Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2020, 23 (1), 182-196
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan
ISSN 1311-0489 (Print)
ISSN 2367-8364 (Online)

Биологично производство на пипер чрез използване на говежди тор и букови дървени въглища

Саня Живкович[1]*, Таня Васич[1], Дарко Йевремович[2], Соня Филипович[1]

[1]Селскостопански факултет, Университет на Ниш, ул. "Косанджичева" 4, 37000 Крушевац, Сърбия
[2]Изследователски институт по овощарство, 32000 Чачак, Република Сърбия

Organic Production of the Pepper by Using of Cow Manure and Retort Beach Charcoal

Sanja Živković[1]*, Tanja Vasić[1], Darko Jevremović[2], Sonja Filipović[1]

[1]Agriculture faculty, Kosančićeva 4, 37 000 Kruševac, University of Niš, Serbia
[2] Fruit Research Institute, Kralja Petra I 9, 32 000 Čačak, Serbia
**E-mail: gajicsanja43@gmail.com*

Original scientific paper

РЕЗЮМЕ

Целта на настоящето изследване е да проследи приложението на дървени въглища в биологичното зеленчукопроизводство. Експериментът е проведен в оранжерия, проектирана по рандомизирана блокова система с генотип на чушки "Аманда", с приложение на говежда тор и букови дървени въглища и контрола с говежди тор без букови дървени въглища. Експериментът е извършен в местността Трмчаре, община Крушевац в оранжерия по рандомизирана блокова система в 2 повторения. Засадени са 25 растения, третирани с говежда тор и букови дървени въглища и 25 растения, третирани само с говежда тор, като контрола. Пиперът се отглежда като самостоятелна култура. Целта е да се определи влиянието на тора върху броя на плодове върху едно растение и тегло на плодовете, които пряко влияят върху добива в системата

SUMMARY

The objective of this study was to research the charcoal application in vegetable farming under organic conditions. The experiment was established in the greenhouse designed by random block system with pepper genotype Amanda, in treatment with cow manure and retort beech charcoal and control with cow manure without retort beech charcoal. The experiment was set up at Trmčare locality, Kruševac municipality in a greenhouse according to a random block system in 2 replicates, planting 25 plants treated with cow manure and retort beech charcoal and 25 plants treated only with cow manure as a control. Pepper were grown on a single tree.

The aim was to determine the influence of the applied material on the number of fruits per plant and the weight of the fruit directly affecting the yield in the organic за биологично отглеждане. Параметърът, който се проследен, е добив на пипер при биологично производство. Следните показатели са наблюдавани в експеримента: добив на плодове от растение и брой плодове на растение. При третирането с букови дървени въглища, генотип "Аманда" показа среден добив с 27.35% по-висок от контролните растения.

Ключови думи: плод, биологично отглеждане, букови дървени въглища, пипер, добив

growing system. The parameter that is followed is pepper yield under temperate climatic conditions. The following parameters were monitored in the experiment: fruit yield per plant and number of fruits per plant. In the treatment with retort beech charcoal, the Amanda genotype had an average yield 27.35% higher than the control plants.

Key words: fruit, organic cultivation, retort beach charcoal, pepper, yield

УВОД

Пиперът (*Capsicum annuum* L.) има голямо икономическо значение в Сърбия. Той е една от най-значимите култури. Има висока хранителна и биологична стойност. Може да се използва по много различни начини, в прясна, кисела, печена, замразена форма, допълнени с различни ястия, а в индустрията е суровина за различни видове обработка. Принадлежи към групата на интензивните зеленчукови култури. Изисква голямо участие на човека в отглеждането му. Той е силно нарастваща култура, тъй като дава висок доход на единица площ. Първоначално пиперът е отглеждан като декоративна култура, а после с течение на времето се превръща в една от най-важните зеленчукови култури в света. Понастоящем, той се отглежда най-много в Азия, Европа и Америка. Едрите сортове виреят най-вече в Испания, Сърбия, Черна гора, Китай, САЩ, България, Унгария, Италия, Русия, Украйна, Франция и Гърция. Отглеждат се главно в умерената климатична зона, донякъде тропическа, а в Европа тази културата е отглежда на юг и защитената зона на север. В икономиката на Сърбия, тези зеленчуци имат голямо значение, както за храненето на населението, така и за международната търговия, тъй като освен пресен износ се изнасят различни продукти от пипер, както и подправки (Tepić, 2009).

INTRODUCTION

Pepper (*Capsicum annuum* L.) is of great economic importance in our country. It is one of the most significant cultures. It has high nutritional and biological value.

It can be used in many different ways, such as fresh, sour, baked, frozen, supplemented with various dishes and in the industry it is a raw material for different types of processing. It belongs to the group of intensive vegetable crops. It requires a great deal of human work involvement. It is a highly accumulative crop because it generates high income per unit area. Initially grown as an ornamental and then a herb, pepper has over time become one of the most important vegetable crops in the world.

Today, peppers are most grown in Asia, Europe, and America. The large pepper fruit is mostly grown in Spain, Serbia, Montenegro, China, USA, Bulgaria, Hungary, Italy, Russia, Ukraina, France and Greece. It is mainly grown in a temperate zone, somewhat tropical, and in Europe it is the culture of the south and the protected area of the north. In the national economy of the country, these vegetables are of great importance, both for the nutrition of the population and for international trade, because apart from fresh exports, various products of peppers as well as spices are exported (Tepić, 2009).

Значението на пипера нараства в районите, където се отглежда. Той е изключително подходящ за интензивно култивиране. Отглежда се в открито поле и в закрити зони. Поради многобройните си употреби в диети, както и в преработващата промишленост, той се счита за много ценен зеленчук. В зависимост от сорта и предназначението на производството, културата се използва в технологична (използваема) или физиологична (ботаническа) зрялост в прясно и преработено състояние (Gvozdenović et al., 2006).

През 2017 г., растения пипер са засадени в Сърбия върху площ от 17 386,00 ha със среден добив от 11.4 t ha^{-1} (webrzs.stat.gov.rs, 2018). В зависимост от вида на растеж, пиперът може да се произвежда по различни начини и да се използва за различни цели.

Тъй като чушките имат дълъг период на вегетация, е необходимо да се осигурят хранителни вещества в достъпна форма през целия период. Подхранването трябва да гарантира балансирано снабдяване на растенията с хранителни вещества по време на растежа и развитието, особено в периоди на повишена нужда от вода. Непрекъснатото напояване увеличава извличането на хранителни вещества от почвата (Gvozdenović et al., 2006).

Пиперът изисква тор, азотни, фосфорни и калиеви торове. Той се отглежда на неутрална (PH = 6-7) или слабо кисела почва. Изключително чувствителен е към засолени почви. Поради дългия си вегетационен период, честото напояване и сравнително слабо развита коренова система, разположена в плиткия почвен слой, растенията имат високи изисквания към органичните и минерални хранителни вещества. Следователно, всички хранителни вещества трябва да бъдат доставени в леснодостъпна форма в кореновата зона. Изискванията към хранителните вещества са за целия вегетационен период и особено по време на цъфте-

The importance of peppers also arises on the surfaces on which they are grown. It’s a very intense culture. It is grown in an open field and in a protected area. Due to its multiple uses in the diet as well as in the processing industry, it is considered a highly regarded vegetable.

Depending on the variety and the purpose of production, it is used in technological (usable) or physiological (botanical) maturity in fresh and processed state (Gvozdenović et al., 2006).

In 2017, 17,386.00 ha were sown under these vegetables in Serbia, with an average yield of 11.4 t ha^{-1} (webrzs.stat.gov.rs, 2018). Depending on the type of growth, pepper can be produced in different ways and used for different purposes.

Since peppers have long vegetation, it is necessary to provide nutrients in an accessible form throughout the growing season. Nutrition should ensure a balanced supply of plants with nutrients during growth and development, especially in times of increased water demand. Continuous irrigation increased nutrient leaching and increased plant nutrient uptake (Gvozdenović et al., 2006).

Peppers require fertilizers, nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers. Peppers respond neutral (PH = 6-7) to slightly acidic. It is extremely sensitive to saline lands. Due to its long vegetation, irrigation and relatively poorly developed root system, the pepper, which is in a shallow plowed layer, has high requirements for organic and mineral nutrients.

Therefore, all nutrients must be cured in an easily accessible form in the root zone.

Nutrient requirements are throughout vegetation and especially during flowering, fruit formation and ripening stages (Gvozdenović et al., 2006).

жа, формирането на плодове и зреене (Gvozdenović et al., 2006).

Биологичното земеделие съчетава традиция, иновации и наука, за да произведе здравословен продукт и да запази околната среда защитена. Използването на активен въглен в биологично производство е една от възможностите за запазване и повишаване на качеството на почвата и следователно добива от култивираните растения (Lehman et al., 2005; Biederman and Harpole, 2013).

Внасянето на биовъглен се основава на опит от преди две хиляди години, който през последните десетилетия се подновява поради доказани многобройни ползи (Chan et al., 2007). Въздействието е както дългосрочно, така и краткосрочно (Mann, 2005).

Както биовъгленът, така и активният въглен са пирогенни въглеродни вещества (PCM). Те се получават чрез термохимична конверсия на въглеродни суровини (пиролиза или/и активиране). Биовъгленът се произвежда от устойчиво извличана биомаса и се използва за неокислителни приложения в селското стопанство (например в почвата) и също така се обсъжда като суровина за промишлени процеси. Всъщност се използва за улавяне на въглерод. Следователно, ако „биовъгленът“ се използва като гориво, той изгаря и въглеродът се трансформира (окислява) в CO_2, и всъщност се класифицира като въглен. Активният въглен се произвежда от всеки въглероден източник (изкопаеми, отпадъци или възобновяеми източници) и е проектиран да се използва като сорбент за отстраняване на замърсители както от газове, така и от течности. И двата материала имат своята отчетлива история, ясно отделени научни общности и обособени литературни източници. За съжаление липсва общоприета терминология и дефиниция (Hagemann et al., 2018).

Въпреки това, тъй като предло-

Organic farming combines tradition, innovation and science in order to produce healthy product and keep the environment protected. The use of activated carbons in organic production is one of the possibilities to preserve and raise the soil quality and therefore the yield of the cultivated plants (Lehman et al., 2005; Biederman and Harpole, 2013).

Soil biochar amendment is based on two thousand years old experience, which in recent decades has been renewed because of proven multiple benefits (Chan et al., 2007). This importance is largely long-term, but also reveals the short-term effects (Mann, 2005).

Both biochar and activated carbon are pyrogenic carbonaceous materials (PCM). They are produced by thermochemical conversion of carbonaceous feedstock (pyrolysis or/and activation). Biochar is produced from sustainably sourced biomass and is used for non-oxidative applications in agriculture (e.g., in the soil) and is also discussed as a raw material for industrial processes. By definition, it is used for carbon sequestration.

Hence, if “biochar” is used as a fuel, it is burned and the carbon is transformed (oxidized) into CO2, it is actually classified as charcoal. Activated carbon is produced from any carbon source (fossil, waste or renewable) and engineered to be used as sorbent to remove contaminants from both gases and liquids.

Both materials have their distinct history, widely separated scientific communities and separated bodies of literature. Unfortunately, a generally accepted terminology and definition is lacking (Hagemann et al., 2018).

However, as the proposed

женото използване на биовъглен и активен въглен все повече се припокриват, информацията за „другата“ сфера във всеки случай може да бъде от полза. Понастоящем, биовъгленът и активният въглен се използват за възстановяване на почвата, като преди само активния въглен е използван за тази цел. Ако активният въглен не бъде отстранен след прилагането и ако той е произведен от възобновяеми суровини и отговаря на други спецификации, той може да се счита за биовъглен (Laird 2008; Woolf et al., 2010; Hagemann et al., 2018 ; Yadav et al., 2018).

Много изследвания потвърждават, че почвата обогатена с биовъглен, може да подобри растежа на растения (Šeremešić et al., 2015; Tian et al., 2018; Yadav et al., 2018). Според Tian et al., (2018) включването на биовъглен предизвиква алкализация на почвата, което може да увеличи нитрификацията ú и нивата на азот (N). Увеличаването на pH на почвата вероятно ще повлияе на електропроводимостта (EC), катионния обмен (CEC) и ще увеличи оксидите на алкални метали (Mg^{2+}, Ca^{2+} и K^{+}). Освен това, той намалява разтворимите форми на алуминий, които се считат за най-значимия фактор на биовъглена, влияещ върху разтворимостта на P (De Luca et al., 2009; Tian et al., 2018; Yadav et al., 2018). Полезните ефекти на биовъглена са широко проучени в света. Въпреки това в нашата селскостопанска наука липсва експериментално потвърждение на приложението на биовъглена. Проучванията за използването на биовъглена се извършват главно върху почви при тропически и влажни климатични условия, които са по-деградирали, с липса на почвен органичен въглерод (Šeremešić et al., 2015; Tian et al., 2018; Yadav et al., 2018).

Следователно целта на настоящото проучване е да се изследва приложението на дървени въглища в зеленчукопроизводството при биологично производство. Проследен е доби-

applications of biochar and activated carbon increasingly overlap, awareness of the “other” domain in each case can be beneficial. Nowadays both biochar and activated carbon are used for soil remediation, which before has been solely an application of activated carbon. When the activated carbon is not removed after the application and if this activated carbon was produced from renewable feedstock and is complying to further specifications, it can be considered as biochar (Laird 2008; Woolf et al., 2010; Hagemann et al., 2018; Yadav et al., 2018).

Many studies confirmed that soil incorporated with biochars can improve plant growing (Šeremešić et al., 2015; Tian et al., 2018; Yadav et al., 2018). According to Tian et al., (2018) biochar incorporation induces soil alkalization which can increase soil nitrification and nitrogen (N) levels. Increases in soil pH are likely to affect electrical conductivity (EC), cation exchange capacity (CEC) and increase alkaline metal (Mg^{2+}, Ca^{2+} and K^{+}) oxides.

Likewise, it reduces soluble forms of aluminum, which is suggested as the most significant biochar factor affecting P solubility (De Luca et al., 2009; Tian et al., 2018; Yadav et al., 2018).

Beneficial effects of biochar have been elaborated in studies word wide. However, there is a lack of experimental confirmation of the biochar application in our agricultural science. Researches of biochar use have been mainly conducted on soils under tropical and humid climatic conditions, which are more degraded and have a lack of soil organic carbon (Šeremešić et al., 2015; Tian et al., 2018; Yadav et al., 2018).

Therefore, the aim of this study is to research the charcoal application in vegetable farming under organic conditions. The parameter that is followed is pepper yield under temperate climatic във на пипер при умерени климатични условия. За биологичното производство е много важно да се избере подходящ сорт, който да се отглежда според екологичните принципи (Vasić, 2016). Общата площ на сертифициране (като се има предвид органичния статус на парцелите в периода на преобразуване в Сърбия е 7 998 ha, плюс ливади и пасища 1549 ha. През 2014 г. зеленчуците представляват само 2% от сертифицираните видове растения.

conditions. For the organic production, it is very important to choose the right genotype to be grown according to ecological principles (Vasić, 2016). The total area under certification (taking into account the organic status of the plots and plots in the conversion period) in Serbia is 7,998 ha, plus meadows and pastures of 1,549 ha. In 2014, vegetables accounted for only 2% of the certified plant species.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Експериментът е извършен в местността Трмчаре, община Крушевац в оранжерия по рандомизирана блокова система в 2 повторения. Засадени са 25 растения, третирани с говежда тор и букови дървени въглища и 25 растения, третирани само с говежда тор, като контрола.

Растенията са засадени във фитарии. Ограничени са до две разклонения, чрез прищипване.

Разстоянието между редовете е 40 cm, докато разстоянието между растенията в един ред е 30 cm. Производството на разсад от генотип Amanda започва през 20 март 2019 г. в стъклена оранжерия, а растенията са засадени на 20 май 2019 г. в парник. Преди сеитба почвата е подготвена чрез добавка на говежди тор в количество от 200 kg на 60 m^2 на дълбочината на сеитбения слой. Седем дни преди засаждане, на дълбочината на сеитбения слой е внесена смес от говежди тор в количество 200 g/растение и 200 g/растение букови дървени въглища. Контролата не е обработена с букови дървени въглища, а само с говежда тор в количество от 200 g/растение. Използваният за тази цел активен въглен е произведен от естествени суровини и получен чрез карбонизиране на бук, подбран съгласно строго определени технически изисквания чрез активиране на пара в статична пещ.

Благодарение на своя органичен

MATERIAL AND METHODS

The experiment was set up at Trmčare locality, Kruševac municipality in a greenhouse according to a random block system in 2 replicates, planting 25 plants treated with cow manure and retort beech charcoal and 25 plants treated only with cow manure as a control.

The peppers were planted in the rafters. The plants were pinched on two branches, as a binder used as a support for the pepper plants.

The row spacing was 40 cm, while the plant spacing in one row was 30 cm. The production of pepper Amanda genotype seedlings has been started on 20 March, 2019 in the glasshouse, and the seedling has been done on 20 May, 2019 in the greenhouse. Before sowing, the soil was prepared by adding cow manure in the amount of 200 kg per 60 m^2 at the depth of the sowing layer. Seven days before planting, a mixture of cow manure in the amount of 200 g/plant and 200 g/plant of retort beech charcoal was introduced at the depth of the sowing layer. The control was not treated with retorted beech charcoal, but only with cow manure in the amount of 200 g/plant. The activated charcoal used for this purpose was produced from natural raw materials and obtained by carbonation of beech, selected according to strictly defined technical requirements by activation of steam in a static furnace.

Due to its organic origin and

произход и метод на производство, дървените въглища имат определена степен на активност (йодно число от 233-750 mg/g), която му позволява да запазва водни запаси и по този начин осигурява нужната влага за растенията. Използването на активен въглен в биологичното производство е много полезно поради въвеждането на N, P, K, микроелементи (mg/kg: Ca-8590, Mg-1260, K-7400, P-380, S-350 Mn-32, Fe-230, Zn-20, Cu-23), органични вещества, хуминови киселини и аминокиселини, които подпомагат растежа на растенията и подобряват здравния им статус. Структурата на материала гарантира, че почвата е рохкава, тъй като не се разтваря в нея. В този експеримент се използва активен въглен с гранулометрия от 0-2.5 mm. Пепелта на така получения материал има високо съдържание на елементи като оксиди на калий, калций и магнезий.

Също така, активният въглен съдържа по-висок процент дървени въглища, така че има фосфати в пепелта, което е отличен източник на този микроелемент за растението. Поради произхода и съдържанието на алкални метали, pH на този материал е 9-11.

Чушките са отглеждани на отделно растение. Следните показатели са наблюдавани в експеримента: добив на плодове от растение и брой плодове на растение. Използван е дисперсионен анализ (ANOVA) в статистическата програма Statistica 8 за изследване на разликите в измерените характеристики между третираните и нетретирани растения на пипер и техните взаимодействия, като се използва Т-тестът на Стюдент с ниво на значимост 0.05. Резултатите са представени в графика.

production method, charcoal has a certain degree of activity (iodine number of 233-750 mg/g), which allows it to retain water reserves and thus provide the moisture needed by the plant.

The use of activated carbon in organic production is very useful because of the introduction of N, P, K, trace elements (mg/kg: Ca-8590, Mg-1260, K-7400, P-380, S-350 Mn-32, Fe-230, Zn-20, Cu-23), organic substances, humic acids and amino acids that help the plant's level and improve their health. The granulometric range of the material ensures that the soil is loose because it does not dissolve in the soil. Activated carbon granulometry 0-2.5 mm was used in this experiment. The ashes of the material thus obtained have a high level of elements such as oxides of potassium, calcium and magnesium.

Also, activated charcoal contains a higher percentage of charcoal so it has phosphates in ash, which is an excellent source of this microelement for the plant. Due to the origin and content of alkali metals, the pH of this material is 9-11.

Peppers were grown on a single tree. The following parameters were monitored in the experiment: fruit yield per plant and number of fruits per plant.

Analysis of variance (ANOVA) in Statistica 8 statistical program was used to examine differences in the measured characteristics between treated and untreated pepper plants and their interaction, using the Student's T-test of significance level 0.05. The results were presented in a graph.

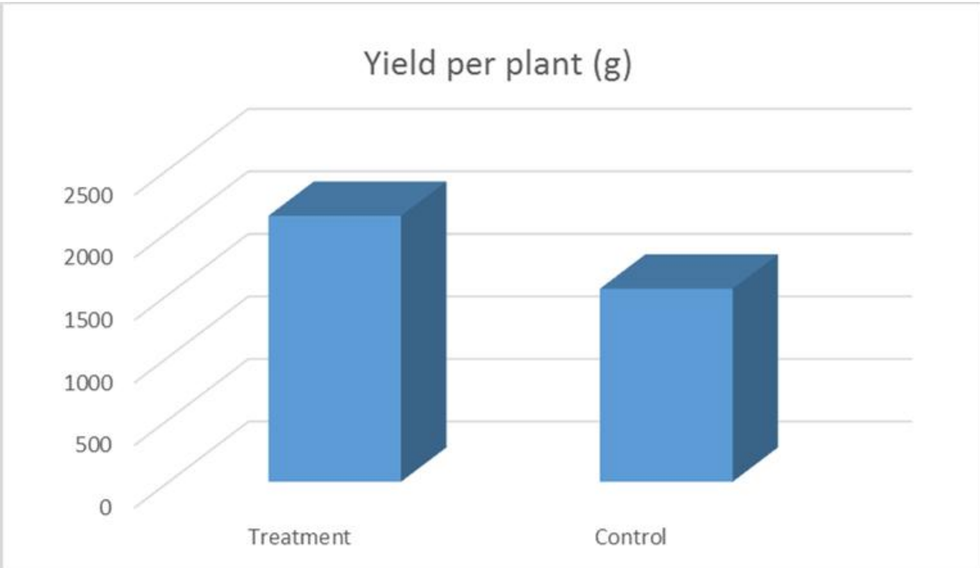
РЕЗУЛТАТИ

Добивът от третираните растения е средно 2125.00 g от растение, а в контролните растения средно 1543.00 g (Фигура 1). Масата на плода е характеристика на генотипа и е един от

RESULTS

The yield of treated plants averaged 2,125.00 g per plant and in the control plants averaged 1,543.00 g (Figure 1). Fruit mass is a genotype characteristic and is one of the factors факторите, които определят нейното предназначение.

that determine its purpose.



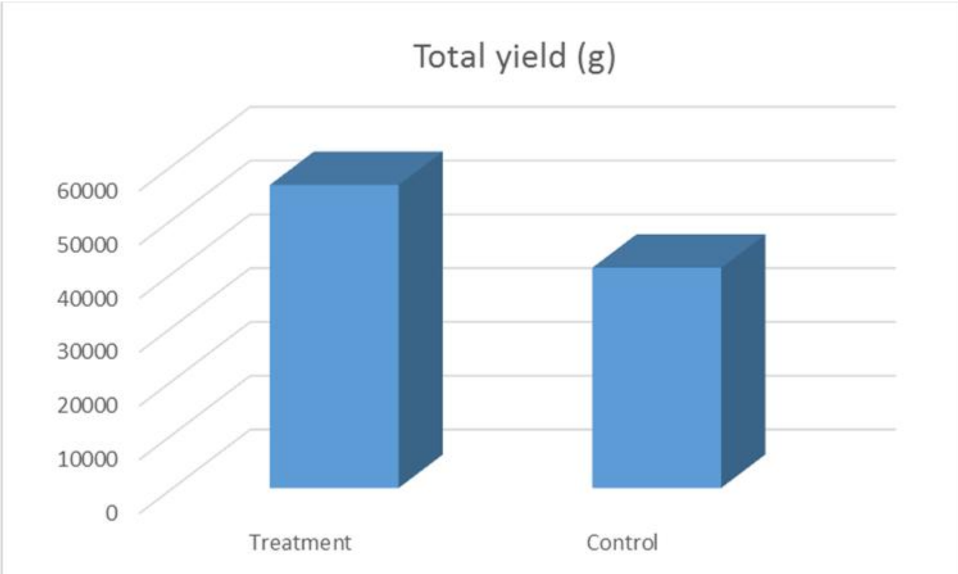
Фиг. 1. Влияние на различните варианти на торене и контролата върху добива (грам на растение)
Fig. 1. Effect of treatment and control on yield of the friut (grams per plant)

Дисперсионният анализ (ANOVA) за добив на плодове (грам на растение) показа статистически значима разлика между растенията, третирани с букови дървени въглища, и нетретираните растения, както и техните взаимодействия. По конкретно, беше установено, че третираните растения имат статистически значително по-висок добив от плодове (в грам от растение), отколкото растенията от контролата.

Установено е също, че има статистически значима разлика между общия добив на чушки и броя им от третираните в сравнение с контролните растения (Фигури 2 и 3).

Analysis of variance (ANOVA) for fruit yield (grams per plant) indicated a statistically significant difference between plants treated with retorted beech charcoal and non-treated plants as well as their interactions. Specifically, it was found that the plants from the treatment had a statistically significantly higher fruit yield (in grams per plant) than the plants from the control.

It was also found that there was a statistically significant difference between the total fruit yield and the number of fruits on the pepper plants under treatment compared to the control plants (Figures 2 and 3).



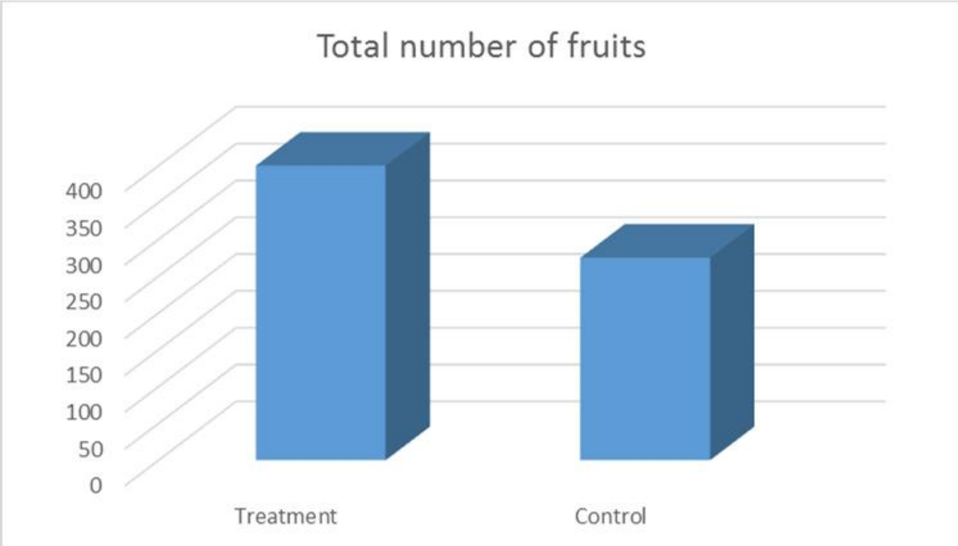
Фиг. 2. Общ добив от плодове (грамове) от третирани и нетретирани растения на пипер с букови въглени въглища
Fig. 2. Total fruit yield (grams) of treated and untreated pepper plants with retorted beech charcoal

Третираните растения и контролата са различни, както в общия добив на плодове от растение, време за прибиране на реколтата, така и при плододаването във времето. При растенията, третирани с дървени въглища, първите плодове са събрани на 28 юли 2019 г., а първата реколта от контролните растения е прибрана на 7 август 2019 г. Установи се също, че третираните растения имат по-равномерно разпределение на плодовете отколкото реколтата от контролните растения. Растенията, третирани с активен въглен, започват да дават плодове по-рано, в сравнение с контролните. Установено е също, че третираните растения имат по-голям брой по-малки и еднакви по размер плодове в сравнение с контролните растения, които имат по-малък брой по-големи плодове, с нееднакви размери (Фигура 3).

Treatment and control varied, both in total fruit yield per plant, harvest time and fruit yield over time. In plants treated with charcoal the first fruits were harvested on July 28, 2019 and the first harvest for plants in control was on August 7, 2019.

It was also observed that the plants in the treatment had more even distribution of fruits for harvest than the plants in the control. Plants treated with activated charcoal began to bear fruits rather than plants in control.

It was also found that the plants under treatment had a larger number of smaller and uniform fruit sizes compared to control plants that had a smaller number of larger fruits, of unequal size (Figure 3).



Фиг. 3. Влияние на третираните варианти и контролата върху общия брой плодове

Fig. 3. Effect of treatment and control on total number of fruits

Разликите в добива между третираните и контролните растения при всяка отделна реколта са статистически значими, а най-малката разлика е в последната реколта. Средно при третирането и контролата, най-висок добив е регистриран при последната реколта (Фигури 1, 2 и 3).

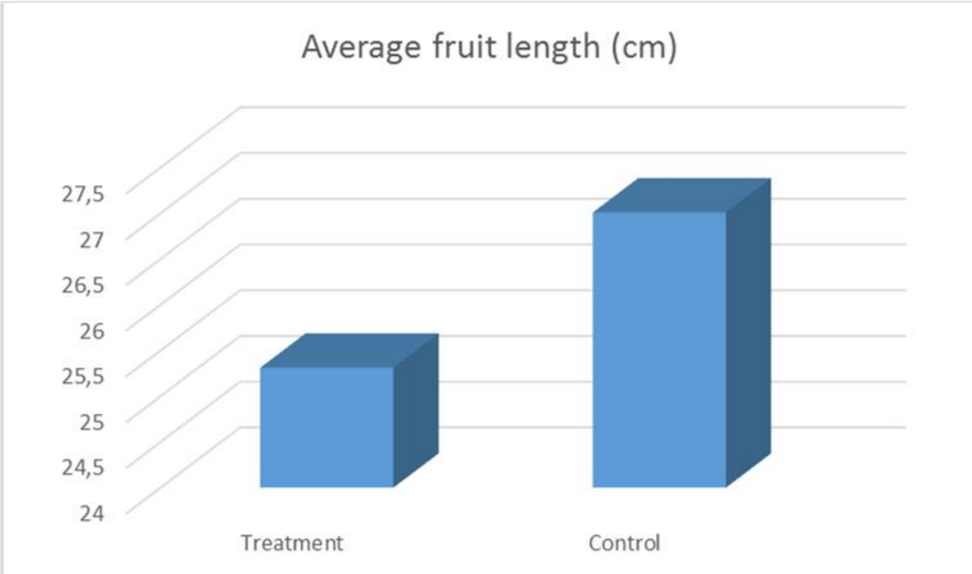
Общият добив на плодове за третираните растения е 56 348.00 g, а за контролните растения - 40 940.00 g.

Наблюдавани са също размерите на плодовете и след обработка на статистическите данни се установени, че третираните плодове са по-малки от контролата (Фигура 4, 5).

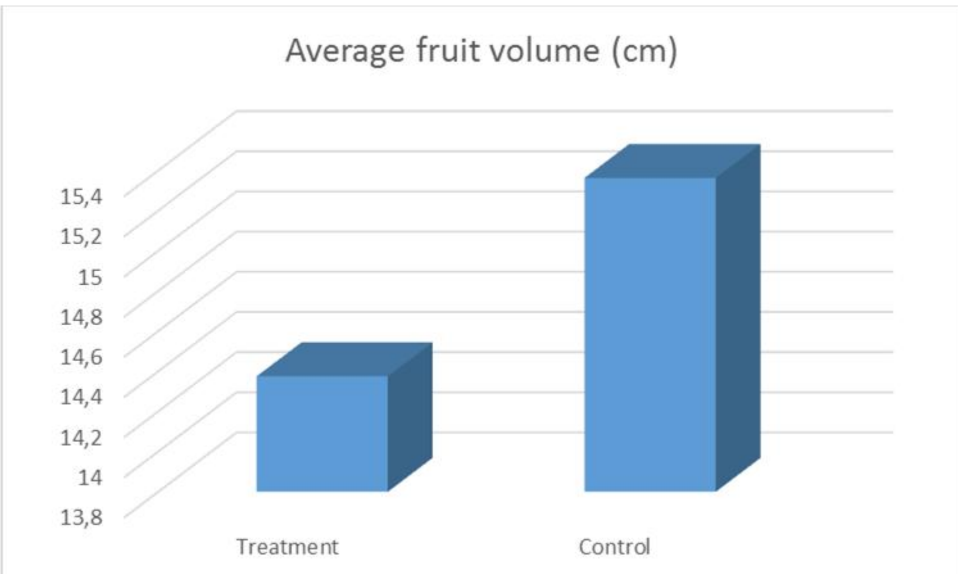
The differences in yield between treatment and control within each individual harvest were statistically significant, with the smallest difference within the last harvest. On average, in treatment and control, the highest yield was recorded at the last harvest (Figures 1, 2 and 3).

The total fruit yield for the pepper plants under treatment was 56,348.00 g and for the control plants 40,940.00 g.

We also monitored the dimension of the fruits and after statistical data processing it was observed that the fruits from the treatment were smaller than the fruits from the control (Figure 4, 5).



Фиг. 4. Влияние на третираните варианти и контролата върху размерите на плодовете на пипер
Fig. 4. Effect of treatment and control on the dimension of pepper fruit



Фиг. 5. Влияние на третираните варианти и контролата върху размера на плодове от домат
Fig. 5. Effect of treatment and control on the dimension of tomato fruit

ОБСЪЖДАНЕ

Оптималните температури и светлината в ранните етапи на развитие определят добива и качеството на плодовете (Rylski et al., 1994).

Според Bogdanović et al. (2012), най-високи добиви на пипер от сорт Амфора, върху и без фолио, са получени при: торене, след това компостиране със свински тор, земен червей, прегоряла оборска тор, а най-ниски при приложение само на минерални торове (NPK). По-голямо въздействие на торта върху добива на пипер в сравнение с други приложени органични торове се дължи на технологията му на производство и неговия състав. Fertor е гранулиран органичен пилешки тор, който се добавя към други органични вещества от растителен произход и съдържа всички биогенни елементи. Също така, третирането с компостирана свинска тор е довело до по-високи добиви от пипер отглеждан с фолио в сравнение с глутена, прегоряла говежда тор и минерални торове (NPK), което се обяснява с много по-високата разтворимост и наличието на биогенни елементи, предимно азот. отколкото в компостиралата свинска тор, по отношение на други системи за торене. Според изследвания на Denić (2010) върху царевицата и Bogdanović et al. (1995) върху пшеницата въздействието на NO3-N от течна свинска тор през годината на прилагане върху добива е идентичен с въздействието на прилаганите минерални торове (локално цит. Bogdanović et al., 2012).

В настоящето проучване е установено, че растения, третирани с букови дървени въглища, имат по-висок общ добив на плодове от растение, както и в сравнение с контролните растения. Така за третираните растения първата реколта е прибрана на 28 юли, докато за растенията от контрола първата реколта е прибрана на 7 август 2019. Добивът на плодовете се обуславя главно от генетични полигенни

DISCUSSION

Optimal temperatures and brightness in the early stages of development determine the yield and quality of the fruit (Rylski et al., 1994).

According to Bogdanović et al. (2012) of applied organic fertilizers, the highest yields of pepper of the Amfora variety, on and without foil, were achieved with: fertilizer system, then composted pig manure, earthworm, burnt bovine manure, and the lowest only with mineral fertilizers (NPK). The greater effect of fertilizer on pepper yield compared to other applied organic fertilizers results from the technology of production of this fertilizer and its composition. Fertor is pelleted organic chicken manure that has been added to other organic materials of plant origin and contains all biogenic elements.

Also, treatments using composted pig manure resulted in higher pepper and foil yields than gluten, burnt cow manure and mineral fertilizers (NPK), which could be explained by the much higher solubility and presence of biogenic elements, primarily nitrogen, from composted pig manure, relative to other fertilization systems.

According to research by Denić (2010) on maize and Bogdanović et al. (1995) on wheat the effect of NO3-N from liquid pig manure in the year of application to yield was identical to the effect of applied mineral fertilizers (loc. cit. Bogdanović et al., 2012).

In this study, it was found that plants treated with beech retort charcoal had a higher total fruit yield per plant as well as compared to control plants.

Thus, for the plants from the treatment the first harvest was already on July 28, while for the plants from the control the first harvest was on August 7, 2019. Fruit yield is conditioned primarily by genetic polygenic factors, but is also dependent фактори, но също така зависи от външна среда. От настоящото проучване става ясно, че буковите дървени въглища оказват положително въздействие върху добива на домати в оранжерия.

Най-едрите плодове са получени от първия етаж, след което размера става по-малък. Различните сортове пипер узряват и могат да се берат многократно. От торенето до периода на технологична зрялост, в зависимост от сорта и условията на отглеждане, обикновено отнема около 30 дни. Чушките могат да се събират също и във фаза на физиологична (ботаническа) зрялост, когато цветът на плода им е червен, оранжев или лилав. Тази зрялост на плодовете най-често се използва в промишлената преработка. Добивът на плодове от пипер при физиологична зрялост често е с 50% понисък от този, получен при технологична зрялост. При забавяне прибирането на реколтата, добивът също може да се понижи с 30%. Плодове със средно късна и късна зрялост, която е характерна за нашия район, са готови за прибиране в края на юли и началото на август и продължава до периода на застудяване (Gvozdenović et al., 2006).

В литературата няма данни за въздействието на буковите дървени въглища върху добива на пипер.

Положително увеличаване на добива и биомасата е установен при приложение на биовъглен произведен от дървесина, целулоза, дървесни стърготини и птичи тор. Yadav et al. (2018) правят преглед на данни от 59 съдови опити и 57 полски експеримента от 21 държави и установяват, че производителността на културите се увеличава средно с 11%. Yadav et al. (2018) също откриват ползи при полски условия, обикновено под 30 t ha^{-1} и посочват, че увеличаването на продуктивността на културите варира според вида им, като по-голямо повишаване има при бобовите култури (30%), зеленчуците (29%) и житните (14 %) в сравнение със

on the external environment. It is clear from this study that beech retort charcoal has a positive effect on tomato yield in the greenhouse.

The largest are the fruits of the first floor, and after that the size decreases. Bouquets of pepper varieties are matured and can also be harvested multiple times. From fertilization to technological maturity, depending on the variety and growing conditions, it usually takes about 30 days.

Peppers can also be harvested at physiological (botanical) ripeness, when it has a red, orange or purple fruit color. Such fruit maturity is most commonly used in industrial processing. Pepper fruit yield at physiological maturity is often 50% lower than that achieved at technological maturity.

With the delay in harvesting the fruit, the yield can also be reduced by 30%. Medium late and late production, which is characteristic of our area, arrives for harvest in late July and early August, and takes place until the occurrence of frosts (Gvozdenović et al., 2006).

There are no data in the literature on the effect of retorted beech charcoal on pepper yield.

Positive crop and biomass yield was found for biochar produced from wood, paper pulp, wood chips and poultry litter. Yadav et al. (2018) reviewed published data from 59 pot experiments and 57 field experiments from 21 countries and found crop productivity increased by 11% on average.

Also, Yadav et al. (2018) found benefits at field application rates typically below 30 t ha^{-1} field application and reported that increases in crop productivity varied with crop type with greater increases for legume crops (30%), vegetables (29%), and grasses (14%) compared to cereal crops corn (8%), wheat (11%), and rice зърнените култури като царевица (8%), пшеница (11%) и ориз (7%). Данните са в съответствие с резултатите от настоящата статия.

Според Yamato et al. (2006) производството на царевица е значително повишено след прилагането на дървени въглища в бедна почва. Положителният ефект от добавянето на биовъглен върху суха царевична биомаса може да се дължи на по-голямо азотно сдържане на почвата, което се наблюдава от Baronti et al. (2010).

Тези резултати са само предварителни. Следва да бъдат предприети допълнителни подробни проучвания, за да се намери най-оптималното количество и период за прилагане на букови дървени въглища за отглеждането на култури в Сърбия.

(7%). These data are consistent with the results of this paper.

According to Yamato et al. (2006) maize production was significantly increased after the application of bark charcoal under a fertilized condition in an infertile soil environment. A positive effect of biochar addition on maize dry biomass could be ascribed to higher soil N-retention that was observed by Baronti et al. (2010).

These are only preliminary results. Further detailed investigations should be undertaken in order to find the most optimal amount and time of application of beech retort charcoal in crops under the climatic conditions of Serbia.

ИЗВОДИ

Най-висок добив е постигнат при растения с приложение на активен въглен, докато добивът от контролните растения е с 27.35% по-нисък. Настоящото проучване показва положителното въздействие на букови дървени въглища върху добив от пипер в оранжерия.

CONCLUSIONS

The highest fruit yield was achieved on activated carbon plants, while the yield on control plants was 27.35% lower. This study indicates the positive impact of retorted beech charcoal on the yield of pepper plants in the greenhouse.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Baronti, S., G. Alberti, G.D. Vedove, F.D. Gennaro, G. Fellet, L. Genesio, F. Miglietta, A. Peressotti and F.P. Vaccari**, 2010. The Biochar Option to Improve Plant Yields: First Results from Some Field and Pot Experiments in Italy, *Italian J. Agron.,* 5: 3-12.
2. **Biederman, L.A.** and **W.S. Harpole**, 2013. Biochar and Its Effects on Plant Productivity and Nutrient Cycling: a Meta-analysis, *GCB Bioenergy,* 5: 202-214.
3. **Bogosavljević, D., Ž. Ilin** and **R. Čabilovski**, 2012. Uticaj Sistema Đubrenja i Nastiranja Zemljišta na Prinos Paprike Sorte Amfora. *Letopis naučnih radova,* 36(1), 53-62.
4. **Chan, K.Y., L. Van Zwieten, I. Meszaros, A. Downie, S. Joseph**, 2007. Agronomic Values of Green- Waste Biochar as a Soil Amendment, *Australian J. Soil Res.,* 45: 629-634.
5. **De Luca, T.H., M.D. Mac Kenzie and M.J. Gundale,** 2009. Biochar Effects on Soil Nutrient Transformation. In: J Lehmann, S Joseph (Ed.), Biochar for Environmental Management Science and Technology. Earthscan, London, pp. 251-280.
6. **Gvozdenović, Đ., D. Bugarski, A. Takač and J. Červenski,** 2006. Proizvodja Povrtarske Paprika na Otvorenom Polju iz Rasada. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo. *Zbornik radova, sveska,* 42: 241-258.

7. **Hagemann, N., K. Kurt Spokas, H.P. Schmidt, R. Kägi, M.A. Böhler, D. Thomas and T.D. Bucheli**, 2018. Activated Carbon, Biochar and Charcoal: Linkages and Synergies across Pyrogenic Carbon's ABCs. *Water*, 10, 182; doi:10.3390/w10020182 www.mdpi.com/journal/water.

8. http://webrzs.stat.gov.rs (accessed March 2020).

9. **Laird, D.,** 2008. The charcoal Vision: A win-win-win Scenario for Simultaneously Producing Bioenergy, Permanently Sequestering Carbon, while Improving Soil and Water Quality. *Agron. J.,* 100: 178-181.

10. Lehmann, J., J. Gaunt and **M. Rondon,** 2005. Bio-char Sequestration in Terrestrial Ecosystems – a review, *Mitig. Adapt. Strat. Glob. Change,* 11: 403-427**.**

11. **Mann, C.C**., 2005. New Revelations of the Americas before Columbus. Vintage and Anchor Books, New York pp. 1-576.

12. **Rylski, I., B. Aloni, L. Karni and Z. Zaidman,** 1994. Flowering, Fruit Set, Fruit Development and Fruit Quality under Different Environmental Conditions in Tomato and Pepper Crops. *Acta Hortic*, 366: 45-56.

13. **Tepić, A.,** 2009. Karakteristike Oleorizina Mlevene Začinske Paprika Dobijenog Klasičnom i Ekstrakcijom Superkritičnim Ugljen-dioksidom. Doktorska disertacija, Tehnološki fakultet, Novi Sad, pp. 1-145.

14. **Tian, X., C. Li, M. Zhang, Y. Wan, Z. Xie and B. Chen,** 2018. Biochar Derived from Corn Straw Affected Availability and Distribution of Soil Nutrients and Cotton Yield. PLoS ONE 13(1): e0189924. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189924.

15. **Woolf, D., J.E. Amonette, F.A. Street-Perrott, J. Lehmann and S. Joseph,** 2010. Sustainable Biochar to Mitigate Global Climate Change. *Nature comm.* 1: 56.

16. **Yadav, N.K., K. Vijay, K.R. Sharma, R.S. Choudhary, T.S. Butter, G. Singh, M. Kumar and R. Kumar,** 2018. Biochar and Their Impacts on Soil Properties and Crop Productivity: a review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(4), 49-54.

17. **Yamato, M., Y. Okimori, I.F. Wibowo, S. Anshori and M. Ogawa,** 2006. Effects of the Application of Charred Bark in Acacia Mangium on the Yield of Maize, Cowpea, Peanut and Soil Chemical Properties in South Sumatra, Indonesia. *Soil Sci. Plant Nutr.,* 52: 489-495.

18. **Šeremešić, S., M. Živanov, D. Milošev, J. Vasin, V. Ćirić and M. Vasiljević, N. Ujić,** 2015. Effects of Biochar Application on Morphological Traits in Maize and Soybean. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke. Matica Srpska J. Nat. Sci*., Novi Sad, N 129, 17-25.

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2020, 23 (1), 197-208
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan
ISSN 1311-0489 (Print)
ISSN 2367-8364 (Online)

Добив и качество на оранжерийни домати при различни нива на напояване и торене

Галина Патаманска[1]*, Иванка Митова[1], Даниела Митева[2], Антоанета Гигова[1]

[1] *Институт по почвознание,агротехнологии и защита на растенията „Никола Пушкаров“, 1331 София, България*
[2] *Институт по криобиология и хранителни технологии, 1407 София, България*

Yield and Fruit Quality of Greenhouse Tomato in Response to Different Level of Irrigation and Fertilization

Galina Patamanska[1]*, Ivanka Mitova[1], Daniela Miteva[2], Antoaneta Gigova[1]

[1] *Institute of Soil Science, Agrotechnologies and Plant Protection "Nikola Pushkarov", 1331 Sofia, Bulgaria*
[2] *Institute of Cryobiology and Food Technology, 1407 Sofia, Bulgaria*
**E-mail: patamanska_g@yahoo.com*

Original scientific paper

РЕЗЮМЕ

Изследвано е влиянието на оптималното и дефицитно напояване с прилагане на нарастващи торови норми на добива и качеството на домати, сорт Solanum lycopersicum 'Big Beef', отглеждани в неотопляема тунелна оранжерия при капково напояване и фертигация. Експериментът е проведен на опитното поле Челопечене на Института по почвознание, агротехнологии и защита на растенията „Никола Пушкаров“, гр. София през 2019 г. Изпитани са следните варианти: V_1T_0 – оптимално напояване с поливна норма, определена по евапотранспирацията; V_1T_1 – оптимално напояване, торене $N_{8.95}$ $P_{11.82}$ $K_{13.87}$; V_1T_2 – оптимално напояване, торене $N_{11.59}$ $P_{15.84}$ $K_{17.74}$; V_1T_3 – оптимално напояване; торене $N_{14.50}$ $P_{20.13}$ $K_{1.88}$; V_2T_0 – дефицитно напояване (60% ETc); V_2T_1 – дефицитно напояване, торене $N_{8.95}$

SUMMARY

In this study, the effect of optimal and deficit irrigation by applying increasing rates of fertilization on yield and fruit quality of tomato (Solanum lycopersicum 'Big Beef') cultivated under drip fertigation with mulch in unheated tunnel greenhouse was tested. The experiment was conducted in the Chelopechene experimental field of the Institute of soil science, agrotechnologies and plant protection in town of Sofia, Bulgaria in 2019. The following treatments were tested: V_1T_0 – full irrigation at irrigation rate estimated by evapotranspiration; V_1T_1 – full irrigation, fertilization $N_{8.95}$ $P_{11.82}$ $K_{13.87}$; V_1T_2 – full irrigation, fertilization $N_{11.59}$ $P_{15.84}$ $K_{17.74}$; V_1T_3 – full irrigation; fertilization $N_{14.50}$ $P_{20.13}$ $K_{1.88}$; V_2T_0 – deficit irrigation (60% ETc); V_2T_1 – deficit irrigation, fertilization $N_{8.95}$ $P_{11.82}$ $K_{13.87}$; V_2T_2 – deficit irrigation;

$P_{11.82}$ $K_{13.87}$; V_2T_2 – дефицитно напояване; торене $N_{11.59}$ $P_{15.84}$ $K_{17.74}$; V_2T_3 – дефицитно напояване, торене $N_{14.50}$ $P_{20.13}$ $K_{1.88}$. Добивът и качеството на доматите са определени по варианти. Експерименталните резултати показват, че количеството на водата за напояване и на вложените торове влияят върху продуктивността на доматите. Най-високият добив на домати е получен от вариант V_1T_3 – 80.4 t/ha, при който са най-високи поливната и торова норма. Намаляването на поливната норма с 40% води до по-ниски добиви за варианти V_2T_0 – V_2T_3 в сравнение с вариантите V_1T_0 – V_1T_3 с оптимално напояване. При направените физикохимични анализи са получени по-високи стойности за параметрите сухо вещество, редуциращи захари, витамин С и титруема киселинност за доматите, отглеждани при дефицитно напояване в сравнение с тези, напоявани оптимално.

Ключови думи: домати, капково напояване, фертигация, добив, качество, оранжерия

fertilization $N_{11.59}$ $P_{15.84}$ $K_{17.74}$; V_2T_3 – deficit irrigation, fertilization $N_{14.50}$ $P_{20.13}$ $K_{1.88}$.

The yield and quality of tomatoes were determined by treatments. The experimental results show that the amount of water supplied for irrigation and fertilizer input affect the tomato productivity. The highest yield was obtained from the treatment V_1T_3 - 80.4 t ha^{-1}, at which the highest irrigation and fertilizer rate were applied. Reducing the irrigation rate by 40% leads to lower yields for the V_2T_0 – V_2T_3 deficit irrigation treatments compared to the V_1T_0 – V_1T_3 full irrigation treatments. In the physicochemical analyses performed, higher values of total soluble solids, reducing sugars, vitamin C and titratable acidity were obtained for tomatoes grown under deficit irrigation compared to those under full irrigation.

Key words: tomato, drip irrigation, fertigation, yield, fruit quality, greenhouse

УВОД

През последните години доматите придобиха широка популярност в света като здравословна храна, която може да помогне за намаляване на риска от възникване на определени болести при хората в т.ч. и рак. За България те са традиционен зеленчук и предпочитана храна.

Доматите са една от най-важните култури за производство в оранжериите. Независимо, че за България през 2018 г. общата оранжерийна площ е в рамките на 916 ha, което е едва 2,08 % от всички площи, на които се отглеждат зеленчуци, благодарение на високата интензивност на оранжерийното производство, делът на оранжерийно отгледаните домати е почти 74 % от произведените в страната (MAFF, 2019).

Доматите имат голямо водопотребление, което изисква напояване по време на отглеждането им (Patane et

INTRODUCTION

In recent years, tomato has gained widespread popularity worldwide as a healthy food that can help reduce the risk of certain human diseases, including cancer. For Bulgaria they are a traditional vegetable and a favourite food.

Tomatoes are one of the most important crops cultivated in greenhouses. Although the total greenhouse area in Bulgaria was within 916 ha in 2018, which was only 2.08% of total vegetable area, because of the high intensity of greenhouse production, the share of greenhouse tomatoes is almost 74% of those produced in the country. (MAFF, 2019).

Tomato has high water requirements (Patane et al., 2011) and irrigation is needed during the cultivation.

al., 2011). При оранжерийното отглеждане, за доставянето на необходимата вода за напояване се разчита единствено на напоителната система, поради което въпросът за ефективното й действие е от особен интерес. През последните години в оранжериите широко се използват системи за капково напояване, които позволяват подаване на необходимата вода за напояване на растенията непосредствено в активния почвен слой без повърхностни и дълбочинни загуби на вода, при минимални загуби от изпарение и филтрация. Капковото напояване, съчетано с внасяне на минерални торове (фертигация) през вегетационния период на растенията, води до получаване на високи добиви. Но неефективното използване на торове може да доведе до компрометиране на добивите, влошаване на почвеното плодородие, качеството на получената продукция и да нанесе сериозни екологични щети.

Все повече изследвания в света са посветени върху ефектите на напояването и прилагането на торове върху добива на домати и качеството на плодовете им (Du et al., 2017, Wang and Xing, 2017).

Целта на това изследване е да се проучи влиянието на оптималното и дефицитно напояване с прилагане на нарастващи торови норми върху добива и качеството на оранжерийни домати, отглеждани в неотопляема тунелна оранжерия при капково напояване и мулчиране.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Изследването се проведе на територията на опитното поле „Челопечене" на ИПАЗР „Никола Пушкаров"в неотопляема полиетиленова оранжерия с размери 7.9 x 53 m и обща площ 420 m^2.

Опитното поле с географски координати: 42°44′22.8″N, 23°28′3.7″E, е част от Софийското поле, разположено на средна надморска височина 550 m.

In greenhouse cultivation, the irrigation system is only source for water supply and the question of its effectiveness is of particular interest.

In recent years, drip irrigation systems have been widely used in the greenhouses, which allow supply of the needed water for irrigation to the plants directly into the active soil layer without surface and deep water losses, with minimal losses of evaporation and filtration.

Drip irrigation with the application of mineral fertilizers (fertigation) during the vegetation period of the plants leads to high yields.

Inefficient use of fertilizers can result in compromised yields, deteriorating soil fertility, quality of the production and cause serious environmental damage.

More studies worldwide are dedicated to the effects of drip fertigation on the yield of tomato and the fruit quality. (Du et al., 2017, Wang and Xing, 2017).

The aim of this study was to investigate the effect of optimal and deficit irrigation by applying increasing rates of fertilization on yield and fruit quality of tomato (Solanum lycopersicum 'Big Beef') cultivated under drip fertigation with mulch in unheated tunnel greenhouse.

MATERIAL AND METHODS

The study was conducted in the Chelopechene experimental field of the Institute of soil science, agrotechnologies and plant protection in town of Sofia, Bulgaria in an unheated polyethylene tunnel-type greenhouse with dimensions of 7.9 x 53 m and a total area of 420 m^2 in 2019. The experimental field with geographical coordinates: 42 ° 44′22.8″N, 23 ° 28′3.7″E is a part of the Sofia Field, located at 550 m above sea level. This area has

Климатът е континентален със студена зима. Почвата е канелена горска, излужена и може да бъде определена като средно до силно водопропусклива със средна филтрационна способност.

Обект на изследването са домати сорт (*Solanum lycopersicum “Big Beef”*).

Проведен е двуфакторен експеримент с фактори на опита – напояване и торене. Факторът напояване се прилага с две нива: V_1 – оптимално напояване с поливна норма, определена по евапотранспирацията (ET_c) и V_2 – дефицитно напояване с 60% от оптималната поливна норма. Факторът торене се прилага с 4 нива: T_0 – без торене, T_1 – субоптимално торене $N_{8.95}$ $P_{11.82}$ $K_{13.87}$, T_2 –оптимално торене $N_{11.59}$ $P_{15.84}$ $K_{17.74,}$ T_3 – луксозно хранене $N_{14.50}$ $P_{20.13}$ $K_{21.88}$.

Изпитват се осем варианта: V_1T_0, V_1T_1, V_1T_2, V_1T_3, V_2T_0, V_2T_1, V_2T_2, V_2T_3.

Схемата на опита е по метода с дългите парцели. Големината на опитната парцела е 24 m^2 и се състои от два реда домати с общо 81 растения. Те са засадени шахматно на разстояние 0.6 m при разстояние между редовете 0.5 m.

Поливането се осъществява със система за капково напояване, състояща се от команден възел и две батерии с по две поливни крила на леха, разположени до двата реда домати. Поливните крила са с вградени през 60 cm капкообразуватели с дебит 1.5 l/h. Обемът на подаваната вода към батериите се контролира с водомери, монтирани на главните тръбопроводи. За допълнително намаляване на загубите от вода се прилага мулчиране. Използвано е черно полиетиленово мулчиращо фолио +UV 15 mic/1.20 m.

Непосредствено след засаждането на доматите на постоянно място се реализира една поливка 1-2 l на растение за прихващане и още една – 7 дни по-късно. В зависимост от стадия на развитие на доматите се провеждат поливки с честота 3-7 дена. Дефицит-

continental climate characterized by cold winter. The soil type of the experimental site is Chromic Luvisol, which can be defined as moderate to strong water-permeable with an average filtration capacity.

The object of the study is tomato variety (Solanum lycopersicum "Big Beef").

A two-factor experiment was performed with experimental factors - irrigation and fertilization. The factor irrigation was applied in two levels: V_1 - – full irrigation at irrigation rate estimated by evapotranspiration (ET_c), V_2 – deficit irrigation (60% ET_c). The factor fertilization was applied at four levels. T_0 – without fertilizer, T_1 – suboptimal fertilization $N_{8.95}$ $P_{11.82}$ $K_{13.87}$, T_2 – optimal fertilization $N_{11.59}$ $P_{15.84}$ $K_{17.74,}$ T_3 – luxury fertilization $N_{14.50}$ $P_{20.13}$ $K_{21.88}$.

The following treatments were tested: V_1T_0, V_1T_1, V_1T_2, V_1T_3, V_2T_0, V_2T_1, V_2T_3, V_2T_4.

The experimental treatments were arranged according to the method with long plots. Each plot has a surface of 24 m^2 and consisted of twin rows of tomato with a total of 81 plants. They are planted „checkerboard“ at a spacing of 0.6 m and at a distance between rows of 0.5 m.

Irrigation was performed with a drip irrigation system, comprising a command unit and two batteries consisting eight laterals situated next to the each row of tomato. The laterals were simple 1.3 l/h dripper lines with a 60 cm emitters spacing. The volume of water supplied to the batteries was controlled by water meters mounted on the main pipelines. Mulching was applied to further reducing the evaporation. Black polyethylene mulch (UV 15 mic/1.20 m) was used.

Immediately after planting the tomatoes in a permanent place, a watering of 1-2 l per plant was carried out to intercept seedlings and next watering 7 days later. Depending on the growth stage of tomatoes, watering was carried out with a frequency of 3-7 days. Deficit irrigation began to be applied from the ното напояване започва да се прилага от началото на формиране на плодовете.

Оптималната поливна норма за вариантите V_1T_0, V_1T_1, V_1T_2, V_1T_3, се определя по сумарната евапотранспирация за периода между две поливки. За всеки ден от вегетационния период евапотранспирацията на доматите се определя по формулата:

beginning of fruit formation.

Irrigation rate for the full irrigation treatments V_2T_0, V_2T_1, V_2T_3, V_2T_4 was determined by the sum of daily evapotranspiration values for the irrigation interval. For each day of the vegetation period the tomato evapotranspiration was determined by the formula:

$$ET_c = kc\ ET_o \quad (1)$$

където ЕТо е еталонната евапотранспирация, *mm*, kc е коефициент на културата.

Еталонната евапотранспирация се изчислява по формулата на Пенман-Монтит (Allen et al., 1998):

where ETo is reference evapotranspiration, (mm) and k_c is crop coefficient.

The reference evapotranspiration was calculated using the Penman-Monteith method (Allen et al., 1998):

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma\frac{900}{T+273}u_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (2)$$

където ЕТо е еталонната евапотранспирация, mm/day, T – среднодневната температура на въздуха (°C); Δ е наклон на кривата на налягането на водните пари (kPa/°C); R_n – нетната радиация (MJ m^{-2}/day); G – топлинният поток от почвата (MJ m^2/day); γ – психрометрична константа (kPa/ °C); u_2 – скорост на вятъра (m/s); e_s – среднодневното налягане на наситените водни пари (kPa); e_a – действително налягане на водните пари (kPa).

Необходимите метеорологични параметри за изчисляването й: температура, относителната влажност на въздух и слънчевата радиация в оранжерията, се измерват с помощта на автоматична метеорологична станция и се записват в дата логер (HOBO USB Micro Data Logger, USA). Микростанцията се разполага в центъра на оранжерията. В Таблица 1. са дадени средно месечни стойности на параметрите на микроклимата в оранжерията и на евапотранспирацията през вегетационния период на доматите.

Коефициентът на културата се

where ET_o is reference evapotranspiration rate, (mm day^{-1}), T is mean air temperature (°C), Δ is slope of the saturated vapor pressure curve(kPa/°C); R_n is net radiation flux (MJ $m^{-2}day^{-1}$); G is sensible heat flux into the soil (MJ m^2day^{-1}); γ is psychrometric constant (kPa/ °C); u_2 is wind speed at 2 m above the ground (m s^{-1}); e_a is mean daily ambient vapor pressure (kPa) and e_s is mean saturated vapor pressure (kPa).

Meteorological parameters necessary for the calculation: temperature, relative humidity of the air and the solar radiation in the greenhouse, were measured using an automatic weather station and recorded in a data logger (HOBO USB Micro Data Logger, USA). The micro station is located in the center of the greenhouse. The average monthly values of the parameters of the microclimate in the greenhouse and evapotranspiration during the growing season of tomato are shown in Table 1.

The values of the crop coefficient for the various stages of the tomato определя за различните фенофази по литературни данни.

development were selected according to literary data.

Таблица 1. Средни месечни параметри на микроклимата в оранжерията през вегетационния период на доматите и евапотранспирация

Table 1. Average microclimatic conditions in greenhouse during the tomato growing season and evapotranspiration

Месец/ Month	Слънчева радиация Solar radiation, W/m^2	Температура Temperature		Относителна влажност RH mean, %	ET_0, mm $month^{-1}$
		Min, °C	Max, °C		
Юни/ June	160.05	13.75	36.62	67.57	4.07
Юли/ July	141.67	13.63	36.14	63.28	4.04
Август/ August	134.36	13.73	36.99	54.04	4.06

През есента е извършено запасяващо торене с 450 kg/ha P_2O_5 и 500 kg/ha K_2O. При засаждането на доматите се извършва азотното подхранване с амониева селитра (450 kg/ha). По време на вегетационния период на доматите едновременно с напояването, се внасят 100% разтворими във вода торове, които съдържат макронутриенти (N, P, K) и микроелементи (Fe, Zn, Mn, Mg, B, Cu, Ca).

В зависимост от стадия на растеж на доматите се прилагат: след засаждане на доматите – минерален тор, съдържащ 16% N, 69% P_2O_5 и 16% K_2O, по време на вегетативното им развитие – тор, съдържащ 27% N, 27% P_2O_5, 27% K_2O и в периода на плодоотдаване прилаганият тор съдържа 18% N, 11% P_2O_5, 59% K_2O, при изменение на торовата норма от 20 до 60 kg/ha. За да се приложи точно торовата норма, е използван хидравличен инжектор за тор MixRite 2.5 и водомер.

Добив и качество на плодовете: През периода на плододаване на доматите се извършват беритби по варианти, като се обират всички плодове, достигнали стопанска зрялост.

Добивът на домати се отчита тегловно (kg) и се преизчислява в $t.ha^{-1}$. В

In the autumn, storage fertilization with 450 kg ha^{-1} P_2O_5 and 500 kg ha^{-1} K_2O was carried out. When planting tomatoes, nitrogen fertilization with ammonium nitrate (450 kg per ha) was performed. During the growing season of tomato simultaneously with irrigation, 100% water-soluble fertilizers were introduced, which contain macronutrients (N, P, K) and microelements (Fe, Zn, Mn, Mg, B, Cu, Ca).

Depending on the growth stage of tomato were applied: after planting tomato - mineral fertilizer containing 16% N, 69% P_2O_5 and 16% K_2O, during their vegetative development - fertilizer containing 27% N, 27% P_2O_5, 27 % K_2O and in the period of fruiting the applied fertilizer contains 18% N, 11% P_2O_5, 59% K_2O, at change of the fertilizer rate from 20 to 60 kg per ha. In order to apply the exact fertilizer rate, a MixRite 2.5 hydraulic fertilizer injector and a water meter were used.

Yield and fruit quality - during the period of fruiting of the tomatoes harvests per treatment were carried out, picking up all the fruits that have reached full maturity.

The yield of tomatoes is read by weight (kg) and recalculated in $t.ha^{-1}$. In три представителни беритби се вземат средни проби от доматените плодове по варианти, като за определяне на качеството се извършват физикохимични анализи за определяне на следните показатели: сухо вещество – с влагомерна везна „Kern“; активна киселинност – с pH-метър „Hanna“; титруема киселинност – по титриметричен метод с 0,1nNaOH; витамин C – по метода на Мури – титруване с 2,6-дихлорфенол-индофенол; редуциращи захари – по метода на Шоорл.

Статистически методи: Изследваните параметри са анализирани чрез двуфакторен дисперсионен анализ (ANOVA). Анализът на дисперсията е изчислен с помощта на софтуерния пакет SPSS Statistics.

three representative harvests, average samples of tomato fruits are taken per treatment, and for determination of the quality physicochemical analyzes are performed for determination of the following indicators: total soluble solids - with moisture analyser Kern; active acidity - with Hanna pH meter; titratable acidity - by titrimetric method with 0,1nNaOH; vitamin C - by the Moore method - titration with 2,6-dichlorophenol-indophenol; reducing sugars - by the Shoorl method.

Statistical methods: The studied parameters were analyzed by two-way analysis of variance (ANOVA). The analysis of variance was calculated using the software package SPSS Statistics.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

На базата на данните за параметрите на микроклимата в оранжерията: температура, влажност и слънчева радиация е определяна ежедневната евапотранспирация на доматите и на базата на сумарната евапотранспирация за периода между поливките – поливната норма. Средната стойност на евапотранспирацията на доматите е 4.41 mm/day. Четири от заложените осем варианта са напоявани с оптимална, а останалите четири – с редуцирана поливна норма. В зави-симост от стадия на развитие на доматите са проведени тридесет и шест поливки с честота 3-4 дена и 9 фертигации с нарастващи торови норми. Експериментални резултати за добива домати по варианти, показващи влиянието на напояването и торенето с различни поливни и торови норми, са дадени в Таблица 2.

RESULTS AND DISCUSSION

Daily evapotranspiration of tomato was determined based on data on the microclimate parameters in the greenhouse: temperature, humidity and solar radiation, and the irrigation rate - on the basis of the sum of daily evapotranspiration for the period between irrigations. The average value of evapotranspiration of tomatoes is 4.41 mm day^{-1}. Half of the eight treatments were full irrigation treatments, and the others four – deficit irrigation treatments. Depending on the stage of development of the tomato, thirty-six irrigations were carried out with a frequency of 3-4 days and 9 fertigations with increasing fertilizer rates. Experimental results for tomato yield per treatment showing the influence of irrigation and fertilization with different irrigation and fertilizer rates are given in Table 2.

Таблица 2. Добив по варианти
Table 2. Total yield per treatment

Режим на напояване / Irrigation	Торене / Fertilization	Добив / Total Yield, t/ha
100%ETc	T_0	69.03
	T_1	71.01
	T_2	72.93
	T_3	80.41
60%ETc	T_0	47.08
	T_1	47.10
	T_2	50.82
	T_3	65.98

Най-високи добиви са получени при вариантите V_1T_0 - V_1T_3, при които се реализира оптимален поливен режим. Най-високият добив на домати е получен от вариант V_1T_3 - 80.4 t/ha, при който е приложена най-високата торова норма. Намаляването на поливната норма с 40% води до по-ниски добиви за вариантите V_2T_0 - V_2T_3 със съответно с 31.8 %, 33.7%, 30.3% и 18% в сравнение с вариантите с оптимално напояване V_1T_0 – V_1T_3. И при този режим на напояване, най-висок е добивът при варианта V_2T_3, наторяван с максималната торова норма – 65.98 t/ha. Полученият добив за този вариант е с 18% по-нисък от този при оптимално напояване и максимална торова норма, докато добивът при варианта дефицитно напояване без торене е с 31.8% по-нисък от този при оптимално напояване без торене.

В Таблица 3 са дадени получените при физико-химичните анализи на доматените плодове средни стойности на параметрите сухо вещество, ph, редуциращи захари, витамин С и титруема киселинност. Вижда се, че качествените показатели на оранжерийните домати се влияят от размера на поливната норма. С изключение на параметъра активна реакция pH, всички параметри са с по-високи стойности за доматите, отглеждани при дефицитно напояване в сравнение с тези, напоявани оптимално. За параметъра pH по-

Highest yields were obtained in the full irrigation treatments V_1T_0 - V_1T_3, in which the optimal irrigation regime was realized. The highest yield of tomato was obtained from treatment V_1T_3 - 80.4 t ha^{-1}, in which the highest fertilizer rate was applied. The reduction of the irrigation rate by 40% leads to lower yields for the treatments V_2T_0 - V_2T_3 by 31.8%, 33.7%, 30.3% and 18%, respectively, compared to the full irrigation V_1T_0 – V_1T_3 treatments. And in deficit irrigation treatments the highest yield was in the treatment V_2T_3, fertilized with the maximum fertilizer rate - 65.98 t ha^{-1}. The yield obtained for this treatment is 18 % lower than full irrigation treatment with maximum fertilization, while the yield for the deficit irrigation treatment without fertilization is 31.8% lower than that for full irrigation without fertilization.

Table 3 shows the average values of the parameters total soluble solids, pH, reducing sugars, vitamin C and titratable acidity obtained by physico-chemical analyzes of tomato fruits.

It can be seen that the fruit quality parameters of greenhouse tomato were influenced by the irrigation levels. With the exception of the pH parameter, all parameters have higher values for tomato grown under deficit irrigation than those fully irrigated. For the pH parameter, higher values were found in the full високи стойности са констатирани при вариантите с оптимално напояване.

irrigation treatment.

Таблица 3. Параметри на качеството на доматените плодове според нивата на напояване и торене
Table 3. Fruit quality parameters as affected of irrigation and fertilization levels

	Торене Fertilization (T)	Напояване / Irrigation (V)		ANOVA		
		100%	60%	V	T	V*T
Сухо вещество Total soluble solids, %	T_0	7.20	8.00	*	ns	ns
	T_1	8.17	8.69			
	T_2	7.00	9.86			
	T_3	7.82	8.48			
PH / Acidity	T_0	4.04	4.01	ns	ns	ns
	T_1	4.07	4.00			
	T_2	4.11	4.04			
	T_3	4.15	4.09			
Редуциращи захари Reducing sugars, %	T_0	1.64	1.74	ns	ns	ns
	T_1	1.49	1.78			
	T_2	1.46	1.41			
	T_3	1.36	1.82			
Витамин С Vitamin C, mg %	T_0	32.34	32.82	**	ns	ns
	T_1	25.83	32.56			
	T_2	26.05	33.15			
	T_3	29.27	37.75			
Титруема киселинност Titratable acidity, %	T_0	0.25	0.43	*	ns	ns
	T_1	0.35	0.50			
	T_2	0.33	0.46			
	T_3	0.26	0.35			

*,** статистически значим/ significant at $p < 0.05$, or $p < 0.01$; ns статистически незначим/ non significant.

Дисперсионен анализ на експерименталните данни показа, че нивото на напояване има изразен ефект върху три от посочените параметрите на качеството: сухо вещество, витамин С, титруемата киселинност (Таблица 3).

Дефицитното напояване е със значим ефект ($p \leq 0.05$) върху съдържанието на сухо вещество на плодовете на доматите. Увеличението на съдържанието на сухо вещество в плодовете на доматите, отглеждани при дефицитно напояване е 8-10% в сравнение с оптимално напояваните варианти. Такива резултати са докладвани и от

Analysis of variance of experimental data revealed that the level of the irrigation has a pronounced effect on three of the indicated quality parameters: dry matter, vitamin C, titratable acidity (Table 3).

Deficit irrigation has a significant effect ($p \leq 0.05$) on the total soluble solids of tomato fruits. The increase in the total soluble solids content in the tomatoes grown under deficit irrigation is 8-10% compared to the full irrigation treatments. Other authors (Birhanu et al., 2010) have reported similar results.

други автори (Birhanu et al., 2010).

По-висока концентрацията на витамин С в плодовете на доматите с до 20% се наблюдава при вариантите с дефицитно напояване в сравнение с вариантите с оптимално напояване, като тази разлика е статистически доказана при ниво на значимост $p < 0.01$. Подобни резултати са получени и при предишни проучвания, като причината е по-ниската акумулация на вода в плодовете (Yang et al., 2017; Grancharova et al., 2018).

По отношение на параметъра титруема киселинност, по-високи стойности са получени също при вариантите с дефицитно напояване, като увеличението спрямо вариантите с оптимална поливна норма е средно около 30 %, като статистически е доказана разлика на ниво 5 %.

По-високо средно съдържание на редуциращи захари се наблюдава при вариантите с дефицитно напояване спрямо вариантите с оптимално напояване, но статистическите изследвания не показаха статистически значими разлики. Други проучвания също показват, че при дефицитно напояване в доматите се натрупват повече захари (Ripoll et al., 2016).

Статистическите изследвания не показаха значими разлики между средните по отношение на фактора торене и взаимодействието на двата фактора напояване и торене.

Higher concentration of vitamin C in tomato fruits by up to 20% was observed in the treatments with deficit irrigation compared to the full irrigation treatments, and this difference was statistically proven at a significance level of $p < 0.01$. Similar results have been obtained in previous studies, the reason is the lower accumulation of water in the fruits (Yang et al., 2017; Grancharova et al., 2018).

With regard to the titratable acidity parameter, higher values were also obtained in the deficit irrigation treatments, as the increase compared to the full irrigation treatments wass on average about 30%, with a statistically proven difference of 5%.

A higher average content of reducing sugars was observed in the deficit irrigation treatments compared to the full irrigation treatments, but the statistical studies did not show statistically significant differences. Other studies have also shown that more sugars accumulate in tomatoes under deficit irrigation (Ripoll et al., 2016).

The statistical tests showed no significant difference between the average in terms of factors fertilization and the interaction of both factors irrigation and fertilization.

ИЗВОДИ

Проведен е опит в оранжерия за отглеждане на домати сорт Solanum lycopersicum „Big Beef“ при капково напояване и фертигация и е извършена оценка на влиянието на оптималното и дефицитно напояване с прилагане на нарастващи торови норми върху добива и качеството на доматите.

Експерименталните резултати показват, че режимът на напояване и количеството на вложените торове влияят върху продуктивността на доматите. Най-подходящ за доброто разви-

CONCLUSIONS

An experiment was conducted in a greenhouse for growing tomato variety Solanum lycopersicum "Big Beef" under drip fertigation and an assessment of the impact of optimal and deficit irrigation with the application of increasing fertilizer rates on yield and quality of tomato was made.

Experimental results show that the level of irrigation and the amount of fertilizer applied affect the productivity of tomatoes. The most suitable for the good plant development and obtaining a high тие на растенията и за получаване на висок добив е оптималният поливния режим (100% ETc), като най-високият добив на домати е получен при варианта, при който е приложена най-високата торова норма – 80.4 t/ha. Дефицитното напояване (60% ETc) води до по-ниски добиви в сравнение с прилагането на оптимално напояване. Най-висок е добивът при варианта с прилагане на максималната торова норма – 65.98 t/ha, който е с 18% по-нисък от този при оптимално напояване, т.е. при намаление на поливната норма с 40 % и луксозно хранене на доматите, добивът намалява с 18 % спрямо този при оптимално напояване.

Статистическият анализ на получените експериментални резултати за показателите на качеството показа, че напояването има по-голямо влияние от торенето върху качеството на произведената продукция домати, като умереното дефицитно напояване може да го подобри в голяма степен. При направените физико-химични анализи бяха получени по-високи стойности на показателите сухо вещество, редуциращи захари, витамин С и титруема киселинност за доматите, отглеждани при дефицитно напояване от тези, отглеждани при оптимално напояване.

yield is full irrigation (100% ETc), as the highest yield of tomatoes was obtained in the treatment in which the highest fertilizer rate was applied - 80.4 t ha^{-1}.

Deficit irrigation (60% ETc) leads to lower yields compared to full irrigation.

The highest yield was in the treatment with application of the maximum fertilizer rate - 65.98 t ha^{-1}, which is 18% lower than in full irrigation, i.e. with a 40% reduction in irrigation and a luxurious fertilization, the yield decreased by 18% compared to full irrigation.

Statistical analysis of the experimental results obtained for quality parameters showed that irrigation has a greater impact than fertilization on the quality of tomato production, and moderate deficit irrigation can greatly improve it.

Physico-chemical analyses showed higher values of total soluble solids, reducing sugars, vitamin C and titratable acidity for tomatoes grown under deficit irrigation than those grown under full irrigation.

БЛАГОДАРНОСТИ

Настоящата разработка се основава на изследвания, финансирани от Фонд "Научни изследвания" на Министерството на образованието и науката по двустранно сътрудничество между България и Китай, на тема: „Сравнение на качеството на почвата при оранжерийно отглеждане за устойчиво земеделие в Китай и България“.

ACKNOWLEDGEMENTS

The present work is based on researches that are funded from the Bulgarian National Science Fund of the Ministry of Education and Science under a bilateral cooperation project between Bulgaria and China, on topic: "Comparison of Soil Quality in Protected Cultivation for Sustainable Agriculture in China and Bulgaria".

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith**, 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. *Irrigation and Drainage Paper* 56, FAO, Rome.
2. **Birhanu, K. and Ketema Tilahun**, 2010. Fruit Yield and Quality of Drip-irrigated Tomato under Deficit Irrigation. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition*

and Development, 10 (2), 2139-2151.
3. **Du, Y., H. Cao, S. Liu, X. Gu and Y. Cao**, 2017. Response of Yield, Quality, Water and Nitrogen Use Efficiency of Tomato to Different Levels of Water and Nitrogen under Drip Irrigation in Northwestern China. *Journal of Integrative Agriculture*. 16 (5), 1153-1161.
4. **Grancharova, El., G. Patamanska, G. Kostadinov, A.Gigova, D. Miteva. I. Nacheva and K. Dimov**, 2018. Quality of Greenhouse Tomatoes Cultivated under Different Irrigation Levels. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 21(4), 257-264.
5. MAFF, 2019. Annual report on the situation and development of agriculture (Bg).
6. **Patane, C., S. Tringali and O. Sortino**, 2011. Effects of Deficit Irrigation on Biomass, Yield, Water Productivity and Fruit Quality of Processing Tomato under Semi-arid Mediterranean Climate Conditions. *Sci. Hortic.,* 129, 590-596.
7. **Ripoll, J., L. Urban, Б. Brunel and H. Bertin**, 2016. Water Deficit Effects on Tomato Quality Depend on Fruit Developmental Stage and Genotype. *Journal of Plant Physiology*, 190: 26-35.
8. **Wang, X. and Y. Xing**, 2017. Evaluation of the Effects of Irrigation and Fertilization on Tomato Fruit Yield and Quality: a Principal Component Analysis. *Scientific reports*, *7*(1), 350.
9. **Yang, H., H. Cao, X. Hao, L.Guo, H. Li and X. Wu**, 2017. Evaluation of Tomato Fruit Quality Response to Water and Nitrogen Management. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 10(5), 85-94.

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2019, 22 (3), 209-219
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan
ISSN 1311-0489 (Print)
ISSN 2367-8364 (Online)

Влияние на микробиални торове върху хранителния статус на тютюн Виржиния

Радка Божинова*, Цвета Христева

Институт по тютюна и тютюневите изделия, 4108 Марково, България

Effect of Application of Microbial Fertilizers on Nutrient Status of Virginia Tobacco

Radka Bozhinova*, Tsveta Hristeva

Tobacco and Tobacco Products Institute, 4108 Markovo, Bulgaria
**E-mail: rbojinova@yahoo.com*

Original scientific paper

РЕЗЮМЕ

Влиянието на различни микробиални препарати (съдържащи арбускуларни микоризни гъби от род *Glomus*, почвени микроскопични гъбички от род *Trichoderma* и полезни почвени бактерии от р. *Bacillus*) върху агрохимичните свойства на почвата и съдържанието на макро- и микроелементи в тютюн Виржиния е проучено през 2018 г. при условия на полски опит върху Ливадно-канелена почва (Cleyic-Chromic Luvisol). Използвани са следните микробиални торове: Europlus® (Италия), Micotric L® (Италия) и Rhizo-Vam Basic® (Германия). Опитът е заложен по блоков метод, в три повторения. Установено е, че почвените свойства и съдържанието на хранителни елементи в тютюна са повлияни от микробиалните продукти. Внасянето на микробиалния тор Europlus, с изключение на мангана и цинка, повишава доказано съдържанието на макро- и микроелементите в листата на тютюна. Концентрацията на Mn и Zn е значително по-висока при употребата на Rhizo-Vam Basic. Налице е положителен ефект от приложението

SUMMARY

The effects of different microbial fertilizers (containing arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus* spp., soil microscopic fungi T*richoderma* spp. and plant growth-promoting bacteria *Bacillus* spp.) on soil properties and concentration of macro- and micronutrients in Virginia tobacco have been studied in field experiment set on Cleyic-Chromic Luvisol in 2018. Three microbial products were used: Europlus® (Italy), Micotric L® (Italy) and Rhizo-Vam Basic® (Germany).

The experimental design was a randomized complete block replicated three times. It was found that soil properties and plant nutrient levels were influenced by the use of microbial products. A comparison of unfertilized treatment indicated that with the exception of manganese and zinc, concentrations of macro- and microelements in Virginia tobacco leaves were significantly increased by the application of Europlus. The Mn and Zn concentration was significantly higher by Rhizo-Vam Basic addition. There was a positive effect of на Micotric L върху съдържанието на азот, калий, калций, магнезий и манган в листата, но разликите с неторения вариант не са статистически значими. Резултатите показват, че микробиалните торове, използвани в експеримента, могат да имат положителен ефект върху почвата, растенията и следователно върху околната среда. Необходими са и допълнителни изследвания, за да се разберат по-добре взаимодействията растение-почва-микроорганизми и микробиалните продукти да бъдат екологично приемлива алтернатива на химичните торове.

Ключови думи: микробиални торове, тютюн, почва, макроелементи, микроелементи

Micotric L application on concentrations of nitrogen, potassium, calcium, magnesium and manganese in leaves, but differences with non-fertilized treatment were not significant. The results show that microbial fertilizers used in this experiment can have a positive effect on the soil, the plants, and therefore the environment. Additional research is necessary in order to have better understanding of plant-soil-microorganisms interactions and these microbial products to be ecologically acceptable alternative to chemical fertilizers.

Key words: microbial fertilizers, tobacco, soil, macronutrients, micronutrients

УВОД

Торенето има ключова роля при формиране на добива и качеството на тютюна. В технологията на отглеждане на тютюн Вирджиния се прилагат минерални торове, съдържащи главно азот, фосфор и калий. Неправилното използване на торовете може да има отрицателни агрономически, екологични и икономически последици. Прекомерната употреба на химически торове при отглеждането на тютюна води до негативни изменения в свойствата на почвата, влошава се и качеството на суровината (Shi et al., 2009). За да се намали отрицателното въздействие върху околната среда и да се съхрани плодородието на почвата, аграрните политики на Европейско и световно ниво предвиждат ограничаване на употребата на химични субстанции както за наторяване, така и за растителна защита (Tsvetkov et al., 2017b).

Микроорганизмите, подпомагащи растежа на растенията (PGPM), са важна група микробни инокуланти, които съществуват в ризосферата и имат способността да обитават корените на растенията и да подобрят тяхното развитие. Положителното им влияние се постига чрез повишаване достъпността

INTRODUCTION

Fertilization plays key roles in tobacco yield and quality. Chemical fertilizers containing mainly nitrogen, phosphorus and potassium are used in the Virginia tobacco cultivation. Excessive use of mineral fertilizers can have agronomic, environmental, and economic consequences.

Because of the over use of chemical fertilizers, the soil environment used for tobacco planting gradually deteriorates, and the quality of tobacco leaves also decreases (Shi et al., 2009). In order to reduce the negative effects on the environment, and to increase soil fertility, agrarian policies at European and world level envisage limiting the use of chemical substances for both fertilization and plant protection (Tsvetkov et al., 2017b).

Plant growth promoting microorganisms (PGPM) are an important group of microbial inoculants, which exist in rhizosphere and have the ability to inhabit the root of the plants and improve their development. Their positive influence is achieved through solubilization of phosphorus, nitrogen fixation, production на фосфора, фиксиране на азота, производство на хранителни вещества и фитохормони, защита от патогени и възстановяване при стресови условия на околната среда. Това са основните причини за нарасналата употреба на микробалните торове (Stamenković et al., 2018). Проучванията на Cheng et al. (2012) показват, че микробиалният тор (FZB42) подпомага растежа на тютюневите растения, подобрява икономическите характеристики на листата, тяхното качество и пушателни свойства. Tsvetkov et al. (2017a) съобщават, че вариантите, включващи микоризните гъби *Glomus* и *Trichoderma* демонстрират най-високи стойности на усвояване на минерални елементи от разсадникови овощни растения: вариант *Glomus* при акумулиране на N и Fe, а вариант *Trichoderma* – на Mg. Прилагането на биотор, съдържащ микоризни гъби и три вида бактерии, повишава значително растежа на царевицата (Wu et al., 2005). Същите автори съобщават, че микробният инокулум повишава усвояването на хранителни елементи от растенията (общ N, P и K) и подобрява свойствата на почвата като води до нарастване съдържанието на органично вещество и общ N в нея.

Изследванията за въздействието на микробиалните продукти при отглеждането на тютюна са ограничени. От това произлиза целта на настоящото изследване, а именно да се проучи влиянието на различни микробиални препарати върху агрохимичните свойства на почвата и съдържанието на макро- и микроелементи в тютюн Вирджиния.

of plant nutrients and phytohormones, protection from pathogens and recovery from stressful environmental conditions.

This is the main reason for the increasing usage of many PGPMs which formulations are commonly known as microbial fertilizers (Stamenković et al., 2018). The microbial fertilizer (FZB42) could obviously promote the growth of tobacco plants, increase the expanding extent and economic characters of tobacco leaves, and improve the internal quality and smoking quality of tobacco leaves (Cheng et al., 2012). Tsvetkov et al. (2017a) reported that the variants, including mycorrhizal fungi *Glomus* and *Trichoderma* demonstrated best mineral uptake rates: the variant *Glomus* – in N and Fe accumulations, *Trichoderma* – in Mg ones. The application of biofertilizer containing mycorrhizal fungus and three species of bacteria significantly increased the maize growth and microbial inoculum not only increased the nutritional assimilation of plant (total N, P and K), but also improved soil properties, such as organic matter content and total N in soil (Wu et al., 2005).

Studies on the impact of the microbial fertilizers in the cultivation of tobacco are limited. Hence, the aim of this study was to investigate the effect of different microbial products on the agrochemical properties of soil and concentration of macro- and micronutrients in Virginia tobacco.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

За изпитване влиянието на различни микробиални препарати (съдържащи арбускуларни микоризни гъби от род *Glomus*, почвени микроскопични гъбички от род *Trichoderma* и полезни почвени бактерии от р. *Bacillus*) върху агрохимичните свойства на почвата и съдържанието на макро- и микроелемен-

MATERIAL AND METHODS

The effects of microbial fertilizers on soil properties and concentration of macro- and micronutrients in Virginia tobacco (Virginia 0514) have been studied in field experiment set on Cleyic-Chromic Luvisol in 2018.

The experimental design was a

ти в тютюн Виржиния (сорт Виржиния 0514), през 2018 г. е изведен полски експеримент върху Ливадно-канелена почва (Cleyic-Chromic Luvisol). Опитът е заложен по блоков метод, в три повторения. Тютюнът е разсаден при междуредово разстояние 110 cm и вътрередово - 40 cm (2250 растения/da). Агротехническите и растително-защитните мероприятия (поливане, борба с плевелите, болестите и неприятелите) са съобразени с технологията на отглеждане на тютюна от тази сортова група.

Като източник на микоризни гъби и на полезни почвени бактерии са използвани следните търговски продукти:

Europlus®, EUROVIX, Италия (*Glomus* spp.+ *Bacillus* spp.);

Micotric L®, EUROVIX, Италия (*Glomus* spp.+ *Trichoderma* spp.);

Rhizo-Vam Basic®, Германия (*Glomus intraradices*).

Микробиалните препарати (Europlus – 0,4 g/растение, Micotric L – 4,4 ml/растение и Rhizo-Vam Basic – 13,3 g/растение) са внесени една седмица след разсаждането и инкорпорирани на дълбочината на кореновата система.

За агрохимичен анализ са взети проби от орния слой на почвата през м. август (през масовия цъфтеж на тютюна). Почвените проби са анализирани за: pH $_{(H2O)}$ - потенциометрично, амониев и нитратен азот – чрез дестилация и редукция на нитратите; подвижен фосфор – по Олсен и усвоим калий – в 2N HCl. Съдържанието на подвижните Ca и Mg е определено в извлек от 1N KCl. За извличане подвижните форми на Fe, Mn, Zn и Cu е използван разтвор на 0,005 M DTPA + 0,1 M TEA, pH = 7,3.

Концентрацията на N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn и Cu в тютюна е определена в технически зрели листа от среден беритбен пояс. Растителните проби са измивани, след което са изплаквани с дестилирана вода. Смилани са след изсушаване до въздушно сухо състояние за 12 h при 75 ^{0}C. Общият азот е определен по Келдал. Подготовката на растителните проби за опре-

randomized complete block replicated three times. Plants were spaced at 110 cm in rows and 40 cm apart (22500 plants ha^{-1}).

Cultural practices such as irrigation, weeding, pest and disease control were applied in accordance with the recommended practices for commercial plantations.

The following commercial products were used as the source of mycorrhizal fungi (MF) and plant growth-promoting bacteria (PGPR):

Europlus®, EUROVIX, Italy (*Glomus* spp.+ *Bacillus* spp.);

Micotric L®, EUROVIX, Italy (*Glomus* spp.+ *Trichoderma* spp.);

Rhizo-Vam Basic®, Germany (*Glomus intraradices*).

One week after transplanting, the microbial products (Europlus – 0.4 g per plant, Micotric L – 4.4 ml per plant and Rhizo-Vam Basic – 13.3 g per plant) were incorporated in the top soil layer.

In August (when tobacco was at full flowering stage), soils from the different treatments were sampled for studying effects of microbial fertilizers on soil fertility. Soil samples were collected from the upper layer (0-25 cm) of each plot. The following soil characteristics were determined: pH in water, N_{min} (NH_4+NO_3), available P – by the Olsen method, available K – in 2N HCl. Available Ca and Mg were determined by using 1N KCl. A solution of 0.005 M DTPA+0.1 M TEA, pH 7.3 was used for extraction of the Fe, Mn, Zn and Cu mobile forms from soil.

The concentration of N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn and Cu in mature leaves from middle stalk position was determined. All samples were washed with tap water to remove any adhering soil particles and rinsed afterwards with distilled water. Following drying at 75°C for 12 h samples were ground. Total nitrogen in the plants was determined by the Kjeldahl method. The preparation of деляне съдържанието на фосфор, калий, калций, магнезий, желязо, манган, мед и цинк е извършена чрез сухо изгаряне и разтваряне на пепелта в 3М HCl. Фосфорът е определен по молибдат-ванадатния метод. За отчитане съдържанието на K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn и Cu в почвените и растителните проби е използван атомно-абсорбционен спектрометър “SpektrAA 220”, Австралия.

Обработката на данните е извършена с помощта на статистическия пакет PSPP за Windows. Приложен е тест за многопосочно сравняване на резултатите по Duncan при ниво на вероятност 0,05.

plant samples for analysis of P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn and Cu was made by means of dry ashing and dissolution in 3 M HCl. Phosphorus was determined colorimetrically by the molybdovanadate procedure. An atomic absorption spectrometer „SpektrAA 220”, Australia was used for determination of K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn and Cu content in the soil and plant samples.

Results were analyzed using the SPSS statistical package for Windows and differences were assessed with the Duncan’s multiple range test at the 0.05 probability level.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Ефектът от микробиалните продукти върху характеристиката на почвата е представен в Таблица 1.

RESULTS AND DISCUSSION

The effect of the application of microbial fertilizers on selected soil properties is presented in Table 1.

Таблица 1. Влияние на микробиалните препарати върху почвената характеристика
Table 1. Soil properties as dependent on application of microbial fertilizers

Treatment Вариант	$pH_{(H2O)}$	N_{min} (mg/kg)	P_2O_5 (mg/100 g)	K_2O (mg/100 g)	Ca (mg/100 g)	Mg (mg/100 g)
Control*/Контрола*	6.76a**	11.92a	1.02c	48.82b	87.4c	47.4ab
Europlus	6.68a	8.94a	1.72bc	51.12b	110.6b	44.6b
Micotric L	6.64a	11.92a	2.22b	54.06a	109.3b	45.6b
Rhizo-Vam Basic	6.63a	9.24a	3.35a	50.78b	132.3a	50.0a

* Контрола – без внасяне на микробиален тор; *Control - without application of microbial fertilizer
** Различните букви във всяка колона показват, че средните са съществено различни (P <0.05);
** Different letters within each column indicate that the means are significantly different (P<0.05)

Данните сочат, че изпитаните микробиални продукти не са довели до значима диференциация на реакцията на почвата по варианти. Сред различните азотни форми амониевият и нитратният азот играят най-важната роля, когато се разглеждат от екологична гледна точка. Количеството минерален азот, достъпен за растенията, зависи от множество фактори, един от които е вида и количеството на торовете (Schmidt et al., 2000; Sądej and Przekwas, 2008). Съдържанието на минерален азот в почвата при различните варианти е от 8,9 до 11,9

The data showed that by comparison with the control, soil $pH_{(H2O)}$ values were unaffected by the addition of microbial fertilizers. Among various nitrogen forms, ammonia nitrogen and nitrate nitrogen play the most important role when seen from the ecological perspective. The amount of mineral nitrogen available to plants depends, among others, on the type and rate of fertilizers (Schmidt et al., 2000; Sądej and Przekwas, 2008). The mineral nitrogen content in soil under different treatments varied from 8.9 to 11.9 mg kg^{-1}. No significant differences were determined mg/kg, без съществени разлики между тях. Нивото на подвижния фосфор нараства при внасяне на микробиалните продукти. Разликите с контролата са статистически значими при прилагане на Micotric L и Rhizo-Vam Basic. Съдържанието на усвоим калий в почвата се повишава съществено спрямо неторения вариант при внасяне на Micotric L. Концентрацията на подвижния Ca в почвата нараства доказано при прилагане на микробиалните продукти. Липсват доказани разлики в съдържанието на подвижен магнезий между контролата и вариантите с микробиални торове.

Концентрациите на DTPA-екстрахируемите метали в почвата са представени в Таблица 2.

between control plot and treatments with application of microbial fertilizers. Soil-available P showed an increase with application of microbial fertilizers. The differences in available P between the control treatment and the Micotric L and Rhizo-Vam Basic applications were significant. The addition of Micotric L led to significant increases in the soil-available K_2O content compared to the unfertilized soil. The soil Ca concentration was enhanced by the application of microbial fertilizers. There were no signifcant differences in Mg content between control plot and treatments with fertilization.

The concentrations of DTPA-extractable metals in the soil are presented in Table 2.

Таблица 2. Съдържание на подвижните Fe, Mn, Zn и Cu в почвата
Table 2. Content of available Fe, Mn, Zn and Cu in the soil

Treatment / Вариант	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
Control*/Контрола*	30.0b**	14.67b	12.61a	22.50b
Europlus	28.75b	17.15b	11.85a	28.55a
Micotric L	30.6b	17.92b	11.83a	21.15b
Rhizo-Vam Basic	34.9a	19.37a	13.26a	27.27a

* Контрола – без внасяне на микробиален тор; *Control - without application of microbial fertilizer
** Различните букви във всяка колона показват, че средните са съществено различни (P <0.05);
** Different letters within each column indicate that the means are significantly different (P<0.05)

Според класификацията по MAFF (Mitsios et al. 2005) почвата се характеризира като достатъчно запасена с подвижен Mn, с високо съдържание на подвижно Fe и много високо запасена с подвижните цинк и мед. Нивото на Fe и Mn в почвата се повишава съществено от приложението на Rhizo-Vam Basic. Не се установиха значими различия между вариантите по съдържанието на цинк в почвата. Значително по-високо съдържание на Cu се наблюдава при площите, третирани с Europlus и Rhizo-Vam Basic.

Ефектът от микробиалните торове върху концентрацията на макроелементи в листата на тютюн Виржиния е отразен в Таблица 3.

According to MAFF classification (Mitsios et al. 2005) soil was characterized as having sufficient level of available Mn, high content of available Fe and very high content of mobile zinc and copper. The soil available Fe and Mn level increased significantly with Rhizo-Vam Basic application. Microbial fertilizers resulted in a small differentiation in the available Zn content in the soil. Signifcantly higher Cu content was observed in plots receiving Europlus and Rhizo-Vam Basic as compared to control treatment.

The effect of the application of microbial fertilizers on macronutrient concentrations of Virginia tobacco leaves is presented in Table 3.

Таблица 3. Съдържание на макроелементи в листата на тютюна (% от сухото вещество)

Table 3. Macronutrient concentrations of tobacco leaves (% of dry weight)

Treatment / Вариант	N	P	K	Ca	Mg
Control*/Контрола*	1.41b**	0.17b	1.56b	0.27b	0.56b
Europlus	2.28a	0.20a	2.62a	0.66a	0.73a
Micotric L	1.71ab	0.15b	1.89b	0.34b	0.59b
Rhizo-Vam Basic	1.81ab	0.19ab	1.96b	0.35b	0.56b

* Контрола – без внасяне на микробиален тор; *Control - without application of microbial fertilizer

** Различните букви във всяка колона показват, че средните са съществено различни (P <0.05);

** Different letters within each column indicate that the means are significantly different (P<0.05)

Диференциацията на съдържанието на азота по варианти е сравнително добре изразено. Отчетените стойности (1,41-2,28%) са сходни с докладваните от Campbell (2000) за тютюн Виржиния (1,3-2,25%). Съдържанието на N в листата е най-ниско при контролния вариант и се увеличава от третирането с микробиални торове. Концентрацията на азота е доказано по-висока от контролата само при внасяне на микробиалния продукт Europlus.

Установените концентрации на P в тютюна (от 0,15% до 0,20%) са близки до стойностите, докладвани от Campbell (2000), за оптимално съдържание на фосфор в зрелите листа (0,12%-0,3%). Прилагането на микробиални торове е без еднопосочен ефект върху съдържанието на P в тютюна. Концентрацията на фосфора в листата се повишава доказано при варианта, третиран с Europlus.

Съдържанието на калий в тютюна нараства и при трите варианта с микробиални торове, но разликите спрямо контролата са статистически достоверни само при внасяне на Europlus (P<0.05). Според Campbell (2000) концентрацията на K в листата от 1,5-2,5% може да се приеме като достатъчна за осигуряване на растежните процеси и за получаване на задоволителни добиви от тютюн Виржиния. Отчетените стойности при всички варианти са в рамките, посочени от цитирания автор.

Концентрацията на Ca в зрелите

Differentiation of nitrogen content by variant is expressed relatively well. The observed values (1.41-2.28%) are similar to those reported by Campbell (2000) for Virginia tobacco (1.3-2.25%). The N content in the leaves was the lowest in the control variant and increased in all treatment receiving microbial fertilizers. Significantly higher N concentrations in the leaves were observed at the Europlus treatment as compared to control.

The concentrations of P in leaves were from 0.15% to 0.20% and are close to data observed by Campbell (2000) for the optimum phosphorus content in mature leaves (0.12%-0.3%). The application of microbial fertilizers had no pronounced effect on P content in Virginia tobacco. Only Europlus treatment significantly increased the concentration of P in the leaves.

Among the three treatments with application of microbial fertilizer, Europlus variant led to highest K concentration in leaves and the differences between different treatments were significant (P<0.05). According to Campbell (2000) the concentration of K in the leaves of 1.5-2.5% can be assumed as sufficient to ensure the growth processes and to obtain satisfactory yields of Virginia tobacco. The values observed for all treatments were within the acceptable ranges.

The concentration of Ca in mature leaves in all treatments was not high –

листа от всички варианти не е висока – от 0,27% до 0,66% и е по-ниска от стойностите, установени от Mitreva and Apostolova (1986). Според McCants and Woltz (1967) магнезиев дефицит при тютюна може да се наблюдава, когато концентрацията му в листата е под 0,2%. Получените в настоящия експеримент стойности (от 0,56% до 0,73%) са по-високи от критичната концентрация от 0,2%. Добрата обезпеченост на растенията с Mg вероятно се дължи на добрата запасеност на почвата с този елемент. С изключение на варианта, третиран с Europlus, концентрациите на калция и магнезия не са повлияни съществено от изпитваните микробиални продукти.

Концентрацията на Fe в листата варира от 45,4 до 114,6 mg/kg (Таблица 4). Според Campbell (2000) оптималното съдържание на Fe в зрелите тютюневи листа е 40-200 mg/kg. За условията на експеримента измерените концентрации на желязото са в посочените граници, но по-ниски от стойностите, установени от Golia et al. (2009). Концентрацията на желязото в листата нараства доказано от третирането с Europlus.

from 0.27% to 0.66% and is lower than the values obtained by Mitreva and Apostolova (1986). Mg deficiency may be expected to occur when the value in the leaf is 0.2 percent or less of the dry weight (McCants and Woltz, 1967). Observed values in our experiment (0.56%-0.73%) were higher than the critical concentration of 0.2%. The good supply of plants with Mg was probably because tobacco was grown on a soil with large quantities of available magnesium. There was no a clear positive effect of fertilizer treatment on concentrations of Ca and Mg in the leaves. With the exception of Europlus treatment, concentrations of calcium and magnesium were not significantly affected by applied microbial products.

Fe concentration in mature leaves varied between 45.4 and 114.6 mg kg^{-1} (Table 4). According to Campbell (2000) the optimum Fe content in mature tobacco leaves is from 40 to 200 mg kg^{-1}. For the experimental conditions the measured concentrations in leaves are within these limits, but lower than those found by Golia et al. (2009). The iron concentration in leaves was significantly influenced by Europlus addition.

Таблица 4. Съдържание на микроелементи в листата на тютюна (mg/kg сухо вещество)

Table 4. Micronutrient concentrations of tobacco leaves (mg kg^{-1} dry matter)

Treatment / Вариант	Fe	Mn	Zn	Cu
Control*/Контрола*	54.8b**	43.2b	71.7b	19.7b
Europlus	114.6a	67.9ab	75.1b	23.6a
Micotric L	45.4b	55.0b	70.0b	18.5b
Rhizo-Vam Basic	74.4b	91.5a	83.7a	20.9b

* Контрола – без внасяне на микробиален тор; *Control - without application of microbial fertilizer

** Различните букви във всяка колона показват, че средните са съществено различни (P <0.05);

** Different letters within each column indicate that the means are significantly different (P<0.05)

Съдържанието на Mn в тютюна е от 43,2 до 91,5 mg/kg (Таблица 4). Според Jones et al. (1991) концентрацията на Mn в тютюневите листа варира в зависимост от фазата развитие на растенията от 20 до 400 mg/kg. Торенето с Rhizo-Vam Basic е повишило достоверно съдържанието на

The content of Mn in mature leaves was from 43.2 to 91.5 mg kg^{-1} (Table 4). According to Jones et al. (1991) Mn content in tobacco leaves varies depending on the plant stage from 20 to 400 mg kg^{-1}. Significantly higher concentration of Mn was recorded in the Rhizo-Vam Basic treatment as compared манган в листата в сравнение с контролния вариант.

Съдържанието на цинк е от 70,0 до 83,7 mg/kg (Таблица 4). Отчетените концентрации са по-високи от средните стойности, докладвани от Golia et al. (2009), които за листата от първа и втора беритба при тютюн Виржиния са съответно 52,6 и 28,8 mg/kg. Високите нива на цинк в листата в настоящия експеримент са вероятно следствие от високото съдържание на подвижен Zn в почвата. Концентрацията на цинк в тютюневите листа е най-висока при третиране с Rhizo-Vam Basic.

Съдържанието на Cu в листата е от 18,5 до 23,6 mg/kg (Таблица 4). Тези стойности са сходни или по-ниски от средните концентрации за тютюн Виржиния (24-37 mg/kg), установени от Golia et al. (2009), но по-високи от граничните стойности (3-10 mg/kg), докладвани от Campbell (2000). Значително по-висока е концентрация на Cu в тютюна при варианта с Europlus.

to control variant.

The zinc content in leaves ranged from 70.0 to 83.7 mg kg^{-1} (Table 4). These values are higher than the average values reported by Golia et al. (2009), which for the Virginia tobacco leaves at first and second priming was 52.6 and 28.8 mg kg^{-1} respectively. High levels of zinc in leaves in the present experiment can probably be explained by the high content of available Zn in the soil. The zinc concentration in the tobacco leaves was the highest in Rhizo-Vam Basic treatment.

The content of Cu in leaves was from 18.5 to 23.6 mg kg^{-1} (Table 4). These values were similar or lower than the average concentrations for the Virginia tobacco (24-37 mg kg^{-1}) reported by Golia et al. (2009), but higher than the ranges (3-10 mg kg^{-1}) reported by Campbell (2000). The Europlus treatment resulted in the significantly highest Cu concentration.

ИЗВОДИ

Микробиалните торове, използвани в изследването, имат различно въздействие върху свойствата на почвата. Внасянето на Rhizo-Vam Basic повишава доказано съдържанието на подвижните форми на фосфора, калция, желязото, мангана и медта в почвата в сравнение с неторения вариант. Съществено е нарастването на подвижните Ca и Cu при торене с Europlus. Прилагането на микробиалния продукт Micotric L повишава значително съдържанието на усвоимия фосфор, калий и калций в почвата в сравнение с контролата.

Съдържанието на хранителни елементи в тютюна е повлияно също от приложението на микробиалните продукти. Внасянето на микробиалния тор Europlus, с изключение на мангана и цинка, повишава доказано съдържанието на макро- и микроелементите в листата на тютюна. Концентрацията на

CONCLUSIONS

Microbial fertilizers used in the study have different effects on soil properties. The addition of Rhizo-Vam Basic led to significant increases in the soil-available phosphorus, calcium, iron, manganese and copper content compared to the unfertilized soil. There was significant increase of available Ca and Cu in treatment receiving Europlus. Compared to the control, the application of microbiological product Micotric L increased significantly the content of available phosphorus, potassium and calcium.

Plant nutrient levels were influenced by the use of microbial products. A comparison of unfertilized treatment indicated that with the exception of manganese and zinc, concentrations of macro and microelements were significantly increased by the application of Europlus. The Mn and Zn concentration

Mn и Zn е значително по-висока при употребата на Rhizo-Vam Basic. Налице е положителен ефект от приложението на Micotric L върху съдържанието на азот, калий, калций, магнезий и манган в листата, но разликите с неторения вариант не са статистически значими.

Резултатите показват, че микробиалните торове, използвани в експеримента, могат да имат положителен ефект върху почвата, растенията и следователно върху околната среда. Необходими са и допълнителни изследвания, за да се разберат по-добре взаимодействията растение-почва-микроорганизми и микробиалните продукти да бъдат екологично приемлива алтернатива на химичните торове.

was significantly higher by Rhizo-Vam Basic addition. There was a positive effect of Micotric L application on concentrations of nitrogen, potassium, calcium, magnesium and manganese, but differences with non-fertilized treatment were not significant.

The results show that microbial fertilizers used in this experiment can have a positive effect on the soil, the plants, and therefore the environment.

Additional research is necessary in order to have better understanding of plant-soil-microorganisms interactions and these products to be ecologically acceptable alternative to chemical fertilizers.

БЛАГОДАРНОСТИ

Настоящото изследване е финансирано по проект ДН 06/9*,* фонд „Научни изследвания*“,* конкурсна сесия „Фундаментални изследвания“, 2016 г., МОН.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the National Science Fund of Bulgaria, Ministry of Education and Science - Project: DN 06/9 (Fundamental Research Competition – 2016).

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Campbell, C.**, 2000. Reference Sufficiency Ranges Field Crops, Tobacco, Flue-cured. www.ncagr.com/agronomi/saaesd/fluecure.htm
2. **Cheng, J., Z. Wu, L. Yuan, S. Hong, H. Tao and Z. Long**, 2012. Effects of Increasing Application Rate of Microbial Fertilizer on Yield and Internal Quality of Flue-cured Tobacco. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 24(7), 63-66.
3. **Golia, E.E., A. Dimirkou and I.K. Mitsios**, 2009. Heavy-Metal Concentration in Tobacco Leaves in Relation to Their Available Soil Fractions. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.,* 40(1), 106-120.
4. **Jones, Jr., J.B., B. Wolf and H.A. Mills**, 1991. Plant Analysis Handbook. Micro-Macro Publishing, Ins.
5. **McCants, C.B. and W.G. Woltz**, 1967. Growth and Mineral Nutrition of Tobacco. *Adv. Agron*., 19, 211-265.
6. **Mitreva, N. and E. Apostolova**, 1986. Virginia Tobacco Uptake, Utilization and Distribution of Potassium and at Different Nitrogen Levels. *Soil Science, Agrochemistry and Plant Protection*, 1, 25-34 (Bg).
7. **Mitsios, I.K., E. Golia and C.D. Tsadilas**, 2005. Heavy Metal Concentrations in Soils and Irrigation Waters in Thessaly region, Central Greece. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.,* 36, 487-501.
8. **Sądej, W. and K. Przekwas**, 2008. Fluctuations of Nitrogen Levels in Soil Profile under Conditions of a Long-term Fertilization Experiment. *Plant Soil Environ.,* 54(5), 197-203.
9. **Schmidt, L., K. Warnstorff, H. Dörfel, P. Leinweber, H. Lenge and W. Merbach**, 2000. The influence of Fertilization and Rotation on Soil Organic Matter and

Plant Yields in the Long-term Eternal Rye Trial in Halle (Saale), Germany. *J. Plant Nutr. Soil Sci*., 163, 639-648.
10. **Shi, Q.H., F. Jiao, W. Geng, Q.P. Li and X.D. Shi**, 2009. An Overview on Research into Factors Hindering Continuous Cropping in Flue-cured Tobacco. *Acta Tabacaria Sinica*, 6, 81-84.
11. **Stamenković, S., V. Beškoski, I. Karabegović, M. Lazić and N. Nikolić**, 2018. Microbial Fertilizers: A Comprehensive Review of Current Findings and Future Perspectives. *Span. J. Agric. Res*., 16(1), e09R01. https://doi.org/10.5424/sjar/2018161-12117
12. **Tsvetkov, I., E. Markov, T. Dzhambazova and D. Georgiev**, 2017a. Mineral Elements Uptake and Dry Matter Accumulation in Mycorrhizated Nursery Plants Gisela 6/Van. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 20(1), 251-258.
13. **Tsvetkov, I., L. Georgieva, D. Tsvetkova, V. Michailova and D. Georgiev**, 2017b. Benefits of the Micorrhizal Fungi *Glomus* spp. for Grapevine Nutrient Uptake, Biocontrol and Microbial Ecology. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 20(1), 227-250.
14. **Wu, S.C., Z.H. Cao, Z.G. Li, K.C. Cheung and M.H. Wong**, 2005. Effects of Biofertilizer Containing N-fixer, P and K solubilizers and AM Fungi on Maize Growth: a Greenhouse Trial. *Geoderma*, 125: 155-166.