хормоноподобните хербициди Игъл 75 ВГ (750 g/kg хлорсулфурон), включително и срещу див овес (*Avena fatua* L.) Аксиал Едно (45 g/l пиноксаден + 5 g/l флорасулам), Базис 75 ДФ (250 g/kg тифенсулфурон метил + 500 g/kg римсулфурон) и Пасифика ВГ (30 g/kg мезосулфурон-метил + 10 g/kg изосулфурон-метил натрий + 90 g/kg мефенпир-диетил) + Биопауър при отглеждане на зърнено-житни култури.

Сеитбата на тръстиковидна власатка (*Festuca arundinacea* Schreb.) сорт Албена е извършена рано пролетта (март-април) при междуредово разстояние 36 cm при сеитбена норма 40-45 kg/ha. Извършено е запасяващо торене с P_2O_5 – 100 kg/ha and N – 120 kg/ha (½ през пролетта + ½ есента на същата година).

Третиранато е извършено във

The herbicidal formulations used in this study at the indicated doses were registred for weeed control in cereal-grain grown crops in Bulgaria with herbicide action against broadleaf weeds including these resistant to the herbicides: Accurate 60 WG (600 g/kg metsulfuron methyl), Ally Max (143 g/kg metsulfuron + 143 g/kg tribenuron methyl), and with complex action against annual and broadleaf weeds Eagle 75 WG (750 g/kg chlorsulfuron), including wild oat (*Avena fatua* L.) Axial One (45 g/l pinoxadene + 5 g/l florasulam), Basis 75 DF (250 g/kg thifensulfuron methyl + 500 g/kg rimsulfuron) and Pacifica WG (30 g/kg mesosulfuron-methyl + 10 g/kg odosulfuron-methyl sodium + 90 g/kg mefenpyr-diethyl) + Adjuvant Biopower in the cultivation of cereals.

The tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) Albena variety was sown in the early spring (March-April) at inter-row distance of 36 cm and sowing rate of 40-45 kg/ha. Stockpiling fertilizing was done with P_2O_5 – 100 kg/ha and N – 120 kg/ha (½ in spring + ½ in autumn each year).

The treatment was carried out in

фаза 2-4 лист (BBCH – 12-14) в годината на създаване на посева и във фаза братене (BBCH – 21-34) (Hess et al., 1997) при семепроизводство с 400 l/ha работен разтвор с гръбна пръскачка „ptp 18“ с конична дюза при налягане P max 3 bar, V max 1.64 l и Q max 0.64.

Отчитани са следните показатели: фитотоксичност/селективност на хербицидите при тръстиковидната власатка (*Festuca arundinacea* Schreb.) на 7, 14, 21, 30 и 45 дни след третирането (DAT) по логаритмичната скалата на EWRS (European Research Society Weed) (бал 1 – без повреди, бал 9 – напълно унищожени растения); жизненост (CV) (бал 0 - напълно унищожени растения, бал 100 растенията са без повреди) (Stall et al., 1989) и покритие (GC) (0 – 100% за всички варианти на опита); свежа, суха биомаса и семенна продуктивност kg/ha. Поради запазваща се тенденция на всички проучвани показатели, независимо от динамиката на метеорологичните показатели през годините на проучване, данните са отразени средно за периода (2015-2017г.).

Проследявани са следните метеорологични показатели – годишна сума на валежи (mm) и средна месечна температура на въздуха (^{0}C). За характеризиране на аридността през годините на проучване е използван индексът на de Martonne.

Всички експериментални данни са обработени статистически с програмния продукт STATGRAPHICS Plus for Windows Version 2.1. and Statistica ver. 10.

growth stage 2-4 leaf (BBCH - 12-14) during year of sowing and the growth stage of the beginning of shooting up (BBCH – 21-34) (Hess et al., 1997) in seed production with 400 l/ha working solution with back sprayer "ptp 18" with conical nozzle at pressure P max 3 bar, V max 1.64 l and Q max 0.64.

The following characteristics were assessed: phytotoxicity/selectivity on herbicides to the tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) on 7, 14, 21, 30 and 45 days after treatment (DAT), using the logarithmic scale of EWRS (European Weed Research Society) (score 1 – no damage and score 9 – completely destroyed crop); crop vigor (CV) (score 0 – completely destroyed crop and score 100 – no damage) Stall et al. (1989); ground cover (GC) (0 – 100% for each treatments); frech, dray biomass and seed yield productivity kg/ha. Due to the persistent trend of all studied indicators, regardless of the dynamics of meteorological indicators during the study years, the data are reflected on average over the period (2015-2017).

The following meteorological indicators were monitored – annual rainfall amount (mm) and average monthly air temperature (in ^{0}C). The de Martonne index was used to characterize aridity over the years of the study.

All experimental data were statistically processed using the software STATGRAPHICS Plus for Windows Version 2.1. and Statistica ver. 10.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Анализът на метеорологичните показатели показва, че количеството на валежите през периода на проучване варира в широк диапазон – от 625.4 mm (2016) до 798.0 mm (2017). През периода на проучване, количеството на валеж е по-високо от 12.0 до 43.0% от средните за многогодишния период (1964-2014). Средно годишната темпе-

RESULTS AND DISCUSSION

The analysis of meteorological indicators shows that rainfall during the study period varies over a wide range - from 625.4 mm (2016) to 798.0 mm (2017). During the study period, rainfall was higher than 12.0 to 43.0% over the average for the multiannual period (1964-2014). The average annual temperature has a strong variability of + 0.9 to +1.8 ^{0}C ратура силно варира от + 0.9 до +1.8 ^{0}C в сравнение със средните стойности за периода 1961-2000 година.

Оценявайки комплексното влияние на метеорологичните фактори (валежи и температури на въздуха) според индекса на аридност на De Martonne (I_{ar}-DM), периодите през изследваните години могат да бъдат класифицирани условно, тъй като 2015 и 2016 са умерено сухи, съответно I_{ar}-DM 2016 - 27.0 и I_{ar}- DM 2015 - 29.8 и 2017 година - слабо влажна (I_{ar}-DM - 35.0) съобразно биологичните изисквания за развитие на тръстиковидната власатка (Таблица 2).

compared to the average values for the period 1961-2000.

Assessing the complex impact of meteorological factors (rainfall and air temperatures) according the De Martonne aridity index (I_{ar}-DM), periods during the study years can be classified conventionally as 2015 and 2016 are moderately arid respectively I_{ar}-DM 2016 - 27.0 and I_{ar}-DM 2015 - 29.9 and 2017 year is slightly humid (I_{ar}-DM - 35.0) in accordance with the biological requirements for the development of tall fescue (Table 2).

Таблица 2. Валежи (mm), температура на въздуха (0C) и индекс на аридност на De Martonne (I_{ar}-DM) за периода на изследване
Table 2. Rainfall (mm), air temperature (^{0}C) and De Martonne aridity index (I_{ar}-DM) for the study period

Години / Years	Валеж / Rainfall (mm)		Температура на въздуха Air temperature (^{0}C)		Индекс на аридност (I_{ar}-DM) за периода (I – XII) Index of aridity (I_{ar}-DM) for the period (I – XII)
	I – XII	Отклонение Deviation, %	I – XII	Отклонение Deviation, %	
2015	707.5	126.7	13.7	1.8	29.8
2016	625.4	112.0	13.2	1.3	27.0
2017	798.0	143.0	12.8	0.9	35.0
Average period (1964–2014)	558.2	100.0	11.9	0.0	25.5

Резултатите от визуалните отчитания в балове за селективност на тестваните хербициди приложени при тръстиковидна власатка (*Festuca arundinacea* Schreb.) в годината на създаване на посева и при производство на семена показват, че с относително висока селективност и много слаб фитотоксичен ефект (2-4 бала) изразяващ се в лека хлороза между нерватурата и в основата на листната петура е отчетен при по-високите приложени дози на Акурат 60 ВГ, Алай Макс и Игъл 75 ВГ (Таблица 3).

The results of visual readings in the selectivity evaluation in scores of the tested herbicides applied to the tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) in the year of sowing and in the production of seeds show that with a relatively high selectivity and very low phytotoxic effect (2-4 score) expressed in light chlorosis between the nerve and the base of the leaf petal at higher applied doses of Accurate 60 WG, Ally Max and Eagle 75 WG (Table 3).

Таблица 3. Селективност на хербицидите към тръстиковидна власатка (*Festuca arundinacea* Schreb.)
Table 3. Selectivity of herbicides to tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.)

Хербициди / Herbicides	Доза / Dose, ml(g)/ha	Фитотоксичност / Phytotoxicity									
		7 DAT		14 DAT		21 DAT		30 DAT		45 DAT	
		A^1	B^2	A^1	B^2	A^1	B^2	A^1	B^2	A^1	B^2
Акурат 60 ВГ Accurate 60 WG	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	15	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1
Алай Макс Ally Max	17.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	52.5	1	1	2	1	3	1	3	1	3	1
Аксиал Едно Axial One	350	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	700	1	1	1	3	4	3	5	4	4	4
	1050	3	1	3	3	6	5	7	6	8	6
Базис 75 ДФ Basis 75 DF	12	1	1	3	2	4	3	4	3	4	3
	24	2	2	5	3	5	5	5	5	5	5
	36	3	3	9	9	9	9	9	9	9	9
Игъл 75 ВГ Eagle 75 WG	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	20	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1
	30	1	1	3	2	3	2	2	1	2	1
Пасифика ВГ + Биопауър Pacifica WG + Biopower	175+350	4	1	5	3	6	3	6	6	6	7
	350+700	5	9	6	9	7	9	9	9	9	9
	525+1050	5	9	6	9	7	9	8.5	9	9	9

Легенда: EWRS - логаритмичната скалата (бал 1 – без повреди, бал 9 – напълно унищожени растения), A^1 – в годината на създаване на посева, B^2 - в годината на производство на семена, DAT - ден след третирането
Legend: EWRS – logarithmic scale (1 - 9) – score 1 – without damages, score 9 – the crop is completely destroyed , A^1 – during the establishing year of the stand, B^2 – during seed production year, DAT – day after treatment

Относително висока фитотоксичност при тръстиковидната власатка е отчетена след прилагане на хербицидите Аксиал Едно и Базис 75 ДФ. Видно е, че с увеличаване дозата на Аксиал Едно, фитотоксичният ефект нараства от 2 до 8 бала, докато след третиране с Базис 75 ДФ най-високата проучвана доза предизвиква летален ефект (бал 9), както в годината на създаване на посева, така и в семепроизводни посеви. С увеличаване периода на вегетация на тръстиковидната власатка 21, 30 и 45 дни след третиране с Аксиал Едно и Базис 75 ДФ, наблюдавания фитотоксичен ефект се запазва - хлороза по периферията и антоцианово оцветяване в основата на листата, като новопоявилите се листа са без видими изменения.

Хербицидите предизвикващи слаби фитотоксични изменения (бал 2-3) при тръстиковидната власатка с увеличаване периода на вегетация наблюдаваните симптоми не се запазват.

Relatively high phytotoxicity in tall fescue has been reported following after application of herbicides Axial One and Basis 75 DF. It is evident that with increasing dose on Axial One, the phytotoxic effect increases from 2 to 8 score, whereas treatment with Basis 75 DF with the highest dose studied causes a lethal effect (score 9), both in the year of sowing and in year of seed production.

By increasing the vegetative period of the tall fescue 21, 30 and 45 days after treatment with Axial One and Basis 75 DF, the observed phytotoxic effect is maintained - peripheral chlorosis and anthocyanin staining at the base of the leaf, while the newly emerged leaves are without visible changes.

Herbicides causing slight phytotoxic changes (score 2-3) in the tall fescue with increasing vegetation period observed symptoms are not preserved.

Оцветяването на листа се възстановява, но потискането на растежа продължава. Третирането с Пасифика ВГ + Биопауър предизвиква силен фитотоксичен ефект (5-7 бала) при най-ниската приложена доза (Пасифика ВГ– 175 g/ha с добавка на аджувант Биопауър – 350ml/ha), а при по-високите (Пасифика ВГ – 350 или 535 g/ha + Biopower – 700 или 1050 ml/ha) летален ефект – бал 9. Аналогични са и получените резултати при проследяване жизнеността, която следва установените зависимости по отношение фитотоксичността на хербицидите и зависи от същите фактори (Таблица 4).

Leaf staining recovers from but growth inhibition persists. After treatment with Pacifica WG – 175g/ha with the addition of Biopower adjuvant – 350 ml/ha) produces a strong phytotoxic effect (score 5-7) at the lowest applied dose (Pacifica WG – 350 or 535 g/ha with the addition of Biopower adjuvant – 700 or 1050 ml/ha) and at a higher lethal effect - score 9.

Similar are the results obtained in the follow-up of crop vigour which follows the established dependencies on the phytotoxicity of herbicides and depends on the same factors (Table 4).

Таблица 4. Жизненост на тръстиковидна власатка (*Festuca arundinacea* Schreb.) след третиране с хербициди
Table 4. Crop vigour on tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) after treatment with herbicides

Хербициди / Herbicides	Доза/Dose, ml(g)/ha	Жизненост / Crop vigour									
		7 DAT		14 DAT		21 DAT		30 DAT		45 DAT	
		A^1	B^2	A^1	B^2	A^1	B^2	A^1	B^2	A^1	B^2
Нетретирана контрола (K_U) Untreated control (K_U)		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Акурат 60 ВГ Accurate 60 WG	5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	15	100	100	80	100	80	100	80	100	80	100
Алай Макс Ally Max	17.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	35	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	52.5	100	100	80	100	70	100	70	100	70	100
Аксиал Едно Axial One	350	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	700	100	100	100	70	60	70	50	60	60	60
	1050	70	100	70	70	40	50	30	40	20	40
Базис 75 ДФ Basis 75 DF	12	100	100	70	80	60	70	60	70	60	70
	24	80	80	50	70	50	50	50	50	50	50
	36	70	70	0	0	0	0	0	0	0	0
Игъл 75 ВГ Eagle 75 WG	10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	20	100	100	80	100	80	100	80	100	80	100
	30	100	100	70	80	70	80	80	100	80	100
Пасифика ВГ + Биопауър Pacifica WG + Biopower	175+350	100	50	70	40	70	40	40	40	30	7
	350+700	0	40	0	30	0	0	0	0	0	9
	525+1050	0	40	0	30	0	5	0	0	0	9

Легенда: жизненост (бал 0 - напълно унищожени растения, бал 100 растенията са без повреди), A_1 – в годината на създаване на посева, B2 - в годината на производство на семена, DAT - ден след третирането
Legend: crop vigour (score 0 – completely destroyed crop and score 100 – no damage), A^1 – during the establishing year of the stand, B^2 – during seed production year, DAT – day after treatment

Покритието на посева при тръстиковидната власатка варира в тесен диапазон и зависи от онтогенетичното развитие на културата като се променя под въздействието на приложените хербициди (Таблица 5).

The ground cover at tall fescue ranges within relatively narrow and depends on the ontogenetic development of the crop, changing under the influence of the applied herbicides (Table 5).

Таблица 5. Покритие на тръстиковидна власатка (*Festuca arundinacea* Schreb.) след третиране с хербициди
Table 5. Ground cover on tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) after treatment with herbicides

Хербициди / Herbicides	Доза/Dose, ml(g)/ha	Покритие / Ground cover									
		7 DAT		14 DAT		21 DAT		30 DAT		45 DAT	
		A^1	B^2	A^1	B^2	A^1	B^2	A^1	B^2	A^1	B^2
Нетретирана контрола (K_U) Untreated control (K_U)		40	35	45	40	55	55	75	80	95	95
Акурат 60 ВГ Accurate 60 WG	5	40	35	45	40	55	55	75	80	95	95
	10	40	35	45	40	55	55	75	80	95	95
	15	45	40	40	40	55	55	70	85	90	95
Алай Макс Ally Max	17.5	40	40	45	40	55	55	75	80	95	95
	35	40	40	45	40	55	55	75	80	95	95
	52.5	40	40	45	40	50	55	75	80	90	95
Аксиал Едно Axial One	350	40	40	45	40	55	55	75	80	95	95
	700	40	40	45	35	50	50	55	70	85	85
	1050	35	40	40	35	40	40	30	40	80	80
Базис 75 ДФ Basis 75 DF	12	40	45	45	45	45	55	75	85	90	95
	24	40	45	30	30	45	35	70	75	85	85
	36	35	35	0	0	0	0	0	0	0	0
Игъл 75 ВГ Eagle 75 WG	10	40	40	45	40	55	55	75	80	95	95
	20	45	40	45	40	55	55	75	85	95	95
	30	40	40	45	40	50	55	75	80	95	95
Пасифика ВГ + Биопауър Pacifica WG + Biopower	175+350	40	35	45	30	35	45	65	75	80	85
	350+700	35	15	30	15	30	10	10	10	10	10
	525+1050	35	15	30	15	30	10	15	10	10	10

Легенда: покритие (0 – 100% за всички варианти на опита), A_1 – в годината на създаване на посева, B2 - в годината на производство на семена, DAT - ден след третирането
Legend: ground cover (0 – 100% for each treatments), A^1 – during the establishing year of the stand, B^2 – during seed production year, DAT – day after treatment

Селективността на приложените хербициди в зависимост от чувствителността на теставния сорт тръстиковидната власатка е в положителна корелационна зависимост от дозата на приложения хербицид (*r* е в диапазона от 0.956 до 0.998), в отрицателна от жизнеността (*r* варира в границите от –0.387 до –0.975) и от покритието на посева (*r* е от –0.462 до –0.987) на културата.

В резултат на проявената фитотоксичност на хербицидите с комплексно действие за борба срещу едногодишни и широколистни плевели в т.ч. срещу див овес (*Avena fatua* L.)- Аксиал Едно, Базис 75 ДФ и Пасифика ВГ + Биопауър редуцират динамиката на натрупване на свежа (от 4.1 до 84.7%) и суха биомаса (от 2.3 до 62.7%) при създаване на посева с тръстиковидната власатка, като разликите са статистически доказано намалени в сравнение с контролния вариант (Таблица 6).

The selectivity of applied herbicides depending on the sensitivity of the tested variety of tall fescue is in a positive correlation depending on the dose of the applied herbicide (*r* ranged from 0.956 to 0.998) in negative dependence on crop vigour (*r* is within the limits -0.387 to -0.975) and ground cover (*r* is from -0.462 to -0.987) of the crop.

As a result of expressed phytotoxicity of the herbicides to complex action against annual and broadleaf weeds including wild oats (*Avena fatua* L.) Axial One, Basis 75 DF и Pacifica WG + Biopower reduced the dynamics of accumulation of fresh (from 4.1 to 84.7%) and dry biomass (from 2.3 to 62.7%) in the year of the creation of the tall fescue, the differences being statistically significant compared to the control variant (Table 6).

Стойностите на формираната свежа и суха биомаса от тръстиковидната власатка (*Festuca arundinacea* Schreb.) във вариантите след третиране с хербицидите Акурат 60 ВГ, Алай Макс и Игъл 75 ВГ, както и след приложение на Аксиал Едно в доза 700 ml/ha са в близки стойности с контролния вариант – нетретираната контрола а разликите са статистически недоказани при P = 0.05.

Тестваните хербициди оказват влияние върху семената продуктивност на тръстиковидната власатка (Таблица 6).

The values of the formed fresh and dry biomass of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) in the variants after treatment with the herbicides Accurate 60 WG, Ally Max and Eagle 75 WG as well as after application of Axial One at a dose of 700 ml/ha they have similar values to the control variant – untreated control and the differences statistically not significant at P = 0.05.

The tested herbicides reflected on the seed productivity of the tall fescue (Table 6).

Таблица 6. Влияние на хербицидите върху продуктивността на тръстиковидна власатка (*Festuca arundinacea* Schreb.) в годината на създаване на посева и при формиране на добива от семена
Table 6. Influence of herbicides on productivity of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) in the year of establishing of the sward and formation of seed yield

Хербициди Herbicides	Доза, ml(g)/ha Dose, ml(g)/ha	Продуктивност в годината на създаване на посева Productivity in the year of establishing				Добив семена Seed yield	
		свежа биомаса fresh biomass		суха биомаса dry biomass			
		kg/m^2	% K_U	kg/m^2	% K_U	kg/ha	% K_U
Нетретирана контрола (K_U) Untreated control (K_U)		4.039^{d}	100.0	1.77^{d}	100.0	69.4^{c}	100.0
Акурат 60 ВГ Accurate 60 WG	5	3.971^{d}	98.3	1.74^{d}	97.2	70.1^{cd}	101.0
	10	3.842^{d}	95.1	1.68^{d}	95.5	68.9^{c}	99.3
	15	2.701^{c}	66.9	1.47^{cd}	85.9	65.4^{c}	94.2
Алай Макс Ally Max	17.5	4.123^{d}	102.1	1.81^{e}	101.1	69.9^{c}	100.7
	35	3.913^{d}	96.9	1.72^{d}	98.9	67.7^{c}	97.6
	52.5	3.742^{d}	92.6	1.69^{d}	94.4	67.7^{c}	97.6
Аксиал Едно Axial One	350	3.875^{d}	95.9	1.70^{d}	97.7	75.3^{c}	108.5
	700	2.051^{c}	50.8	1.54^{cd}	76.3	68.7^{bc}	99.0
	1050	0.618^{a}	15.3	0.66^{ab}	37.3	13.9^{a}	20.0
Базис 75 ДФ Basis 75 DF	12	2.537^{c}	62.8	1.37^{c}	80.2	62.2^{bc}	89.6
	24	1.587^{b}	39.3	0.67^{ab}	68.4	58.1^{b}	83.7
	36	0.723^{a}	17.9	0.30^{a}	39.0	16.3^{a}	23.5
Игъл 75 ВГ Eagle 75 WG	10	3.982^{d}	98.6	1.75^{d}	98.6	69.1^{c}	99.6
	20	2.254^{c}	55.8	1.46^{cd}	86.4	68.9^{c}	99.3
	30	2.247^{c}	55.6	1.49^{cd}	84.2	67.1^{c}	96.7
Пасифика ВГ + Биопауър Pacifica WG + Biopower	175+350	1.932^{b}	47.8	0.85^{ab}	47.9	43.6^{ab}	62.8
	350+700	-	-	-	-	-	-
	525+1050	-	-	-	-	-	-

Легенда: a, b, c, d – статистически доказани разлики P=0.05.
Legend: a, b, c, d – statistically significant differences at P=0.05.

Третирането на семепроизводни посеви на тръстиковидна власатка с Акурат 60 ВГ, Алай Макс и Игъл 75 ВГ, които контролират само широколистни-

Application of herbicides in years of tall fescue seed production with Akurat 60 VG, Alai Max and Eagle 75 VG that control only broadleaf weed species has a те плевелни видове оказват слаб (от 0,7 до 2,4%) инхибиращ ефект при формиране на семена от културата, докато хербицидите с комплексно действие срещу едногодишни и широколистни плевели Eagle 75 WG, включително див овес (*Avena fatua* L.) Аксиал Едно, Базис 75 ДФ и Пасифика ВГ + Биопауър предизвикват статистически доказан инхибиращ ефект върху проучвания показател.

Аналогични са и получените резултати в експерименталната работа на Willis et al. (2006) и Sato and Takamizo (2009), според които прилагането на хербициди за борба срещу широколистни плевели не предизвикват инхибиращ ефект върху добива.

Хербицидите с комплексно действие за борба срещу едногодишни и широколистни плевели, включително див овес (*Avena fatua* L.) предизвикват фитотоксичен ефект.

Изключение от описаната зависимост се установява при приложената най-ниска доза Axial One - 350 ml/ha където се установява слаб стимулиращ ефект – 8.5%, докато, стандартната и повишена доза предизвикват силен инхибиращ ефект при формирането на семена от тръстиковидна власатка. Подобен ефект от въздействие на приложени редуцирани дози хербициди се съобщават от Thomas et al. (2005), Velini et al. (2010), според които ниските нива на глифозат сулфометурон-метил, дикамба и 2,4-D също могат да предизвикат стимулиращ ефект ефект (хормоза) **(**Belz et al., 2011) чрез подобряване на синтеза на азот и/или чрез предизвикване на ауксин-подобен ефект.

weak (0.7 to 2.4%) inhibitory effect on seed formation of the crop, while herbicides with complex action against annual and deciduous weeds Eagle 75 WG, including wild oats (*Avena fatua* L.) Axial One, Basis 75 DF и Pacifica WG + Adjuvant Biopower caused a statistically proven inhibitory effect on the studied indicator.

Similar are the results obtained in the experimental work of Willis et al. (2006) and Sato and Takamizo (2009), according to which applied the herbicides that controled broadleaf weeds do not cause a phytotoxic effect under yield.

Herbicides with complex action against annual and broadleaf weeds, including and wild oat (*Avena fatua* L.) cause a phytotoxic effect.

An exception to the described dependence was found with the lowest applied dose of Axial One - 350 ml/ha where a weak stimulating effect from 8.5%, whereas the standard and increased doses had a strong inhibitory effect on the formation of tall fescue seeds. A similar effect of exposure to reduced doses of herbicides has been reported in experimental work by Thomas et al. (2005), Velini et al. (2010), according to them which the applied low rates of glyphosate sulfometuron-methyl, dicamba and 2,4-D also can stimulate plant growth effect (hormesis) (Belz et al., 2011) by improving synthesis of nitrogen and/or by inducing an auxin-like effect.

ИЗВОДИ

Акурат 60 ВГ (600 g/kg метсулфурон метил) – 10 g/ha, Алай макс (143 g/kg метсулфурон 143 g/kg метил; трибенурон метил) – 35.0g/ha и Игъл 75 ВГ (750 g/kg хлорсулфорон) - 20.0g/ha приложени във фенофаза BBCH 12-13 в годината на създаване на посева и

CONCLUSIONS

Accurate 60 VG (600 g/kg metsulfuron methyl) - 10 g/ha, Ally Max (143 g/kg metsulfuron 143 g/kg tribenuron methyl) - 35.0 g/ha and Eagle 75 WG (750 g/kg chlorosulfuron) - 20.0 g/ha applied in the growth stage BBCH 12-13 in year of sowing and in seed production във фаза BBCH 12-13 в семепроизводни посеви са с висока селективност към трастиковидна власатка сорт Албена и не оказват влияние върху добива на фураж и семена и могат да се прилагат за борба с широколистни плевели.

При смесено заплявеляване с едногодишни житни плевели, в т.ч. див овес и широколистни плевели, както и слабочувствителни плевели на хормоноподобните хербициди, за борба с плевелите при тръстиковидна власатка (*Festuca arundinacea* Schreb.) може да се използва, двукомпонентният селективен хербицид Аксиал Едно (45 g/l пиноксаден + 5 g/l флорасулам) в доза – 700 ml/ha.

Редуцирана доза на хербицида Аксиал едно (45 g/l пиноксаден + 5 g/l флорасулам) приложен до 350 ml/ha оказва стимулиращ ефект (хормезис) при тръстиковидна власатка (*Festuca arundinacea* Schreb.) сорт Албена върху натрупването на свежа и суха биомаса в годината на създаване на посева, както и в годините на образуване на семена.

of crop (BBCH 21-24) are selective for the tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) - variety Albena, do not affect the yield of feed and seeds and can be used to control dicotyledonous weeds.

When mixed weed infestance with annual cereal weeds, including wild oats and dicotyledonous weeds, as well the slightly sensitive weeds to hormone-like herbicides for weed control at tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.), can be used, two-component selective herbicide Axial One (45 g/l pinoxadene + 5 g/l florasulam) at dose - 700 ml/ha.

Low rates of herbicide Axial One (45 g/l pinoxadene + 5 g/l florasulam) - 350 ml/ha have hormesis effect to tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) variety Albena and can be used for stimulation the accumulation of fresh and dry biomass during the year of sowing, as well as in the years of seed productin of crop.

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. **Capstaff, N. and A. Miller**, 2018. Improving the Yield and Nutritional Quality of Forage Crops. *Frontiers in Plant Science*, 9, 535. doi: 10.3389/fpls.2018.00535.
3. **Cole, D.E. and N. Olstad**, 2004. Tolerance of Forage Crops to Herbicides. Alberta Agriculture, Food and Rural Development. 143 pp.
4. **Dimitrova, Ts.**, 1984.Studies on Weeds and Their Control in Seed Production of Perennial Legumes and Cereals in Separate and Mixed Crops. PhD thesis, Institute of Forage Crops (Bg).
5. **Gep, Y.and Z.Wang**, 2015. Tall fescue (Festuca arundinacea Schreb*.). Methods Mol. Biology,* 1224:365-372. doi: 10.1007/978-1-4939-1658-0_29.
6. **Hess, M., G. Barralis, H. Bleiholder, L. Buhr, T. Eggers, H. Hack and R. Stauss**, 1997. Use of the Extended BBCH Scale-General for the Descriptions of the Growth Stages of Mono; and Dicotyledonous Weed Species. *Weed Research,* 37(6), 433-441.
7. **Jusoh, S.**, 2013. Grazing Management and Pasture Production of Tall Fescue-Legume Mixtures in Dryland Pastures. Ph.D thesis, Lincoln University Crops (UK)
8. **Harinder, P., D. Batish and R. Kohli**, 2006. Handbook of Sustainable Weed Management. CRC -Technology & Engineering - 952 pages.
9. **Hannaway, D., S. Fransen, J. Cropper, M. Teel, M. Chaney, T. Griggs, R. Halse, J. Hart, P. Cheeke, D. Hansen, R. Klinger, and W. Lane**, 1999. Tall Fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) PNW 504 • April 1999 https://ir.library.oregonstate.edu.

10. **Kır, B., R. Avcıoğlu, G. Demİroğlu and A. Simic**, 2010. Performances of Some Cool Season Turfgrass Species in Mediterranean environment: I. *Lolium perenne* L., *Festuca arundinacea* Schreb., *Poa pratensis* L., and *Agrostis tenuis* Sibth. *Turkish Journal of Field Crops,* 15(2), 174-179.
11. **Mueller-Warrant, G. and C. Rosato**, 2005. Weed Control for Tall Fescue Seed Production and Stand Duration without Burning. *Crop Science*, 45, 2614-2628.
12. **Raeside, M., M. Friend, R. Behrendt, A. Lawson and S. Clark**, 2012. A Review of Summer-Active Tall Fescue Use and Management in Australia's High-Rainfall Zone. *New Zealand Journal of Agricultural Research,* 55, 393-411.
13. **Sato, H. and T. Takamizo,** 2009. Conferred Resistance to an Acetolactate Synthase-inhibitingHerbicide in Transgenic Tall Fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). *Hort Science*, 44(5), 1254-1257.
14. **Stall, W., S. Locascio and R. Hochmuth**, 1998. Premergence Snd Postmergence Weed Control in Snap Beans. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society,* 102, 329-332.
15. **Thomas,W., I. Burke, B. Robinson,W. Pline-Srniandcacute, K. Edminsten, R.Wells and J. Wilcut**, 2005. Yield and Physiological Response of Nontransgenic Cotton (*Gossypium Hirsutum*) to Simulated Glyphosate Drift. *Weed Technology,* 19, 35-42.
16. **Velini, E., M. Trindade, L. Barberis and S. Duke**, 2010. Growth Regulation and Other Secondary Effects of Herbicides. *Weed Science,* 58(3), 351.
17. **Willis, J., J. Beam, W. Barker and S. Askew**, 2006. Weed Control Options in Spring-seeded Tall Fescue (Festuca Arundinacea). *Weed Technology,* 20(4), 1040-1046. https://doi.org/10.1614/WT-05-138.1
18. **Young, W., M. Mellbye and T.Silberstein**, 1999. Residue Management of Perennial Ryegrass and Tall Fescue Seed Crops. *Agronomy Journal*, 91, 671-675.

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2019, 22 (6), 176-186 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Влияние на Лактисем върху кълняемостта и първоначалното развитие на образци *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]

Ирена Голубинова*, Пламен Маринов-Серафимов

Институт по фуражните култури, ул. "Ген.Вл.Вазов" 89, 5800 Плевен, България

The Effect of Lactisem on the Germination and the Initial Development of *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] Accessions

Irena Golubinova*, Plamen Marinov-Serafimov

Institute of Forage Crops, 89 Gen.V.Vazov Str., 5800 Pleven, Bulgaria
**E-mail: golubinova@abv.bg*

Original scientific paper

РЕЗЮМЕ

При лабораторни условия в Институт по фуражните култури - Плевен е установено влиянието на растежния стимулатор Лактисем за предсеитбено третиране на семена върху кълняемостта и първоначалното развитие при осем образци техническо сорго (метла) (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.)

Установено е, че: Лактисем приложен в доза 3 l/100 kg семена стимулира нарастването (cm) (от 5.5 до 47.4%) и увеличаване теглото (g) на кълна (от 5.6 до 12.5%) при всички включени в изследването образци техническо сорго (метла); Доказана е специфична сортова реакция по отношение въздействието на Лактисем върху нарастването и формирането на свежа бомаса на кълна при проучваните образци *Sorghum vulgare* var. *technicum* (Körn.). Най-силен стимулиращ ефект на Лактисем върху нарастването на кълна е отчетен при местни популации GL15A, S14, G16V и MI16N, а най-слаб

SUMMARY

Under laboratory conditions at the Institute of Forage Crops - Pleven was determined the effect of the growth stimulator Lactisem for pre-sowing treatment of seeds on germination and initial development in eight accessions of broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.).

It was found that: Lactisem applied at dose of 3 l/100 kg of seeds had a stimulating effect on growth (cm) (from 5.5 to 47.4%) and weight gain (g) of seedlings (from 5.6 to 12.5%) in all accessions included in the study broomcorn; It has been demonstrated a specific variety reaction with regard to the effect of growth stimulator Lactisem on seedling growth and formation of fresh weight on seedlings in the tested accessions *Sorghum vulgare* var. t*echnicum* (Körn.). The strongest stimulatory effect of Lactisem on seedling growth was observed in local populations GL15A, S14, G16V and MI16N, and the weakest

при сорт Szegedi 1023. Местните популации GL15A, G16V и MI16N се обещаващи и могат да бъдат продуктивни при други селекционни програми.

Ключови думи: предсеитбено третиране, семена, *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]

УВОД

Покълването и първоначалното развитие на семената е жизненоважно за устойчивото производство. Семената с добро качество имат значителен потенциал за увеличаване на производителността на културите. Ефективното покълване на семената и ранното поникване е важно, тъй като са най-чувствителните етапи от жизнения цикъл на културните растения (Hadas, 2004). Бързото и равномерно покълване на семената води до успешно поникване, тъй като се образува дълбока коренова система преди горните слоеве на почвата да изсъхнат (Harris, 1996). Покълването на семената може да се подобри с помощта на различни технологии. Подобряването кълняемостта на семената включва физични, физиологични и биологични третирания за преодоляване на ограниченията за покълване, по-ранно развитие на културите и по-добри добиви. (Afzal, 2013).

Покълването и поникването на кълна като независим организъм са критични фази в живота на растението. Лактисем е растежен стимулатор от продуктовата гама Лактофол® на Екофол АД предназначен за предсеитбено третиране на семената. Продуктът съдържа балансиран хранителен състав от макро- и микроелементи които са с особено важно значение за първоначалното развитие на младите растения. Използването на Лактисем увеличава кълняемата енергия и осигурява добро развитие на кореновата система и при влошена агротехника. Лактисем подобрява покълването, гарантира добър старт в развитието на посевите и намалява нуждите от семена за дадена

in the variety Szegedi 1023. The GL15A, G16V and MI16N local populations found superior and might be productive in further breeding programs.

Key words: pre-sowing treatment, seeds stimulating, *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]

INTRODUCTION

Seed germination and initial development is vital to sustainable crop production. Good-quality seed has a significant potential of increasing productivity of crops. Efficient seed germination and early seedling establishment are important for they represent the most susceptible stages of the life cycle of crop plants (Hadas, 2004).

Rapid and uniform seedling emergence leads to successful establishment as it produces a deep root system before the upper layers of soil dry out (Harris, 1996).

Germination seeds can be improved using a variety of seed technologies. Improving seeds germination includes physical, physiological and biological treatments to overcome germination constraints, earlier crop development and better yields (Afzal, 2013).

Germination and seedling establishment as an independent organism are critical phases in the life of a plant. Lactisim is a growth stimulant from the product range of Lactofol® of Ecofol AD intended for pre-sowing treatment of seeds. The product contains a balanced nutrient composition of macro- and microelements that are particularly important for the early development of young plants. The use of Lactisem increases germination energy and ensures good development of the root system even with poor agricultural technology. Lactisem improves the germination rate, guarantees a good start in the development of crops and reduces seed requirements for an area. Lactisem площ. Лактисем е приложим при много културни растения.

Видовете от род *Sorghum* са многоцелеви култури, отглеждани за храни, фуражи и промишлени цели. Според изследванията на редица автори (Ejeta and Knoll, 2007; Wagaw, 2019) тези култури се считат за по-толерантни към стрес, включително топлина, соленост суша и преовлажняване в сравнение с други зърнени житни култури. В ранните етапи на растеж и развитие такива условия може да забавят развитието и да редуцират добивите (Kebede et al., 2001; Calvino and Messing, 2012; O'Donnell et al., 2013). Сорговите растения с висока жизненост и бързи темпове на растеж в ранните етапи на развитие са подходящи в райони със засушаване в началото на вегетацията (Uptmoor et al., 2006). Разликата в реакцията на стрес в ранните етапи на растеж сред сортовете сорго трябва да се използва като източник за селективни форми на селекция, а не да се разчита само на разликите в добива (Assefa et al., 2010).

Целта на изследването е да се установи влиянието на Лактисем за предсеитбена обработка на семена върху кълняемостта и първоначалното развитие на образци техническо сорго (метла) *Sorghum vulgare* var. *technicum* (Körn.) при лабораторни условия.

is applicable to many cultivated plants.

The *Sorghum* species are a multipurpose crop grown for food, animal feed and industrial purposes. According to studies of a number of authors (Ejeta and Knoll, 2007; Wagaw, 2019) *Sorghum* species are tolerant to many stresses, including heat, drought, salinity and flooding as compared to other cereal crops, but in early stages of development such conditions may delay development and reduce yields (Kebede et al., 2001; Calvino and Messing, 2012; O'Donnell et al., 2013). Sorghum plants with high vigour and fast growth rates during early developmental stages may be advantageous in regions affected by drought early in the growth season (Uptmoor et al., 2006). Variation in the reaction of stress in early growth stages among varieties of sorghum relative to should be utilized as a source for drought tolerant forms selection rather than relying on yield differences alone (Assefa et al., 2010).

The aim of the study was to determine the effect of Lactisem for sowing seed treatment on germination and initial development of specimens of *Sorghum vulgare* var. *technicum* (Körn.) broomcorn under laboratory conditions.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

За да се установи влиянието на растежния стимулатор Лактисем при лабораторни условия върху образци техническо сорго (метла) в началните етапи от развитието е използван адаптирания метод на Chaniago et al. (2017).

Проучвани са два фактора: Фактор А – образци, два сорта и седем местни популации техническо сорго (метла) *Sorghum vulgare* var. *technicum* (Körn.) от района на Централна Северна България: a_1 – Szegedi 1023 (сорт); a_2 – S14; a_3 – GL15A; a_4 – PL16; a_5 – CR17R; a_6 – Prima (сорт); a_7 –G16V и a_8 – MI16N. Фактор B – доза на

MATERIAL AND METHODS

In order to establish the influence of growth stimulant Lactisem in laboratory conditions on the broomcorn accessions at the initial growth stages and development was used adaptations method Chaniago et al. (2017).

Two factors have been studied: Factor A – accessions, two varieties and seven local populations of broomcorn *Sorghum vulgare* var. *technicum* (Körn.) from the region of Central Northern Bulgaria: a_1- Szegedi 1023 (variety); a_2 – S14; a_3 – GL15A; a_4 – PL16; a_5 – CR17R; a_6 – Prima (variety); a_7 – G16V and a_7 – MI16N; Factor B – growth stimulant растежен стимулатор Лактисем (l/100 kg семена): b_1 – 0.0% (контрола); b_2 – 1.5; b_3 – 3.0 и b_4 – 6.0 l/100 kg семена. За контрола е използвана дестилирана вода.

Техника на биоанализа

В петриеви блюда (140 mm) между филтърна хартия Filtrak 388 са поставени 100 броя семена за всеки от тестваните образци техническо сорго (метла) *Sorghum vulgare* var. *technicum* (Körn.). За всеки вариант на опита е пипетиран Лактисем съобразно фактор В. Пробите са поставени в термостат при температура 22 ± 2 °С за седем дни на тъмно. Всеки вариант е залаган в шест повторения. Определяни са следните показатели за всички варианти на опита.

Оценка на ефекта. За оценка на експерименталните резултати бяха използвани следните параметри: Биометрични параметри: Брой покълнали семена във всеки вариант; лабораторна кълняемост за всеки вариант (%); Дължина на стъбло, корен и кълн, cm средно за едно растение; Тегло на свежа биомаса на стъбло, корен и кълн, g средно за едно растение.

Кълняемостта на семената е изчислявана след предварително *arcsin* - трансформиране по формулата,

Lactisem: b_1 - 0.0% (control); b_2 – 1.5 (50%); b_3 – 3.0 (100%); and b_4 - 6 l/100 kg seeds (150%). Distilled water is used for control.

Technique of bioassay

Hundred seeds from the tested genotypes broomcorn were germinated between layers of filter paper Filtrak 388 in 140 mm Petri dishes for each of the tested accessions broomcorn *Sorghum vulgare* var. *technicum* (Körn.). For each variant of the experiment, Lactisem was pipetted according to factor B. Samples were placed in a thermostat at 22 ± 2 °C for seven days in the dark. The following metrics are defined for all variants of the experiment.

Effect assessment. For assessing experimental results, the following parameters were used Biometric parameters: Number seeds germinated in each treatment; laboratory germination for each treatment (%); Length of shoot, root, and seedling, mm; Weight of fresh biomass of shoot, root, and seedling, g per plants.

The percentage of seed germination was calculated after preliminary *arcsin* - transformation following the formula,

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

по Hinkelmann and Kempthorne (1994). Статистическата обработка и значимостта на разликите между изследваните варианти са обработени чрез програма Statistica Software Package version 10 (StatSoft, Inc., 2011) чрез One-way ANOVA. Fisher's Least-Significant-Difference (LSD) test е използван при ниво на значимост $p<0.05$.

Силата на влияние на факторите при достоверен факторен варианс е определена чрез η^2 (Plohinsky, 1967 и Lidanski, 1988).

forwarded by Hinnkelmann and Kempthorne (1994). The statistical processing and significance of the difference between the investigated treatments was carried out with Statistica Software Package version 10 (StatSoft, Inc., 2011) by One-way ANOVA. Fisher's Least-Significant-Difference (LSD) test was used at the $p<0.05$ probability level.

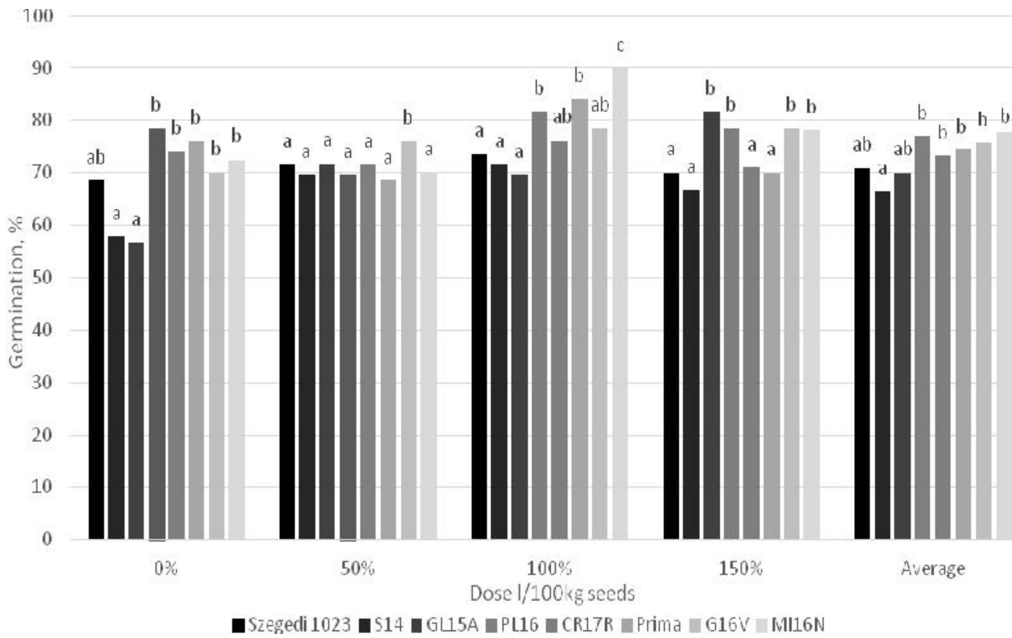
The significant of influence of factors on a reliable factor variant is determined by η^2 (Plohinsky, 1967 and Lidanski, 1988).

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Оценен е ефектът на растежния стимулатор Лактисем върху покълването на семената и развитието на кълна при различни образци *Sorghum vulgare* var. *technicum* (Körn.). Приложените дози на растежния стимулатор оказват несъществено влияние върху кълняемостта на семената от образците при лабораторни условия (Фигура 1). Най-висока е кълняемостта на семената средно за всички образци при оптималната доза на растежния стимулатор – 3 l/100 kg семена (100%).

RESULTS AND DISCUSSION

The effect of plant growth stimulant Lactisem on the germination of seeds and seedling growth of different accessions broomcorn *Sorghum vulgare* var. *technicum* (Körn.) was evaluated. The applied concentrations of growth stimulant Lactisem had a negligible effect under laboratory germination of seeds of accessions (Figure 1). Seed germination was highest on average for all accessions at the optimal dose of plant stimulator – 3 l/100 kg seeds (100%).



Фиг. 1. Кълняемост на семената при различни дози на растежния стимулатор Лактисем при образци техническо сорго (метла)

Fig. 1. Seed germination for the different doses of growth stimulator Lactisem applied in broomcorn accessions

Дисперсионният анализ за установяване влиянието на проучваните фактори (дози, образци) и взаимодействието между тях върху лабораторната кълняемост, показват, че влиянието и на двата фактора (A, B) е приблизително (η^2=15.34; η^2=13.71) върху общото вариране (Таблица 1). Комплексното влияние на факторите (AxB

The analysis of variance to determine the effect of the studied factors (doses, accessions) and the interaction between them on laboratory germination showed that the influence of both factors (A, B) is approximately equivalent (η^2=15.34; η^2=13.71) to the total variation (Table 1). The complex influence of factors (AxB η^2=31.04) occupy a relatively

η^2=31.04) заемат относително по-голям дял от общото вариране.

big share of the total variation.

Таблица 1.Анализ на вариансите и степен на влияние на факторите
Table 1. Main effects of the factors tested

Фактори / Factors	Sum of squares	Df	Mean square	η^2
A (образци / accessions)	747.556	7	106.794	15.34
B (дози / doses)	667.669	3	222.556	13.71
AxB (взаимодействие / interaction)	1512.17	21	72.0081	31.04
Общо / Total	4871.7	63		

Приложените дози на растежния стимулатор Лактисем върху семена на образци техническо сорго (метла) оказват влияние върху дължината на кълна и корена (cm) (Таблица 1).

За всички тествани образци се наблюдава увеличаване дължината на кълна при по-високите приложени дози (3 и 6 l/100 kg семена) на Лактисем (Таблица 2). Доказано (P=0.05) най-голяма е дължината на кълна средно за проучваните образци при оптималната доза 3 l/100 kg семена Лактисем спрямо нетретираните контролни варианти.

Коренът при образците техническо сорго (метла) е с по-голяма дължина в сравнение със стъблото. Разликите в дължината на стъблото при изследваните образци е недоказана в сравнение с контролните варианти при повечето от изследваните образци при най-ниската проучвана доза. Дължината на стъблото средно за тестваните образци техническо сорго (метла) е най-голяма при доза 3 l/100 kg семена, където превишава контролния вариант от 5.5 до 47.4%. Относително най-силно стимулиране върху нарастването на кълна е отчетено при местни популации GL15A, S14, G16V и MI16N.

The doses of growth stimulant Lactisem applied to technical sorghum (broom) seeds had an effect on the length of the shoot and root (mm) (Table 1).

There is an increase in shoot length at higher doses (3 и 6 l/100 kg seeds) of Lactisem for all tested accessions (Table 2). The length of the shoot average for the test accessions is proven (P=0.05) to be the greatest on at the optimal dose of 3 l/100 kg seeds Lactisem compared to the untreated control variants.

Compared to the root in the broomcorn accessions has a longer length than the shoot.

The differences in shoot length in the test accessions are unproven compared to the control variants in most of the specimens tested at the lowest dose tested.

The shoot length averaged over the test accessions of broomcorn was greatest at a dose of 3 l/100 kg of seed, where it exceeded the control variant from 5.5 to 47.4%. Relatively strongest stimulation on sprout growth was reported in local populations GL15A, S14, G16V and MI16N.

Таблица 2. Нарастване на стебло, корен и кълн (cm) при образци *Sorghum vulgare* var. *technicum* (Körn.) при различни концентрации на растежния стимулатор Лактисем

Table 2. Growth of shoot, root and seedlings (cm) in *Sorghum vulgare* var. *technicum* (Körn.) accessions under different concentrations of growth stimulant Lactisem

Доза (Dose) l/100kg seeds	Показатели Indicators	Образци / Accessions								
		Szegedi 1023	S14	GL15A	PL16	CR17R	Prima	G16V	MI16N	*Средно/ Average*
0.0	Стебло, cm Shoot, cm	5.28[b]	5.23[b]	2.97[a]	5.42[a]	4.45[ab]	7.07[b]	4.78[a]	5.62[a]	*5.10[a]*
1.5		4.30[a]	4.86[b]	4.79[b]	4.21[a]	4.97[b]	5.23[a]	5.80[a]	5.42[a]	*4.95[a]*
3.0		5.48[b]	5.02[a]	4.92[bc]	5.56[a]	5.90[a]	8.18[c]	6.05[b]	7.16[b]	*6.03[b]*
6.0		5.25[b]	3.62[a]	5.04[c]	5.10[a]	4.44[ab]	7.30[b]	5.46[a]	6.13[ab]	*5.42[ab]*
0.0	Корен, cm Root, cm	5.75[a]	7.33[b]	5.27[a]	6.88[a]	7.55[b]	9.09[b]	7.70[a]	8.50[a]	*7.26[a]*
1.5		5.85[a]	7.47[b]	7.21[b]	7.13[ab]	7.48[b]	6.79[a]	7.90[a]	8.88[a]	*7.34[a]*
3.0		7.35[b]	7.85[b]	6.98[b]	7.45[b]	6.64[ab]	8.25[b]	7.80[a]	8.36[a]	*7.59[a]*
6.0		8.10[b]	6.07[a]	7.17[b]	7.14[ab]	5.74[a]	8.13[b]	6.75[a]	8.32[a]	*7.18[a]*
0.0	Кълн, cm Seedlings, cm	11.03[a]	12.56[b]	8.24[a]	12.30[a]	12.00[ab]	16.16[b]	12.48[a]	14.12[b]	*12.36[a]*
1.5		10.15[a]	12.33[b]	12.00[b]	11.34[a]	12.45[a]	12.02[a]	13.70[a]	14.30[b]	*12.29[a]*
3.0		12.83[b]	12.87[b]	11.90[b]	13.01[a]	12.54[ab]	16.43[b]	12.85[a]	15.52[a]	*13.49[b]*
6.0		13.35[b]	9.69[a]	12.21[b]	12.24[a]	10.18[a]	15.43[b]	12.21[a]	14.45[b]	*12.60[ab]*

Легенда: Различните букви в колоните показват доказани разлики от LSD теста при p = 0.05 вероятност
Legend: Different letters in columns indicate significant differences by the LSD test at p=0.05 probability

По отношение теглото на кълна, разликите между тестваните образци са незначителни (Таблица 1). Най-ниска стойност за теглото на кълна средно за тестваните образци е отчетена при доза 1.5 l/100 kg семена. При дозите 3 и 6 l/100 kg семена Лактисем стойностите за теглото на корена са най-високи, въпреки, че разликите са статистически недоказани в сравнение с контролните варианти.

При доза 3 l/100 kg семена Лактисем теглото на стеблото и корена средно за тестваните образци техническо сорго (метла) е най-голяма и превишава контролния вариант от 5.7 до 44.4%. Най-силен стимулиращ ефект върху теглото на стеблото и корена е отчетено при местни популации GL15A, G16V и MI16N, като разликите са статистически доказани при P=0.05.

Редица подобни резултати са докладвани в изследвания при видове от род *Sorghum* водят до увеличаване размерът на първичния кълн и корен и теглото им (Nguyen et al., 2019; Trevisan et al., 2018; Widawati and Suliasih, 2018).

In regard to the weight of the seedling, the differences between the tested accessions are insignificant (Table 1). The minimum value for the shoot weight was observed at dose 1.5 l/100 kg seeds average for tested accessions. At high doses (3 and 6 l/100 kg seeds) Lactisem values for root weight are the highest, but the differences were not statistically significant compared to control variants.

At the dose of 3 l/100 kg of seeds Lactisem the shoot weight on average for the test broomcorn accessions is greatest, where it exceed the control variant from 5.7 to 44.4%. The strongest stimulation on primary seedling weight was reported in local populations GL15A, G16V and MI16N the differences being statistically significant at P=0.05.

A number similar results were reported of studies at species of genus *Sorghum* describe an increase the root length, shoot length and total weight of their seedlings (Nguyen et al., 2019; Trevisan et al., 2018; Widawati and Suliasih, 2018).

Таблица 3. Натрупване на свежа биомаса (g за един кълн) при образци *Sorghum vulgare* var. *technicum* (Körn.) при различни концентрации на растежния стимулатор Лактисем
Table 3. Accumulation of fresh biomass g for one seedling in *Sorghum vulgare* var. *technicum* (Körn.) accessions under different concentrations of growth stimulant Lactisem

Доза (Dose) l/100kg seeds	Показатели Indicators	Образци / Accessions								
		Szegedi 1023	S14	GL15A	PL16	CR17R	Prima	G16V	MI16N	*Средно/ Average*
0.0		0.039[a]	0.039[b]	0.023[a]	0.043[a]	0.038[a]	0.052[b]	0.047[a]	0.036[a]	*0.040[a]*
1.5	Стебло, cm	0.035[a]	0.037[ab]	0.035[ab]	0.032[a]	0.040[a]	0.038[a]	0.044[ab]	0.035[a]	*0.037[a]*
3.0	Shoot, cm	0.043[a]	0.042[a]	0.040[ab]	0.043[a]	0.043[a]	0.057[b]	0.054[b]	0.039[a]	*0.045[a]*
6.0		0.038[a]	0.027[ab]	0.045[b]	0.042[a]	0.043[a]	0.056[b]	0.051[ab]	0.041[a]	*0.043[a]*
0.0		0.018[a]	0.019[a]	0.015[a]	0.018[a]	0.017[a]	0.021[a]	0.013[a]	0.020[a]	*0.018[a]*
1.5	Корен, cm Root,	0.015[a]	0.020[ab]	0.013[a]	0.015[a]	0.018[a]	0.020[a]	0.013[a]	0.021[a]	*0.017[a]*
3.0	cm	0.018[a]	0.022[ab]	0.016[a]	0.018[a]	0.019[a]	0.020[a]	0.016[a]	0.021[a]	*0.019[a]*
6.0		0.018[a]	0.021[b]	0.016[a]	0.016[a]	0.018[a]	0.018[a]	0.015[a]	0.019[a]	*0.018[a]*
0.0		0.057[a]	0.058[a]	0.038[a]	0.061[a]	0.055[a]	0.073[ab]	0.060[a]	0.056[a]	*0.057[a]*
1.5	Кълн, cm	0.050[a]	0.057[ab]	0.048[ab]	0.047[a]	0.058[a]	0.058[a]	0.057[ab]	0.056[a]	*0.054[a]*
3.0	Seedlings, cm	0.061[a]	0.064[ab]	0.056[ab]	0.061[a]	0.062[a]	0.077[b]	0.070[b]	0.060[a]	*0.064[a]*
6.0		0.056[a]	0.048[b]	0.061[b]	0.058[a]	0.061[a]	0.074[ab]	0.066[ab]	0.060[a]	*0.061[a]*

Легенда: Различните букви в колоните показват доказани разлики от LSD теста при p = 0.05 вероятност
Legend: Different letters in columns indicate significant differences by the LSD test at p=0.05 probability

Дисперсионният анализ показва, че най-голям дял от общото вариране върху показателя дължина на стъблото и корена се дължи на съвместното действие на двата фактора (А, В) (η^2=14.60) като разликите са статистически недоказани (Таблица 4). Влиянието на дозите на растежния стимулатор Лактисем (Фактор А) е относително по-голям дял от общото вариране (η=11.74) спрямо Фактор А (образци) – (η^2 = 0.71).

По отношение на разпределението на варирането между факторите обуславящи натрупването на свежа биомаса (g за едно растение) показват, че тежестта на Фактор А (дози) η^2 е 27.44. С относително най-малък дял от общото вариране е тежестта на Фактор В (образци) - η^2 е 6.40, като разликите са статистически доказани при P=0.001. Вариансът дължащ се на взаимовръзката „образец - доза" е η^2 =35.28.

Analysis of variance shows that the largest share of the total variation on the primary shoot and root length indicator is due to the joint effect of the two factors (A, B) (η^2 = 14.60), with no statistically significant differences (Table 4). The effect of doses of the growth stimulant Lactisem (Factor A) had a relatively larger share of the total variation (η^2 = 11.74) compared to Factor A (accessions) - (η^2 = 0.71).

With regard to the distribution of variation among the factors that determine the fresh biomass accumulation (g per plant), show that the weight of Factor A (doses) η^2 is 27.44. With a relatively small proportion of the total variation, the share of Factor B (accessions) - η^2 is 6.40, with differences statistically proven at P=0.001. The variance due to the relationship "accessions-doses" is η^2 = 35.28.

Таблица 4. Основни ефекти на тестваните фактори
Table 4. Main effects of the factors tested

Фактори Factors	Sum of squares	Df	Mean square	η^2	Sum of squares	Df	Mean square	η^2	Sum of squares	Df	Mean square	η^2
Дължина/Length	Стебло / Shoot				Корен / Root				Кълн / Seedling			
A (образци / accessions)	412.635	7	58.948	15.82	204.345	7	29.197	6.69	1094.09	7	156.298	11.74
B (дози /doses)	20.1261	3	6.709	0.77	43.171	3	14.390	1.41	65.9114	3	21.9705	0.71
AxB (взаимо-действие / interaction)	333.532	21	16.168	12.79	387.211	21	18.439	12.68	1360.61	21	60.0293	14.60
Тегло/Weight	Стебло / Shoot				Корен / Root				Кълн / Seedling			
A (образци / accessions)	0.001995	7	0.0002850	32.81	0.002467	7	0.0003524	39.01	0.0021	7	0.00030	27.44
B (дози /doses)	0.0004393	3	0.0001464	7.22	0.00006313	3	0.000002104	9.98	0.00049	3	0.000164	6.40
AxB (взаимо-действие / interaction)	0.002140	21	0.0001019	35.19	0.0001284	21	0.000006116	20.30	0.0027	21	0.00128	35.28

LSD при ниво на вероятност 0.05
LSD at 0.05 probability level

Настоящото изследване проучва възможността за стимулиране развитието на стъблото и корена, които спомагат по-бързото вкореняване и развитие на растенията след третиране с Лактисем. Ефектът от растежния стимулатор Лактисем приложен в доза 3 l/100 kg семена влияе положително върху кълняемостта и нарастването на стъблото и корена на включените в изследването образци техническо сорго (метла).

Установена е специфична реакция по отношение на покълването и първоначалното развитие на кълна при местни популации GL15A, G16V и MI16N техническо сорго (метла).

Получените експериментални резултати могат да бъдат обяснени с генотипни различия, тъй като сравненията между тях са направени при контролирани условия.

The present study reveals opportunities to stimulation the development of shoot, root that promote faster rooting and development of plants after treatment with Lactisem. The effect of the growth stimulant Lactisem, applied at a dose of 3 l/100 kg of seeds, has a positive effect on the germination and growth of the shoot and root of the included in the study in different accessions of broomcorn.

There was a specific reaction with regard to germination and development at the primary seedling at local broomcorn populations GL15A, G16V and MI16N.

The experimental results obtained can be explained by genotypic differences, since comparisons between them were made under controlled conditions.

ИЗВОДИ

Оценено е влиянието на осем образеца техническо сорго (метла) по отношение влиянието на различни дози растежен стимулатор Лактисем приложен в дози 1.5, 3 и 6 l/100 kg семена при лабораторни условия.

CONCLUSIONS

The effect of eight accessions of broomcorn on the effect of different doses of growth stimulator Lactisem applied at doses of 1.5, 3 and 6 l/100 kg seeds under laboratory conditions was evaluated.

Растежният стимулатор Лактисем приложен в доза 3 l/100 kg семена спомага нарастването на и увеличаване теглото на стъблото и корена, спрямо контролните варианти при всички включени в изследването образци техническо сорго (метла).

Установена е специфична сортова реакция по отношение въздействието на растежен стимулатор Лактисем върху нарастването (cm) и формирането на свежа бомаса на кълна (g) при проучваните образци *Sorghum vulgare* var. *technicum* (Körn.).

Местните популации GL15A, G16V и MI16N се оказват обещаващи и могат да бъдат продуктивни при други селекционни програми. Изборът може да бъде направен въз основа на тези признаци в начален етап на растеж. Би било рентабилно, отнемащо по-малко време и по-малко трудоемко да се оцени зародишната плазма на ранен етап.

The growth stimulator Lactisem applied at dose of 3 l/100 kg of seeds promotes sprouting of shoot and root and increasing the weight of shoot and root, compared to the control variants in all accessions included in the study.

There was a specific variety reaction with regard to the effect of growth stimulator Lactisem on seedling growth (cm) and formation of fresh weight on seedlings (g) in the tested accessions *Sorghum vulgare* var. *technicum* (Körn.).

The local populations GL15A, G16V and MI16N found superior and might be productive in further breeding program. Selection can be made on the basis of these characters at early growth stage. It would be cost effective, less time consuming and less laborious to screen the germplasm at early stage.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Afzal, I.**, 2013. Need for Public-private Partnership in Seed Technology. Dawn, October 14, 2013.
2. **Assefa, Y., S. A., Staggenborg and V. P. V. Prasad**, 2010. Grain Sorghum Water Requirement and Responses to Drought Stress: A review. Online. *Crop Management* doi:10.1094/CM-2010-1109-01-RV.
3. **Calvino, M. J.**, 2012. Messing, Sweet Sorghum as a Model System for Bioenergy Crops. *Current Opinion in Biotechnology,* 23, 323-329.
4. **Ejeta, G. and J. E. Knoll**, 2007. Marker-assisted Selection in Sorghum. In: Varshney, R. K. and R. Tuberosa (ed.) Genomic-assisted Crop Improvement: vol. 2: Genomics Applications n Crops, pp. 187-205.
5. **Hadas, A.**, 2004. Seedbed Preparation: the Soil Physical Environment of Germinating Seeds. In: Benech-Arnold, R.L., Sanchez, R.A. (Eds.). Handbook of Seed Physiology: Applications to Agriculture. Food Product Press, New York, NY. pp. 3-36.
6. **Harris, D.**, 1996. The Effects of Manure, Genotype, Seed Priming, Depth and Date of Sowing on the Emergence and Early Growth of *Sorghum bicolor* (L.) Moench in semi-arid Botswana. *Soil Tillage Research,* 40, 73-88.
7. **Hinkelmann, K. and O. Kempthorne**, 1994. Design and Analysis of Experiments. New York, Wiley and Sons.
8. **Kebede, H., P. K. Subudhi, D. T. Rosenow, H. T. Nguyen,** 2001. Quantitative trait loci influencing drought tolerance in grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Theoretical and Applied Genetics, 103(2):266-276.
9. **Lidanski, T.**, 1988. Statistical Methods in Biology and Agriculture. Zemizdat, Sofia, pp. 375 (Bg).
10. **Nguyen, C. T., L. H. Dang, D. T. Nguyen, K. P. Tran, B. L. Giang and N. Q. Tran**, 2019. Effect of GA3 and Gly Plant Growth Regulators on Productivity and Sugar

Content of Sugarcane. *Agriculture*, 9, 136.
11. **O'Donnell, N. H., B. L. Møller, A. D. Neale, J. D. Hamill, C. K. Blomstedt and R. M. Gleadow**, 2013. Effects of PEG-induced Osmotic Stress on Growth and Dhurrin Levels of Forage Sorghum. *Plant Physiology and Biochemistry*, 73, 83-92.
12. **Plohinsky, N.**, 1967. Algorithms of Biometry. Publishing House of the Moscow University, pp. 74-78 (Ru).
13. StatSoft, Inc., 2011. STATISTICA (Data Analysis Software System), Version 10, Tulsa, OK.
14. **Trevisan, R. G., N. S. Vilanova Júnior, M. T. Eitelwein and J. P. Molin**, 2018. Management of Plant Growth Regulators in Cotton Using Active Crop Canopy Sensors. *Agriculture*, 8, 101.
15. **Uptmoor, R, W. Wenzel, K. Ayisi, G. Donaldson, A. Gehringer, W. Friedt and F. Ordon**, 2006. Variation of the Genomic Proportion of the Recurrent Parent in BC1 and Its Relation to Yield Performance in Sorghum (*Sorghum bicolor*) Breeding for Low-input Conditions. *Plant Breeding,* 125(5), 532-534.
16. **Wagaw, K.**, 2019. Review on Mechanisms of Drought Tolerance in Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Basis and Breeding Methods. *Journal of Agricultural Science and Research,* 7(2), 87-99.
17. **Widawati, S. and S. Suliasih**, 2018. The Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Germination and Seedling Growth of *Sorghum bicolor* L. Moench. IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science,* 166(1), 012-022.

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2019, 22 (6), 187-199
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan
ISSN 1311-0489 (Print)
ISSN 2367-8364 (Online)

Влияние на температурния стрес върху покълване на семената и първоначалното развитие на образци техническо сорго (метла) (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.)

Ирена Голубинова*, Пламен Маринов-Серафимов

Институт по фуражните култури, 5800 Плевен, България

Influence of the Temperature Stress on Seed Germination and Initial Development of Broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) Accessions

Irena Golubinova*, Plamen Marinov-Serafimov

Institute of Forage Crops, 5800 Pleven, Bulgaria
**E-mail: golubinova@abv.bg*

Original scientific paper

РЕЗЮМЕ

Определено е влиянието на температурния диапазон 10, 15, 20, 25 и 30 ^{0}C върху покълването на семената и нарастването на кълновете при български местни популации и интродуцирани сортове техническо сорго (метла) (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) с различен произход при лабораторни условия в Институт по фуражните култури, Плевен.

Установени са специфични генотипни различия при покълването на семената и първоначално развитие на образци техническо сорго (метла) в зависимост от влиянието на температурите - 10, 15, 20, 25 и 30 ^{0}C. Най-висока кълняемост е отчетена при местни популации GL15A (от 24.2 до 90.0%) и MI16N (от 56.7 до 90.0%), а най-голяма дължина на кълна при MI16N (от 3.08 до 20.65, средно 11.21 cm) и сорт Prima (от 1.32 до 16.89, средно 12.35 cm).

Доказано е влиянието на темпе-

SUMMARY

The influence of the temperature range 10, 15, 20, 25 and 30 ^{0}C on the germination of seeds and the growth of seedlings in Bulgarian local populations and introduced varieties of broomcorn (*Sorghum vulgare* var*. technicum* Körn.) of different origin was determined under laboratory conditions at the Institute of Forage Crops, Pleven.

Specific genotypic differences in seed germination and initial development of broomcorn accessions were determined depending on the influence of temperatures - 10, 15, 20, 25 and 30 ^{0}C. The highest germination was recorded in local populations GL15A (24.2 to 90.0%) and MI16N (56.7 to 90.0%), and the highest seedling length at MI16N (3.08 to 20.65, mean 11.21 cm) and variety Prima (1.32 to 16.89, average 12.35 cm).

The influence of the temperature

ратурния диапазон 10÷30 ^{0}C върху нарастването на кълновете при образци техническо сорго (метла) (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.), чрез коефициентите на алометрия (CA). При температура 20 ^{0}C нарастването на стеблото и корена е относително пропорционално при всички образци, с най-ниски стойности (от 0.29 до 0.78) на коефициентите на алометрия (CA). Температури 10-15 ^{0}C задържат нарастването на стеблото в сравнение с корена, което определя относително високи стойности на CA (от 4.00 до 2.85). В относително по-слаба степен се потиска развитието на стеблото при температури 25-30 ^{0}C (CA от 1.41 до 1.22).

Установено е, че семена от местните популации GL15A и MI16N техническо сорго (метла) покълват и се развиват в широк температурен диапазон 10-30 ^{0}C и представляват интерес при създаване на образци толерантни на температурен стрес, както и при прилагане на хербициди при относително неблагоприятни метеорологични и едафични условия

Ключови думи: температурен стрес, селективност, техническо сорго (метла), жизненост

range 10 ÷ 30 ^{0}C on the growth of shoots in broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) accessions, through allometry coefficients (CA), has been demonstrated. At temperature 20 ^{0}C, shoot and root growth is relatively proportional to all accessions, with the lowest values (0.29 to 0.78) of coefficient of allometry (CA).

Temperatures 10-15 ^{0}C retain the growth of the shoot compared to the root, which determines the relatively high CA values (from 4.00 to 2.85). The development of the shoot at temperatures of 25-30 ^{0}C is less inhibited (CA from 1.41 to 1.22).

Seeds from local populations GL15A and MI16N of broomcorn have been found to germinate and develop over a wide temperature range of 10 ÷ 30 ^{0}C and are of interest in the generation of temperature tolerant accessions, as well as in the application of herbicides in relatively adverse weather conditions and edaphic conditions.

Key words: temperature stress, broomcorn, selectivity, vigour index

УВОД

Селското стопанство е сред найуязвимите сектори на последиците от изменението на климата, тъй като промените в температурите на въздуха и сумите на валеж, оказват негативен ефекти върху добива и качеството на получената продукция. Увеличението на населението в света през последното десетилетие налага повишаване добивите от селскостопанска продукция, както и включване на алтернативни култури при решаване на възникналия дефицит в производството на храни, фуражи, суровина за промишлеността, биогорива и други (Gornall et al., 2010; Kikindonov and Slanev, 2011; Donchev and Kikindonov, 2015).

Благодарение на продуктивният

INTRODUCTION

Agriculture is among the most vulnerable sectors of the effects of climate change, as changes in temperature and rainfall have negative effects on the yield and quality of production.

The increase in the world's population in the coming years necessitates the urgent task of increasing agricultural production, necessitating the inclusion of alternative crops to address the emerging shortfall in the production of food, feed, raw materials for industry, biofuels and others (Gornall et al., 2010; Kikindonov and Slanev, 2011; Donchev and Kikindonov, 2015).

Due to its productive potential,

си потенциал, широката и многостранна употреба за храна на хората, храна за животните/фураж, производство на етанол и други промишлени продукти, високата им екологична пластичност и толерантност към неблагоприятни абиотични фактори, определят видовете от род *Sorghum* (към които принадлежи *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]), като перспективни култури за включването им в сеитбообращения, в условия на глобално затопляне и засушаване (Berenji and Dahlberg, 2004; Boutraa et al., 2010; Angelova et al., 2011; Stefaniak et al., 2012).

Bray et al. (2000), Razmi et al. (2013) и Queiroz et al. (2018) установяват, че покълването на семената при видовете от род *Sorghum* се определя от множество фактори: вид, размер, промокаемост на семенната обвивка, кислородно поглъщане на семената и други.

Абиотичен стрес в периода сеитба – поникване може да причини загуби при реализиране на добива при видовете от род *Sorghum* (Pirasteh-Anosheh et al., 2011; Hamidi and Pirasteh-Anosheh, 2013).

Установено е, че извършване на сеитба при относително по-ниски и/или по-високи температури на почвата редуцира процентът на поникналите растения и инхибира степента на нарастването на видовете от род *Sorghum* в началните етапи от развитието им Pirasteh-Anosheh et al. (2011), Hamidi и Pirasteh-Anosheh (2013).

По-ранната сеитба в студени и преовлажнени почви води до загниване на семената, независимо от това Singh (1985) установява генотипове сорго "толерантни на студ", които покълват, развиват срастат и дават задоволителни добиви на зърно при условия на относително студена (но над замръзване) температура на въздуха и почвата, докато по-късната сеитба възпрепятства дружното поникване, поради недостатъчната влага на почвата в зоната на сеитба (Yo et al., 2004).

widespread use for human food, animal feed/forage, ethanol production and other industrial products, ecological plasticity and tolerance to unfavorable abiotic factors, determine the species of the genus *Sorghum* (to which belongs *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]) a perspective culture for inclusion in rotation, in global warming and drought conditions (Berenji and Dahlberg, 2004; Angelova et al., 2011; Stefaniak et al., 2012).

Bray et al. (2000), Razmi et al., (2013) and Queiroz et al. (2018) found that germination seeds in the species of the genus *Sorghum* is conditioned by many factors: seed species and size, permeability of seed coat, oxygen absorption of the seeds etc.

The abiotic stress during at planting time can cause irreversible loss in yield potential in *Sorghum* species (Pirasteh-Anosheh et al., 2011; Hamidi and Pirasteh-Anosheh, 2013).

It has been found that sowing at relatively lower and/or higher soil temperatures reduces the percentage of sprouted plants and inhibits the rate of growth of *Sorghum* species in the initial stages of plant development Pirasteh-Anosheh et al. (2011), Hamidi и Pirasteh-Anosheh (2013).

Earlier sowing in cold and humid soils results in rotting of the seeds, nevertheless Singh (1985) identifies sorghum "tolerant to cold" genotypes that germinate, develop overgrowth and give satisfactory grain yields under relatively cold conditions (but above freezing) air and soil temperature, while later sowing impedes friendly sprouting due to insufficient soil moisture in the sowing area (Yo et al., 2004).

Засилващата се тенденция през последните години на глобално затопляне и засушаване, поражда необходимостта от оценка и отбор на селекционни образци при видовете от род *Sorghum* с толерантност към воден и температурен стрес в началните фази на развитието им (Bibi and Ali, 2012; Donchev and Kikindonov, 2015; Queiroz et al., 2018).

Целта на изследването е да се определи влиянието на температурата върху покълването на семената и нарастването на кълновете при образци техническо сорго (метла) (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) при лабораторни условия.

The increasing trend in recent years of global warming and drought has led to the need to evaluate and select breeding of *Sorghum* species accessions with tolerance to water and temperature stress in the initial stages of their development (Bibi and Ali, 2012; Donchev and Kikindonov, 2015; Queiroz et al., 2018).

The objective of this study was to determine the effect of temperature on seed germination and seedling development of accessions of broomcorn (*Sorghum vulgare* var. technicum Körn.) under laboratory conditions.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Проучването е проведено при лабораторни условия в Института по фуражните култури - Плевен. Обект на изследването са семена от образци техническо сорго (метла) (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) реколтирани от полски опити за оценка на местни и интродуцирани сортове по комплекс от морфологични, биологични, биохимични и стопански качества през периода 2017-2019 година (Таблица 1).

MATERIAL AND METHODS

The study was conducted under laboratory conditions at the Institute of Forage Crops - Pleven. The subject of the study are seeds of broomcorn accessions (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) harvested from field trials for evaluation of local and introduced varieties by complex of morphological, biological, biochemical and economic qualities in the period 2017-2019 (Table 1).

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

№	Образци / Accessions	
1	Szegedi 1023	Сорт / Variety
2	Prima	
3	S14	Местни популации от Югоизточна България / Local populations from Southeast Bulgaria
4	GL15A	Местни популации от Централна Северна България / Local populations from Central Northern Bulgaria
5	PL16	
6	CR16LR	
7	G16V	
8	MI16N	

Жизнеспособността на семената от тестваните образци е определяна по метода на Gill et al. (1993), почистени са от примеси, ръчно са калибрирани, като от всеки вид са отбрани по 100 броя семена. Поставени са в петриеви блюда с диаметър 90 mm между фил-

Vigour of the tested accession seeds was determined by the method of Gill et al. (1993). They were cleaned from impurities, calibrated by hand and a number of 100 seeds from each accession. They were put in petri dishes 90 mm in diameter between filter paper търна хартия *Filtrak* 383. Във всеки контейнер е пипетирана по 10 ml дестилирана вода. Така подготвените проби са поставени на тъмно в термостати при t ^{0}C - 10, 15, 20, 25 и 30 ^{0}C в продължение на седем дни. Всеки вариант е залаган в четири повторения.

Оценка на ефекта

За оценка на експериментите резултати са използвани следните параметри.

Количествени параметри

Брой покълнали семена (GS%) във всеки вариант е определян съгласно ISTA (1985). Брой покълнали семена за всеки вариант (%): за покълнали семена се приемат, когато кълна е приблизително с дължина 2 mm (Pirasteh-Anosheh et al., 2011).

Filtrak 383. Ten milliliters distilled water into each container were pipetted. The so prepared samples were put in the dark at t ^{0}C - 10, 15, 20, 25 и 30 ^{0}C in thermostats for seven days. Each variant being laid out with four replications.

Effect assessment

For assessing the results of the experiments were used the following parameters.

Quantitative parameters

Germination of seeds was determined according to ISTA (1985). Number of germinated seeds in each treatment: percent of germination in each treatment (%). Seeds was considered germinated when radical emerged by about 2 mm in length (Pirasteh-Anosheh et al., 2011).

$$GS\% = \frac{\text{Number of seeds germinated}}{\text{Total number of seeds}} . 100 \quad (1)$$

Биометрични параметри

Дължината на кълна (cm) е измервана с милиметрова хартия.

Статистическа оценка и формули за изчисление

Процент на инхибиране (*IR*) е определен по формулата

Biometric parameters

Length of the seedling (cm) was measured using graph paper.

Statistical evaluation and calculation formulas

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

$$IR = \left(\frac{a-b}{a}\right).100 \quad (2)$$

където *a* – покълнали семена контролните варианти (15.0 ^{0}C), приет за стандарт (%), *b* – покълнали семена при всички t ^{0}C - 10, 15, 20, 25 и 30 ^{0}C (%);

Скоростта на нарастване (μ) на корена, стеблото и кълна е определяна, чрез адаптирана формула на Dauta et al. (1990).

where *a* – germinated seeds in the control treatments (15.0 ^{0}C), accepted as standard (%), *b* - germinated seeds in the t ^{0}C - 10, 20, 25 and 30 ^{0}C (%);

Growth rate (μ) of the root, shoot and seedling was determined with an adapted formula by Dauta et al. (1990).

$$\mu = \left\{\frac{\ln N_t - \ln N_0}{t}\right\} \quad (3)$$

където N_t - дължина (cm) на корен, стебло и кълн при t ^{0}C - 10, 20, 25 и 30 ^{0}C; N_o - дължина (cm) на корен, стебло и кълн в контролните варианти (15.0 ^{0}C); *t* – продължителност, дни;

where N_t - length (cm) of root, shoot and seedlings for t ^{0}C - 10, 20, 25 and 30 ^{0}C; N_o - length (cm) of root, shoot and seedlings in control treatment (15.0 ^{0}C); *t* – duration in days;

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

Coefficient of allometry (*CA*) determined by the equation by Nasr and Mansour (2005).

$$CA = \frac{L_r}{L_s} \quad (4)$$

където L_r - дължина (cm) на корена, L_s - дължина (cm) на стеблото.

Жизненост на растенията (*SVI*) е определяна като е използвано уравнението на Islam et al. (2009).

where L_r - length (cm) of the root, L_s - length (cm) of the stem.

Plants vigour index (*SVI*) was determined by the equation of Islam et al. (2009).

$$SVI = \left(\frac{S.G}{100}\right) \quad (5)$$

където: *S* - дължина (cm) на кълна при t ^{0}C - 10, 15, 20, 25 и 30 ^{0}C; *G* – покълнали семена, %.

Кълняемостта на семената е изчислена след предварително *arcsin*-трансформиране по формулата, Y=arcsin√($x_{\%}$/100), Hinkelman and Kempthorne (1994). Получените резултати са обработени статистически с програмните продукти STATGRAPHICS Plus for Windows Version 2.1 и Statistica 10. Поради запазващата се тенденция и еднопосочност на получените експериментални резултати през периода на проучване, данните са отразени средно за периода.

where: *S* - length (cm) in the seedling at the t ^{0}C - 10, 15, 20, 25 и 30 ^{0}C; *G* – germinated seeds, %.

The percentage of seed germination was calculated after preliminary *arcsin*-transformation following the formula, Y=arcsin√($x_{\%}$/100), forwarded by Hinnkelman & Kempthorne (1994). The collected data were analyzed using the software STATGRAPHICS Plus for Windows Ver. 2.1 and Statistica Ver. 10. Due to the continuing trend and the uniformity of the experimental results obtained during the study period, the data are presented on average for the period.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Температурният диапазон 10/15^{0}C е граничен при извършване на сеитбата на техническото сорго (метла) за условията на Централна Северна България. Лабораторната кълняемост на семената при тестваните образци техническо сорго (метла) варира в широк диапазон – от 24.2 до 90.0% и зависи от биологичните особености на културата и от температурата (Таблица 1 и 2). Най-висок процент покълнали семена е отчетен в температурния диапазон 20-25 ^{0}C, а с намаляването на 10-15 ^{0}C или с увеличаването ѝ на 30^{0}C процентът на покълналите семена намалява от 14.3 до 27.1%.

RESULTS AND DISCUSSION

The temperature range 10/15 ^{0}C is the limit when sowing broomcorn for the conditions of Central North Bulgaria.

The laboratory germination of seeds in the tested broomcorn accessions varies over a wide range – from 24.2 to 90.0% and depends on the biological characteristics of the crop and the temperature (Tables 1 and 2). The highest percentage of germinated seeds was reported in the temperature range 20-25 ^{0}C, and with a decrease of 10-15 ^{0}C or with an increase of 30 ^{0}C the percentage of germinated seeds decreased from 14.3 to 27.1%.

Установена е специфична генотипна реакция и диференциация при покълването на семената в зависимост от влиянието на температурите и реакцията на тестваните образци техническо сорго (метла). Най-висока средна кълняемост (73.2 и 79.7%), независимо от температурния диапазон е установена при местни популации GL15A и MI16N, при които е отчетена кълняемост и при температура 10 ^{0}C съответно 24.2 и 56.7%. Относително най-ниска е кълняемостта на семената (59.3%) при местни популации CR16LR и G16V.

Specific genotypic reaction and differentiation in seed germination were determined depending on the influence of temperature and the reaction of the tested broomcorn accessions. The highest average germination of seeds (73.2 and 79.7%), irrespective of temperature range, was found in local populations GL15A and MI16N, in which germination was reported and at 10 ^{0}C, respectively 24.2 and 56.7%. Seed germination (59.3%) in the local CR16LR and G16V populations was relatively lowest.

Таблица 2. Влияние на температура върху покълването на семената при образци техническо сорго (метла)
Table 2. Effect of temperature on seed germination of broomcorn accessions

Temperature t ^{0}C	Показатели Indicators	Образци / Accessions							
		Szegedi 1023	Prima	S14	GL15A	PL16	CR16LR	G16V	MI16N
10.0	GS%	0.0^a	0.0^a	0.0^a	24.2^a	0.0^a	0.0^a	0.0^a	56.7^a
	IR	100.0	100.0	100.0	66.2	100.0	100.0	100.0	20.8
15.0 St	GS%	90.0^d	71.6^b	63.4^b	71.6^b	60.0^b	63.4^b	63.4^b	71.6^b
	IR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20.0	GS%	90.0^d	90.0	71.6^{bc}	90.0^c	71.6^c	71.6^c	71.6^c	90.0^c
	IR	0.0	-25.7	-12.9	-25.7	-19.3	-12.9	-12.9	-25.7
25.0	GS%	77.1^c	71.6^b	90.0^d	90.0^c	90.0^d	90.0^d	90.0^d	90.0^c
	IR	14.3	0.0	-42.0	-25.7	-50.0	-42.0	-42.0	-25.7
30.0	GS%	65.6^b	71.6^b	90.0^d	90.0^c	90.0^d	71.6^c	71.6^c	90.0^c
	IR	27.1	0.0	-42.0	-25.7	-50.0	-12.9	-12.9	-25.7

Легенда: a, b, c, d, e, f - статистически доказани разлики при P=0.05; GS% – кълняемост на семената, %; IR – степен на инхибиране
Legend: a, b, c, d, e, f, - statistically proven differences at P = 0.05; GS% – germination seeds, %; IR – inhibition rate

С увеличаване на температурата 20-30 ^{0}C процентът на покълналите семена нараства (от 12.9 до 50.0%) при местни популации S14, GL15A, PL16 и MI16N, докато при CR16LR и G16V температура от 30 ^{0}C оказва индиферентен ефект върху проучвания показател. Изключение от описаната зависимост се установява при сорт Szegedi 1023 при който, приложените по-ниски температури (15-20 ^{0}C) не оказват влияние върху лабораторната кълняемост на семената, а температурния диапазон ≥ 25 ^{0}C инхибират *IR* от 14.3 до 27.1% покълването им.

По отношение лабораторната кълняемост на семената, местните популации GL15A и MI16N условно може да се определят, като индиферентни към

With an increase in temperature of 20-30 ^{0}C, the percentage of germinated seeds increased (from 12.9 to 50.0%) in local populations S14, GL15A, PL16 and MI16N, while at CR16LR and G16V the temperature of 30 ^{0}C had an indifferent effect on the studied indicator. An exception to the described dependence is found in the variety Szegedi 1023, in which the applied lower temperatures (15-20 ^{0}C) have no effect on laboratory germination of seeds and the temperature range ≥ 25 ^{0}C inhibits *IR* from 14.3 to 27.1% of their germination.

With respect to laboratory seed germination, local populations GL15A and MI16N can be conditionally determined to be indifferent to the temperature range тествания температурен диапазон, поради статистически недоказани разлики при проучваните температури ≥ 20 ^{0}C. Установяването на образци техническо сорго (метла), които покълват и при по-ниски температури (GL15A и MI16N) и/или в температурния диапазон 10-30 ^{0}C (CR16LR и G16V) са от значение при прилагане на хербициди, след сеитба, преди поникване или в началните етапи от развитието на растенията.

Подобни са и получените резултати в експерименталната работа на Razmi et al. (2014). Според авторите независимо, че *Sorghum bicolor* L. произлиза от полусухите тропици са установени генотипове толерантни към температурен стрес.

Динамиката на нарастване на кълновете в началните етапи от развитието на техническото сорго (метла), зависи основно от генотипа и от влиянието на приложените температури (Таблица 3). Най-голяма средна дължина на кълна е отчетена при местна популация MI16N (от 3.08 до 20.65, средно 11.21 cm) и сорт Prima (от 1.32 до 16.89, средно 12.35 cm), а най-малка при G16V (от 1.20 до 10.16, средно 8.45 cm), докато Szegedi 1023, S14, GL15A и CR16LR и заемат междинна позиция (от 1.13 до 19.40, средно 9.50 ÷ 10.60 cm).

Данните в биометричните измервания на дължината на корена, стеблото и кълна (cm) позволяват обективно да се оцени и сравни влиянието на температурния диапазон от 10 до 30 ^{0}C върху първоначалното развитие на образци техническо сорго (метла).

От Таблица 3 е видно, че с увеличаване на температурите (20, 25 и 30 ^{0}C) статистически доказано ($p>0.05$) нараства дължината на корена и стеблото при всички проучвани образци в сравнение с приетата за стандарт температура 15 ^{0}C. Аналогични са и получените резултати по отношение скоростта на нарастване (μ) на корена, стеблото и кълна в зависимост от приложения температурен диапазон.

tested, due to statistically unproven differences in study temperatures ≥ 20 ^{0}C.

Establishment of broomcorn accessions that germinate at lower temperature (GL15A and MI16N) and/or temperature range of 10-30 ^{0}C (CR16LR and G16V) are important when applying herbicides, after sowing, before emergence or in the initial stages of development of plants.

The results obtained in the experimental work of Razmi et al. (2014). According to the authors, despite the fact that *Sorghum bicolor* L. is derived from the semi-arid tropics, genotypes tolerant of temperature stress have been established.

The dynamics of germination in the initial stages of the development of broomcorn depends mainly on the genotype and on the influence of applied temperatures (Table 3). The highest average sprout length was reported in the local MI16N population (3.08 to 20.65, mean 11.21 cm) and Prima variety (1.32 to 16.89, mean 12.35 cm), and the smallest in G16V (1.20 to 10.16, mean 8.45 cm) while Szegedi 1023, S14, GL15A and CR16LR and occupy an intermediate position (from 1.13 to 19.40, average 9.50 ÷ 10.60 cm).

The data in biometric measurements of root length, stem and seedling (cm) allow an objective evaluation and comparison of the influence of the temperature range from 10 to 30 ^{0}C on the initial development of broomcorn.

It can be seen from Table 3 that with increasing temperatures (20, 25 and 30 ^{0}C) statistically proven ($p>0.05$), the root and stem length increased in all the samples studied compared to the standard temperature of 15 ^{0}C.

The results obtained with respect to the rate of increase (μ) of the root, stem and seedling are similar, depending on the applied temperature range. The relatively

Относително най-слаба скорост на нарастване (*μ*) се установява при по-ниските температури 15-20 ^{0}C и с увеличаването им 25-30 ^{0}C *μ* нараства съответно от 0.43 до 8.83 пъти.

slowest growth rate (*μ*) is found at lower temperatures of 15-20 ^{0}C and increases by 25-30 ^{0}C *μ* respectively from 0.43 to 8.83 times.

Таблица 3. Влияние на температура върху дължината на кълна при образци техническо сорго (метла)

Table 3. Effect of temperature on seedling length of broomcorn accessions

Tempe-rature, t ^{0}C	Показатели Indicators	Образци / Accessions							
		Szegedi 1023	Prima	S14	GL15A	PL16	CR16LR	G16V	MI16N
10.0	Корен, cm / Root, cm	0.00[a]	0.00[a]	0.00[a]	0.93[a]	0.00[a]	0.00[a]	0.00[a]	0.97[a]
	μ	0.00	0.00	0.00	-0.046	0.00	0.00	0.00	-0.091
	Стебло, cm / Shoot, cm	0.00[a]	0.00[a]	0.00[a]	0.20[a]	0.00[a]	0.00[a]	0.00[a]	0.29[a]
	μ	0.00	0.00	0.00	-0.099	0.00	0.00	0.00	-0.335
	Кълн, cm/ Seedling, cm	0.00[a]	0.00[a]	0.00[a]	1.13[a]	0.00[a]	0.00[a]	0.00[a]	1.26[a]
	μ	0.00	0.00	0.00	-0.057	0.00	0.00	0.00	-0.179
15.0 St	Корен, cm / Root, cm	1.26[b]	0.89[b]	1.12[b]	1.28[b]	1.36[b]	0.88[b]	0.90[b]	1.53[b]
	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Стебло, cm / Shoot, cm	0.35[b]	0.34[b]	0.32[b]	0.40[b]	0.40[b]	0.35[b]	0.30[b]	1.55[b]
	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Кълн, cm/ Seedling, cm	1.61[b]	1.32[b]	1.44[b]	1.68[b]	1.76[b]	1.23[b]	1.20[a]	3.08[b]
	IR	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20.0	Корен, cm / Root, cm	2.66[c]	5.45[c]	1.43[bc]	3.58[c]	4.33[c]	2.98[c]	4.43[c]	1.89[c]
	μ	0.107	0.259	0.035	0.147	0.165	0.174	0.228	0.042
	Стебло, cm / Shoot, cm	5.85[c]	6.95[c]	4.85[c]	6.25[c]	7.10[d]	7.89[e]	5.93[d]	3.58[b]
	μ	0.402	0.431	0.388	0.393	0.411	0.445	0.426	0.167
	Кълн, cm/ Seedling, cm	8.51[c]	12.40[c]	6.28[c]	9.83	11.43[d]	10.87[c]	10.36[b]	5.47[c]
	μ	0.238	0.320	0.210	0.252	0.267	0.311	0.308	0.115
25.0	Корен, cm / Root, cm	7.41[d]	9.41[d]	7.72[d]	6.98[d]	8.50[de]	8.45[d]	6.95[e]	9.80[d]
	μ	0.253	0.337	0.276	0.242	0.583	0.323	0.292	0.371
	Стебло, cm / Shoot, cm	5.48[c]	9.38[d]	4.92[c]	6.28[c]	5.09[c]	4.40[c]	5.16[c]	7.31[c]
	μ	0.393	0.474	0.390	0.393	0.363	0.362	0.406	0.310
	Кълн, cm/ Seedling, cm	12.89[d]	18.79	12.64[d]	13.26[c]	13.14[e]	12.85[d]	12.11[d]	17.11[d]
	μ	0.297	0.379	0.310	0.295	0.287	0.335	0.330	0.343
30.0	Корен, cm / Root, cm	8.50[d]	10.0[d]	10.48[e]	8.56[e]	7.95[d]	9.89[e]	5.71[d]	9.88[e]
	μ	0.273	0.346	0.319	0.271	0.252	0.346	0.264	0.373
	Стебло, cm / Shoot, cm	10.90[d]	6.89[e]	7.23[d]	7.36[d]	7.99[e]	5.82[d]	4.45[b]	10.77[d]
	μ	0.491	0.430	0.445	0.416	0.428	0.402	0.385	0.388
	Кълн, cm/ Seedling, cm	19.40[e]	16.89[d]	17.71[e]	15.92[d]	15.94[f]	15.71[e]	10.16[c]	20.65[e]
	μ	0.356	0.364	0.358	0.321	0.315	0.364	0.305	0.381

Легенда: a, b, c, d, e, f, - статистически доказани разлики при P=0.05; μ – скорост на нарастване
Legend: a, b, c, d, e, f, - statistically proven differences at P = 0.05; μ – growth rate

В резултат на прякото въздействие на температурния диапазон върху нарастването на кълновете при образците техническо сорго (метла), коефициентите на алометрия (*CA*) се променят в границите от 0.29 до 4.65 (Таблица 4). По-високи стойности на коефициентите на алометрия (*CA*) (съответно от 3.34 до 4.65 и от 0.99 до 3.60) се установяват при по-ниските приложени температури 10-15 ^{0}C, а с

As a result of the direct effect of the temperature range on the sprouting of seedlings in broomcorn accessions, coefficient of allometry (*CA*) varied from 0.29 to 4.65 (Table 4).

Higher values of coefficient of allometry (*CA*) (from 3.34 to 4.65 and from 0.99 to 3.60 respectively) are found at lower applied temperatures of 10-15 ^{0}C, and with their increase (20-30 ^{0}C), coefficient увеличаването им (20-30 ^{0}C), коефициентите на алометрия (*CA*) намаляват (от 0.74 до 11.87 пъти) непропорционално на повишаване на температурата. При температура от 20 ^{0}C, е отчетено относително пропорционално развитие на стеблото и корена при всички образци, а коефициентите на алометрия (*CA*) са с най-ниски стойности (от 0.29 до 0.78). Най-високите проучвани температури (25-30 ^{0}C) потискат относително по-слабо развитието на стеблото спрямо корена при всички тествани образци ($CA_{средно}$ е съответно 1.41 и 1.22).

Установени са значителни генотипни различия между тестваните образци, които условно могат да бъдат групирани в зависимост от коефициентите на алометрия ($CA_{средно}$) в следния възходящ ред: MI 16N – 1.42 > Prima - 1.46 > Szegedi 1023 – 1.55 > G16V – 1.59 > CR16LR > 1.63 > PL16 - 1.67 > S14 1.70 > GL15A – 2.14.

of allometry (CA) decrease (from 0.74 to 11.87 times) in disproportionate temperature rise. At temperature of 20 ^{0}C, relative proportional development of shoot and root was reported for all accessions, and allometry coefficients (*CA*) had the lowest values (0.29 to 0.78).

The highest temperatures studied (25-30 ^{0}C) suppressed the relatively lower shoot development relative to the root in all the samples tested ($CA_{average}$ 1.41 and 1.22, respectively).

Significant genotypic differences were found between the test accessions, which can be conditionally grouped according to coefficient of allometry ($CA_{average}$) in the following ascending order: MI 16N - 1.42 > Prima - 1.46 > Szegedi 1023 - 1.55 > G16V - 1.59 > CR16LR > 1.63 > PL16 - 1.67 > S14 1.70 > GL15A - 2.14.

Таблица 4 Влияние на температура върху пропорционалността и жизнеността на образци техническо сорго (метла)

Table 4. Influence of temperature on the coefficient of allometry and plants vigour of broomcorn accessions

Tempera-ture, t ^{0}C	Показатели Indicators	Образци / Accessions								
		Szegedi 1023	Prima	S14	GL15A	PL16	CR16LR	G16V	MI16N	*Средно Average*
10.0	*CA*	0.00	0.00	0.00	4.65	0.00	0.00	0.00	3.34	4.00
	SVI	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.71	0.12
15.0 St	*CA*	3.60	2.62	3.50	3.20	3.40	2.51	3.00	0.99	2.85
	SVI	1.45	0.95	0.91	1.20	1.06	0.78	0.76	2.21	1.17
20.0	*CA*	0.45	0.78	0.29	0.57	0.61	0.38	0.75	0.53	0.55
	SVI	7.66	11.16	4.50	8.85	8.18	7.78	7.42	4.92	7.56
25.0	*CA*	1.35	1.00	1.57	1.11	1.67	1.92	1.35	1.34	1.41
	SVI	9.94	13.45	11.38	11.93	11.83	11.57	10.90	15.40	12.05
30.0	*CA*	0.78	1.45	1.45	1.16	0.99	1.70	1.28	0.92	1.22
	SVI	12.73	12.09	15.94	14.33	14.35	11.25	7.27	18.59	13.32
Средно Average	*CA*	1.24	1.17	1.36	2.14	1.33	1.30	1.28	1.42	
	SVI	6.36	7.53	6.55	7.32	7.08	6.28	5.27	8.37	

Легенда: CA – коефициент на алометрия; SVI – жизненост на растенията
Legend: CA – coefficient of allometry; SVI – plants vigour index

Жизнеността на растенията (*SVI*) зависи от същите фактори и следва наблюдаваните зависимости по отношение лабораторната кълняемост и динамиката на нарастването на кълновете при тестваните образци техническо сорго (метла) (Таблица 4). В зависимост от средните стойности на *SVI*,

The plants vigour (*SVI*) viability depends on the same factors and follows the observed laboratory germination and germination dynamics of the tested broomcorn accessions (Table 4).

Depending on the *SVI* averages, they can be conditionally grouped in the following могат да се групират условно в следния възходящ ред: G16V 5.27 > CR16LR - 6.28 > Szegedi 1023 – 6.36 > S14 6.55 > PL16 – 7.08 > GL15A – 7.32 > Prima – 7.53 > MI 16N – 8.37.

Отчетените резултати могат да бъдат обяснени с генетични различия между образците, тъй като сравненията са направени при еднакви условия. Въпреки това, при други условия (други образци, продължителност на съхранение на зърно и др.), може да се очаква, че резултатите ще бъдат различни, тъй като покълването се определя от комплекс от множество фактори.

ИЗВОДИ

Доказани са специфични генотипни различия при покълването на семената и първоначално развитие на образци техническо сорго (метла) в зависимост от влиянието на температурите - 10, 15, 20, 25 и 30 ^{0}C. Най-висока кълняемост е отчетена при местни популации GL15A (от 24.2 до 90,0%) и MI16N (от 56.7 до 90.0%), а най-голяма дължина на кълна при MI16N (от 3.08 до 20.65, средно 11.21 cm) и сорт Prima (от 1.32 до 16.89, средно 12.35 cm).

Установено е влиянието на температурния диапазон 10 ÷ 30 ^{0}C върху нарастването на кълновете при образци техническо сорго (метла) (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.), чрез коефициентите на алометрия (*CA*). При температура 20 ^{0}C нарастване на стеблото и корена е относително пропорционално при всички образци, с най-ниски стойности (от 0.29 до 0.78) на коефициентите на алометрия. Температури 10-15 ^{0}C задържат нарастването на стеблото в сравнение с корена, което определя относително високи стойности на *CA* (от 4.00 до 2.85). В относително по-слаба степен се потиска развитието на стеблото при температури 25 ÷ 30 ^{0}C (*CA* от 1.41 до 1.22).

Идентифицирани са образци GL15A и MI16N техническо сорго (метла) които покълват и се развиват в

ascending order: G16V 5.27 > CR16LR - 6.28 > Szegedi 1023 - 6.36 > S14 6.55> PL16 - 7.08 > GL15A - 7.32 > Prima - 7.53 > MI 16N - 8.37.

The obtained results can be explained with genetic differences among genotypes, as the comparisons were made under the same conditions. However, under other conditions (other genotypes, duration of storage of grain, etc.), it can be expected that the results will be different, since germination is determined by a complex of multiple factors.

CONCLUSIONS

Specific genotypic differences in seed germination and initial development of broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* Körn.) accessions were determined depending on the influence of temperatures - 10, 15, 20, 25 and 30 ^{0}C. The highest germination was recorded in local populations GL15A (24.2 to 90.0%) and MI16N (56.7 to 90.0%), and the highest seedling length at MI16N (3.08 to 20.65, mean 11.21 cm) and variety Prima (1.32 to 16.89, average 12.35 cm).

The influence of the temperature range 10 ÷ 30 ^{0}C on the growth of shoots in broomcorn accessions, through allometry coefficients (*CA*), was found.

At temperature 20 ^{0}C, shoot and root growth is relatively proportional to all accessions, with the lowest values (0.29 to 0.78) of coefficient of allometry.

Temperatures 10-15 ^{0}C retain the growth of the shoot compared to the root, which determines the relatively high *CA* values (from 4.00 to 2.85). The development of the shoot at temperatures of 25 ÷ 30 ^{0}C is less inhibited (*CA* from 1.41 to 1.22).

The local populations GL15A and MI16N of broomcorn have been identified to germinate and develop over a wide широк температурен диапазон 10 ÷ 30 ^{0}C, които са подходящи донори в селекционни програми, както и при прилагане на хербициди, след сеитба, преди поникване или в началните етапи от развитието на растенията.

temperature range of 10 ÷ 30 ^{0}C and are of interest in the generation of temperature tolerant accessions, as well as in the application of herbicides in relatively adverse weather conditions and edaphic conditions.

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. **Berenji J. and J. Dahlberg,** 2004. Perspectives of Sorghum in Europe. *J. Agronomy & Crop Science,* 190, 332-338.
3. **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.
4. **Boutraa, T., A. Akhkha, A. Al-Shoaibi and A. Alhejeli.** 2010. Effect of water stress on growth and water use efficiency (WUE) of some wheat cultivars (*Triticum durum*) grown in Saudi Arabia. *Journal of Taibah University for Science,* 3(1), 39-48. https://doi.org/10.1016/S1658-3655(12)60019-3.
5. **Bray, E.A., J. Bailey-Serres and E. Weretilnyk.** 2000. Responses to Abiotic Stress. Biochemistry & Molecular Biology of Plants. In: Gruissem, W. and Jones, R., Eds., American Society of Plant Physiologists, Rockville, pp. 1158-1203.
6. **Dauta, A., J. Devraux, F. Piquemal and L. Boumnich. 1990.** Growth Rate of Four Freshwater Algae in Relation to Light and Temperature. *Hydrobiologia*, 20(7), 221-226.
7. **Donchev, V. and Ts. Kikindonov.** 2015. Assessment of the Initial Temp of Growth of Sudangrass, Sorghum × Sudangrass Hybrids and Sweet Sorghum Forms. *Plant Science,* 52(6), 28-32 (Bg).
8. **Gill, L. S., G. O. Anoliefo, U. V. Iduoze.** 2015. Allelopathic Effect of Aqueous Extract from Siam Weed on the Growth of Cowpea. Department of Botany, University of Benin, Benin City, Nigeria, 51.
9. **Gornall, J., R. Betts, E. Burke, R. Clark, J. Camp, K. Willett and A. Wiltshire.** 2010. Implications of Climate Change for Agricultural Productivity in the Early Twenty-First Century. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 365(1554), 2973-2989. doi:10.1098/rstb.2010.0158
10. **Hamidi, R., H. Pirasteh-Anosheh and M. Izadi,** 2013. Effect of Seed Halo-Priming Compared with Hydro-Priming on Wheat Germination and Growth. *International Journal* of *Plant Production,* 4 (7), 1611-1615.
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. ISTA., 1985. International rules for seed testing. Rules 1985. *Seed Sci. and Technol.*, 13(2), 299-520.
13. **Kikindonov, Ts. and K. Slanev.** 2011. Productivity of the New Sudangrass Variety Endje-1. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans,* 3(14), 564-575.
14. **Pirasteh-Anosheh, H., H. Sadeghi and Y. Emam.** 2011. Chemical Priming With Urea and KNO3 Enhances Maize Hybrids (*Zea mays* L.) Seed Viability Under Abiotic Stress. *Journal of Crop Science and Biotechnology,*14, 289-295.

15. **Queiroz, V., A. da Silva Aguiar, C. de Menezes, C. de Carvalho, C. Paiva, P. Fonseca and R. da Conceic,** 2018. A Low Calorie and Nutritive Sorghum Powdered Drink Mix: Influence of Tannin on the Sensorial and Functional Properties. *Journal of Cereal Science,* 79, 43-49.
16. **Razmi, Z., R. Hamidi and H. Pirasteh-Anosheh.** 2013. Seed Germination and Seedling Growth of Three Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Genotypes as Affected By Low Temperatures. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 2(20), 851-856.
17. **Singh, S.P.** 1985. Sources of Cold Tolerance in Grain Sorghum*. Canadian Journal of Plant Sciences,* 65, 251-257.
18. **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 Science,* 52, 1949-1954.
19. **Yu, J., M.Tuinstra, M.Claassen, W. Gordon and M. Witt.** 2004. Analysis of Cold Tolerance in Sorghum under Controlled Environment Conditions. *Field Crops Research,* 85, 21-30.