

Ефект на биостимуланти върху растежа и хранителния статус на тютюнев разсад

Радка Божинова

Селскостопанска академия, Институт по тютюна и тютюневите изделия, 4108, Марково

E-mail: rbojinova@yahoo.com

Резюме

Проучено е влиянието на микробиалните инокуланти Europlus® (Италия), Micotric L® (Италия) и на протеиновият хидролизат Trainer® (Италия) върху растежа и минералния състав на тютюнев разсад. Изследването е проведено през периода 2020 - 2021 г. при полски условия върху Хумусно-карбонатна почва. Опитът е заложен по блоков метод, в три повторения. Микробиалните продукти Micotric L и Europlus повишават свежото тегло на разсадните растения със 17% - 22%, а сухото – с 14%-18% спрямо самостоятелното торене с оборски тор. Повишението на тези показатели от протеиновия хидролизат Trainer е съответно с 15% и с 12%. Микробиалните инокуланти Micotric L и Europlus увеличават съдържанието на азот в разсада с 11% - 13% спрямо варианта с оборски тор, на фосфора – с 12% - 23%, а на калия – с 4% - 6%. Концентрациите на Fe, Zn и Cu в разсада нарастват слабо от тяхната употреба. Увеличението на азота в разсада от протеиновия хидролизат Trainer е с 8%.

Положителните ефекти на микробиалните продукти Micotric L и Europlus и на протеиновия хидролизат Trainer върху растежа и минералния състав на растенията дават основание за включването им при разработване на екологични технологии за разсадопроизводството на тютюн.

Ключови думи: микробиални инокуланти; протеинов хидролизат; тютюн; растеж; макроелементи; микроелементи

Effect of biostimulants on growth and nutritional status of tobacco seedlings

Radka Bozhinova

Agricultural Academy, Tobacco and Tobacco Products Institute, 4108 Markovo, Bulgaria

E-mail: rbojinova@yahoo.com

Citation

Bozhinova, R. (2022). Effect of biostimulants on growth and nutritional status of tobacco seedlings.

Rastenievadni nauki, 59(2) 55-63 (Bg).

Abstract

The effects of microbial inoculants Europlus® (Italy), Micotric L® (Italy) and protein hydrolysate Trainer® (Italy) on the growth and mineral composition of tobacco seedlings were studied in field experiment set on Rendzic Leptosol in 2020 - 2021. The experimental design was a randomized complete block replicated three times. Microbial products Micotric L and Europlus resulted in higher fresh weight (by 17% - 22%) and dry weight (by 14%-18%) of the seedlings compared to manure treatment. The application of protein hydrolysate Trainer increased the fresh and dry weight biomass by 15% and 12%, respectively. Concentrations of N in tobacco seedlings were increased by 11% - 13% when inoculated with microbial-based biostimulants Micotric L and Europlus in comparison with the manure treatment. This was associated with an improvement in P concentrations (+12% - 23%), and K concentrations (+4% - 6%) in seedlings. The concentrations of Fe, Zn and Cu were slightly higher in mycorrhizal than in non-mycorrhizal tobacco seedlings. The addition of protein hydrolysate Trainer increased nitrogen concentration in seedlings by 8%.

Microbial inoculants Micotric L and Europlus and the protein hydrolysate Trainer have a positive effect on the growth characteristics and mineral composition of tobacco seedlings and they can be used successfully in the eco-friendly technologies for tobacco seedling production.

Key words: microbial inoculants; protein hydrolysate; tobacco; growth; macroelemens; microelemens

ВЪВЕДЕНИЕ

Производството на селскостопански култури, характеризиращо се с намалени вложения за пестициди и синтетични торове е обект на активно проучване през последните десетилетия. Като алтернатива на химическите торове се предлагат разнообразни по своя произход, състав и действие продукти. Растителните биостимуланти са вещества (хуминови и фулвокиселини, протеинови хидролизати и екстракти от морски водорасли) и микробиални инокуланти (микоризни гъби и стимулиращи растежа на растенията ризобактерии - PGPR), които са ефективен инструмент за оптимизиране на кореновата система, за използването на хранителните вещества, както и за повишаване на толерантността към стресови фактори на околната среда в зеленчукопроизводството (Colla et al., 2020). Използването на биостимуланти е средство за увеличаване на добивите от марули (Colla et al., 2013), домати (Caruso et al., 2019), краставици (Rouphael et al., 2010) и др. Стимулирането на натрупване на биомаса в отговор на приложението на биостимуланти често се свързва с действието на специфични сигнални молекули върху растителния метаболизъм и физиология (Colla et al., 2020). Прилагането на биостимулиращи вещества и полезни микроорганизми може подобри усвояването на хранителните вещества чрез стимулиране на растежа на корените; активиране на ключови коренови ензими, участващи в усвояването на хранителни вещества, като активност на Fe-хелатна редуктаза; регулиране на гените, кодиращи хранителни транспортери (De Pascale et al., 2017). Авторите посочват, че микробните и немикробните растителни биостимуланти подобряват асимилацията на хранителните вещества и чрез регулиране на гените, кодиращи ензими, участващи в асимилацията на неорганични хранителни вещества.

Все по-голям брой компании произвеждат и продават инокуланти, съдържащи арбускуларни микоризни гъби (АМГ) (Elliott et al., 2020). Тези продукти спомагат за намаляване на употребата на изкуствените торове като подобряват усвояването на хранителните вещества от културите чрез арбускуларна микориза. Гъбните инокулации стимулират растежа, натрупването на биомаса и абсорбцията на минерални хранителни вещества при овощните растения (Tsvetkov et al., 2017b). Умереното ниво на колонизация с арбускуларни микоризни гъби (18% - 55% от корените) подобрява усвояването на хранителните вещества от нахута (Farzaneh et al., 2011). Инокулираните краставични растения с биотор, съдържащ спори от *Glomus intraradices*, при алкална реакция на средата, имат по-висок добив и обща биомаса от неинокулираните (Rouphael et al., 2010). Плодовете на домати, инокулирани с АМГ, съдържат значително повече захари в сравнение с растенията без микориза (Michałojć et al., 2015). Положителният ефект от микробиалните инокуланти не се потвърждава във всички изследвания. Elliott et al. (2020) съобщават, че надземната биомаса при три сорта пшеница не е повлияна от комерсиалния АМГ инокулум (*Rhizophagus irregularis*). Michałojć et al. (2015) намират, че инокулацията с продукта Eudomix, съдържащ спори на *Glomus mosseae*, *G. intraradices*, *G. etunicatum* и *G. clarum*, е без съществено значение върху броя на плодовете и добивите от домати. Подобни данни публикуват Cimen et al. (2010), които не установяват ефект от АМГ (*G. intraradices*) върху добива от домати. Наличието на противоречиви резултати относно агрономическия ефект на микробиалните инокуланти предполага бъдещи изследвания с голям брой култури при различни почвено-климатични условия.

Протеиновите хидролизати са важна група биостимуланти, базирани на смес от пептиди и аминокиселини, на които се обръща все по-го-

лямо внимание през последните години. Те се произвеждат главно чрез ензимни и/или химически хидролизати на протеини от суровини от животински или растителен произход (Colla et al., 2015). Растителният протеинов хидролизат Trainer подобрява растежа и асимилацията на N при царевица и маруля (Colla et al., 2013). Този продукт повишава продуктивността и качеството, има положителен ефект върху минералния състав и антиоксидантните показатели при органична или конвенционална система на отглеждане на домати (Caruso et al., 2019). Rouphael et al. (2021) заключават, че използването на протеиновите хидролизати, като биостимуланти в селското стопанство, може да бъде валидно допълнение към селскостопанските практики за повишаване на продуктивността и качествените характеристики на културите.

За оптимизиране на хранителния режим на тютюна, в т.ч. и на разсадните растения, се търсят екологосъобразни решения, които да отговарят на изискванията на съвременното земеделие (Hristeva, 2013). От това произтича целта на настоящето проучване, а именно да се изследват ефектите на различни биопродукти върху разсад от ориенталски тютюн чрез изменението на някои показатели на растежа и минералния състав на растенията.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

За проследяване ефективността на различни биопродукти (микробиални инокуланти и протеинов хидролизат) върху разсад от ориенталски тютюн (сорт Крумовград 58) е изведен полски опит през периода 2020 - 2021 г. върху Хумусно-карбонатна почва (Rendzic Leptosol) в Института по тютюна и тютюневите изделия, Марково.

Проучени са следните пет варианта:

T1 - Торене на разсада с оборски тор;

T2 - Торене с оборски тор+минерален азотен тор (конвенционално отглеждане);

T3 - Торене с оборски тор+микробиалния продукт Micotric L;

T4 - Торене с оборски тор+микробиалния продукт Europlus;

T5 - Торене с оборски тор+протеиновия хидролизат Trainer.

Експериментът е заложен по блоков метод, в три повторения, с големина на опитната парцела 1,0 m².

Микробиалният препарат Micotric L® (Italy) е комбиниран продукт, който съдържа спори от арбускуларни микоризни гъби от р. *Glomus*, спори от почвени микроскопични гъби от р. *Trichoderma* и полезни ризосферни бактерии суспендирани в течна органична материя. Микробиалният препарат Europlus® (Italy) е комбиниран продукт, съдържащ спори от микоризни гъби от р. *Glomus* и полезни ризосферни бактерии (*Bacillus* spp.). Протеиновият хидролизат Trainer® (Italpollina, Italy) е комбинация от органичен N и растителни аминокиселини и пептиди.

След засяването на семената от тютюна през м. март, лехите от всички варианти са покрити с добре угнил оборски тор. Направено е двукратно третиране на почвата, съгласно схемата на опита, с микробиалните продукти Micotric L в доза 10 ml/m² и Europlus (10 g/m²), след предварителното им разтваряне във вода. Лехите са третирани с разтворите, последвано от обилно поливане с вода, за да може микробиалните продукти да проникнат в почвата. Първото внасяне е извършено няколко дни след сеитбата, а второто – един месец по-късно, когато разсъдът е във фаза „уши“. Третирането на разсадните растения с биостимуланта Trainer в доза 1 ml/m² е двукратно – във фаза „уши“ и преди разсаждане във фаза „готов разсад“. Определената доза от протеиновия хидролизат Trainer е разтворена във вода, след което е извършено листното подхранване. Конвенционалното отглеждане на разсада включва употреба на минерален азотен тор (амониева селитра) – 20 g/m² преди сеитбата и двукратно подхранване с 15 g/m² по време на разсадния период.

Почвата, върху която е осъществено разсадопроизводството е умерено алкална, слабо запасена с N_{min} (определен чрез дестилация и редукция на нитратите), с високо съдържание на подвижен фосфор (по Олсен), калий (в 2N HCl), калций и магнезий (в извлек от 1N KCl) (Таблица 1).

Подвижното желязо в опитната площ е ниско (7,7 mg.kg⁻¹) и се приближава до граничната стойност от 4,5 mg.kg⁻¹, под която при карбонатните почви може да настъпи железен дефицит

Таблица 1. Агрохимична характеристика на почвата за разсадопроизводство**Table 1.** Agrochemical characteristics of the soil for seedling production

Почва/ Soil	pH _(H2O)	P ₂ O ₅ mg.100g ⁻¹	K ₂ O mg.100g ⁻¹	NH ₄ ⁺ +NO ₃ ⁻ mg.kg ⁻¹	Ca mg.100g ⁻¹	Mg mg.100g ⁻¹
Rendzic Leptosol	7.66	19.7	66.3	8.34	320.3	39.9

(O'Hallorans et al., 2004). Съгласно класификацията на MAFF (Mitsios et al., 2005), съдържанието на усвоим Mn (23,4 mg.kg⁻¹) е задоволително. Запасеността на опитната площ с подвижните Zn (16,2 mg.kg⁻¹) и Cu (8,5 mg.kg⁻¹) е много висока.

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.

Проследени са показателите, характеризиращи растежа (брой листа на растение, свежо и сухо тегло на растения във фаза „готов разсад“), както и съдържанието на макро- и микроелементи в надземната биомаса през същата фаза.

Общият азот в разсада е определен по метода на Келдал. Останалите елементи са отчетени след сухо опепеляване на растителния материал в муфелна пещ при 500 °C и разтваряне на пепелта в 3 M HCl, след което фосфорът е определен по молибдат-ванадатния метод, а останалите елементи - с атомно-абсорбционен спектрометър „SpectrAA 220“ (Varian, Australia).

Обработката на данните е извършена с помощта на статистическия пакет PSPP for Windows. Приложен е тест за многопосочно сравняване на

резултатите по Duncan при ниво на вероятност 0,05. Ефектът от биопродуктите беше оценен и чрез прилагане на вариационен анализ.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Растежът на растенията протича при определено съчетание на факторите на средата, действащи в тясна връзка и обусловеност. Важно условие за получаване на качествен разсад има торенето и подхранването на тютюневите лехи (Donev & Milianchev, 1974).

Ефектът на торенето върху броя на формираните листа в опита е статистически недоказан и варирането на този показател е много слабо (Таблица 2). По-силно е влиянието му върху теглото (свежо и сухо) на разсада. Най-високо е свежото тегло на растенията, отгледани по конвенционалната технология (оборски тор и минерален тор) (Таблица 2). Сравнително близко до него е отчетеното при прилагане на микробиалния продукт Europlus, а значимо най-ниско - при самостоятелно торене с оборски тор. Сухото тегло на растенията следва хода на натрупаната све-

Таблица 2. Брой листа, свежо и сухо тегло на едно растение (средно за 2020-2021 г.)**Table 2.** Number of leaves, fresh and dry weight per plant (2-year average)

Вариант/ Treatment	Брой листа/ Number of leaves per plant	Свежо тегло на едно растение/ Fresh weight per plant (g)	Сухо тегло на едно растение/ Dry weight per plant (g)
T1	5.15a*	6.02c	0.85b
T2	5.35a	8.24a	1.13a
T3	5.35a	7.06b	0.97b
T4	5.45a	7.32b	1.00b
T5	5.30a	6.90b	0.95b
Средна стойност/ Mean	5.32±0.11	7.11±0.80	0.98±0.10
CV%	2.06	11.25	10.31

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

жа маса (Таблица 2). Доказано най-голяма суха биомаса е формирал тютюнът, торен с оборски тор+амониева селитра, а с най-малко сухо тегло се отличават растенията, торени само с оборски тор. Междинно положение заемат вариантите с биопродуктите Europlus, Micotric L и Trainer.

Микробиалните инокуланти Micotric L и Europlus повишават свежото тегло на разсадните растения със 17% - 22% спрямо самостоятелното приложение на оборски тор, а сухото – с 14% - 18%. Подобен резултат е получен в изследването на Tsvetkov et al. (2017b), според които вариантите включващи микоризните гъби *Glomus* и *Trichoderma* показват по-добра способност за натрупване на свежа и суха биомаса в присадниковата част на растението, което според авторите е от важно значение за доброто развитие на присадения сорт. Mitra et al. (2019) свързват по-голямото натрупване на биомаса при инокулацията с АМГ с повишената концентрация на различни макро- и микроелементи в растенията, което от своя страна води до нарастване на интензивността на фотосинтезата. Увеличението на свежото и сухото тегло на разсада при прилагане на протеиновият хидролизат Trainer е съответно с 15% и 12% спрямо варианта с оборски тор. Caruso et al. (2019) също намират, че биостимулантите на базата на протеинов хидролизат водят до натрупване на по-голяма растителна биомаса при домати и по-висок индекс на листната площ. Подобни са резултатите, публикувани от Colla et al. (2013) при царевицата. Colla et al. (2014) заключават, че протеиновият хидролизат може да действа като

регулатор на растежа на растенията поради наличието на пептиди. Няколко биоактивни пептида, произведени в различни растения, имат фито хормоноподобни дейности (Kondo et al., 2006). Положителният ефект от биостимуланта Trainer върху растежа на растенията се дължи и на стимулирането на усвояването и асимилацията на азота (Colla et al., 2014).

Теглото на растенията подлежи на по-големи промени от торенето (VC е 10,3% - 11,3%) в сравнение с броя на листата (VC е 2,1%).

Зависимостта на концентрацията на макроелементите в разсадните растения от приложението торене е представена в Таблица 3.

Тютюнът, торен с оборски тор и амониева селитра (Т2) е с най-високо съдържание на азот в надземната биомаса. Концентрацията на N при този вариант е сравнително близка до посочените от Campbell (2000) рамки за добра осигуреност през разсадната фаза (4,0%-6,0% N). Най-ниска е концентрацията на елемента в тютюневите растения, торени само с оборски тор. Биопрепаратите Micotric L, Europlus и Trainer повишават съдържанието на азот в разсада със 7,9% -12,9% спрямо самостоятелното торене с оборски тор. Michałojć et al. (2015) също отчитат по-голямо съдържание на общ азот в листата на домати, микоризирани с АМГ. Различни са резултатите, представени от Elliott et al. (2020), които установяват, че използването на търговския АМГ инокулум (*Rhizophagus irregularis*) не повишава концентрацията на N в надземните тъкани при различни сортове пшеница. Положителен ефект от приложението на протеинов хидролизат вър-

Таблица 3. Концентрация на макроелементи в надземната биомаса на тютюнев разсад (средно за 2020-2021 г.)

Table 3. Macroelement concentrations in the aboveground biomass of tobacco seedlings (2-year average)

Вариант/ Treatment	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
T1	3.03b*	0.26a	4.61a	2.18a	0.35a
T2	3.80a	0.26a	4.54a	2.16a	0.33a
T3	3.42ab	0.32a	4.89a	2.07ab	0.37a
T4	3.36b	0.29a	4.80a	1.94b	0.34a
T5	3.27b	0.25a	4.57a	2.03ab	0.37a
Средна стойност/ Mean	3.38±0.28	0.28±0.03	4.68±0.15	2.08±0.10	0.35±0.02
CV%	8.28	10.44	3.29	4.73	5.08

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

ху съдържанието на азот в листата е установен при домати от Colla et al. (2014). Увеличаването на концентрацията на продукта Trainer от 0 до 2,5 ml/L повишава концентрацията на N в листата на царевичката с 24%, което показва неговата ролята за подобряване на усвояването и асимилацията на азота от растенията (Colla et al., 2013). Протеиновите хидролизати може да повишат асимилацията на азота чрез увеличаване на нитрат редуктазната и глутамин синтетазна активност, наблюдавана в листата на царевичка от Ertanti et al. (2009).

Концентрацията на фосфор в биомасата не се променя значимо от торенето. Прилагането на микробиалните продукти Micotric L и Europlus повишава, макар и недоказано, неговото съдържание. В литературата е застъпено становището, че основният ефект на *Glomus* spp. при храненето е резултат от хифалното транспортиране на неподвижни минерални йони, което е важно предимство, особено за бавно дифундиращи минерални йони като фосфор (Tsvetkov et al., 2017a). В резултат на инокулацията с полезни микроорганизми при внасяне на Micotric L и Europlus (T3 и T4) се наблюдава увеличение на фосфора в тъканите с 11,5% - 23,1% спрямо варианта с оборски тор. Положителен ефект на комерсиалния продукт Symbivit®, съдържащ АМГ, върху усвояването на P от нахута е наблюдаван от Farzaneh et al. (2011). Фосфорът се повишава в тъканите на инокулираните растения поради промени, предизвикани от инокулацията в състава на микробната общност и/или кръговрата на хранителните вещества в ризосферата (Elliott et al., 2020). Останалите варианти са с по-ниска концентрация на фосфор – 0,25% - 0,26%, но тези стойности също са в оптималните граници, докладвани от Campbell (2000) (0,2% - 0,5% P). Вероятна причина за това е високото съдържание на подвижен фосфор в почвата, върху която е отгледан тютюневият разсад, както и внесените количества от елемента чрез оборския тор. Според Capuso et al. (2019) концентрацията на P в домати се повишава от прилагането на протеиновия хидролизат Trainer, което не съвпада с получените от нас данни.

Статистическият анализ не показва значими разлики между вариантите по отношение концентрацията на калий в разсада и те попадат в една група. Съдържанието на калия, подобно

на фосфора, е по-високо при прилагане на микробиалните продукти Micotric L и Europlus. Подобни данни представят Rouphael et al. (2010), които докладват, че инокулацията на краставици с арбускуларни микоризните гъби повишава съдържанието на K в листата. Авторите предполагат, че благоприятният ефект на АМГ се дължи на засиленото усвояване на хранителни вещества и транспорт до растението. Capuso et al. (2019) намират, че съдържанието на K в домати е повлияно положително от биостимуланта Trainer, но този ефект не се потвърждава при нашите условия. При всички случаи концентрацията на елемента превишава докладваната от Campbell (2000) горна граница от 4% за добра осигуреност на разсадните растения с калий. Високата калиева концентрация в опита може да се свърже както със значителната запасеност на почвата с усвоим калий, така и с торенето с оборски тор, който е важен източник на този елемент.

С най-ниска концентрация на калций се отличава разсадът, третиран с Europlus (T4). Baslam et al. (2011) обясняват този факт с подобрения растеж на инокулираните с АМГ марули, като по този начин се предизвиква ефект на разреждане на концентрациите на някои минерални хранителни елементи (в т.ч. Ca и Mn). Данните, представени от Rouphael et al. (2010) показват, че съдържанието на Ca в листата и плодовете на краставици не зависи съществено от инокулацията с *G. intraradices*. Изследването потвърждава резултатите на Capuso et al. (2019) за липсата на значим ефект от протеиновия хидролизат Trainer върху съдържанието на Ca в домати. Концентрацията на калция при всички изпитвани варианти е по-висока от стойностите за добра осигуреност на разсада (0,6%-1,5% Ca), посочени от Campbell (2000). Голямото количество подвижен калций в Хумусно-карбонатната почва е вероятната причина за повишеното съдържание на елемента в надземната биомаса на тютюневия разсад.

Експериментиранияте варианти не са създали практически уловима диференциация на разсада по съдържанието на магнезий. Резултатите са в съответствие с установените от Farzaneh et al. (2011), които намират, че концентрациите на Mg в нахута не са повлияни от микоризната инокулация. Получените в настоящия експеримент стой-

ности за Mg са в границите за добра осигуреност, съобщени в литературата (Campbell, 2000).

Най-слабо варира от торенето концентрацията на калия (VC – 3,3%), следван от калция (VC – 4,7%) и магнезия (VC – 5,1%). Размахът на варирането е най-голям при фосфора (VC – 10,4%).

Ефектът на торенето върху концентрацията на микроелементите в разсада е отразен в Таблица 4.

Колонизацията на корените с АМГ често води до повишено усвояване на относително слабо подвижни микроелементи, като Cu, Zn и Fe (Faber et al., 1990; Kothari et al., 1990). Влиянието на АМГ (*G. intraradices*) върху усвояването на Cu, Zn, Mn и Fe от растенията зависи от нивата на P и микроелементи, добавени в почвата (Liu et al., 2000). Авторите докладват за отрицателен ефект от високите нива на P и на микроелементите върху развитието както на вътрешната микоризна колонизация на корените, така и на екстрадикалните хифи.

Концентрацията на Fe в разсада не се променя доказано от торенето. При внасяне на микробиалните продукти Micotric L и Europlus концентрацията на елемента нараства с 13,7% - 18% спрямо самостоятелното торене с оборски тор. Резултатите са в съгласие с публикуваните от Liu et al. (2000), които установяват, че микоризата подобрява усвояването на Fe в царевица, отглеждана върху почва с ниско съдържание на елемента. Rouphael et al. (2010) също намират, че инокулираните краставични растения акумулират средно с 14% повече Fe от неинокулираните,

което предполага, че арбускуларната микоризна инокулация с биотор, съдържащ *G. intraradices* засилва усвояването и транслокацията на Fe към стъблата. Авторите заключават, че по-високото поглъщане и натрупване на Fe в инокулирани, отколкото неинокулирани растения от краставици е основен механизъм за намаляване на вредния ефект на алкалността (дефицит на Fe) върху добива и растежа на растенията. Влиянието на протеиновия хидролизат Trainer върху концентрацията на желязото е незабележимо. Всички опитни варианти попадат в рамките за добра осигуреност с Fe (50-300 mg/kg), посочени от Campbell (2000).

Концентрацията на Mn в тютюна е повлияна много слабо от изпитваните варианти. Микробиалните продукти Micotric L и Europlus са без доказан ефект върху съдържанието на манган в разсада, което не съвпада с установеното от Rouphael et al. (2010) значимо увеличение на Mn в листата на микоризираните с *G. intraradices* краставици. От друга страна, Liu et al. (2000) намират, че микоризираните растения се отличават с по-ниско съдържание на Mn от неинокулираните при най-високото съдържание на микроелемента в почвата. При по-ниското съдържание на Mn в субстрата или при варианта без добавяне на микроелементи, микоризираните и немикоризираните растения имат сходно Mn съдържание. Всички отчетени стойности за елемента са близки до долната граница от 20 mg/kg, докладвана от Campbell (2000).

Концентрацията на цинк в растенията се повишава достоверно при варианта с микробиал-

Таблица 4. Концентрация на микроелементи в надземната биомаса на тютюнев разсад (средно за 2020-2021 г.)

Table 4. Micronutrient concentrations in the aboveground biomass of tobacco seedlings (2-year average)

Вариант/ Treatment	Fe (mg.kg ⁻¹)	Mn (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)	Cu (mg.kg ⁻¹)
T1	134.5a*	29.1a	36.3b	9.2b
T2	139.4a	32.3a	37.8ab	9.7ab
T3	158.7a	30.8a	40.3a	10.7a
T4	152.9a	31.7a	37.2ab	10.5a
T5	135.9a	29.7a	35.2b	10.0ab
Средна стойност/ Mean	144.3±10.86	30.7±1.33	37.4±1.91	10.0±0.61
CV%	7.53	4.35	5.12	6.05

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

ния продукт Micotric L спрямо самостоятелно торене с оборски тор. Статистически недоказано увеличаване се наблюдава при третиране с Europlus. Според Liu et al. (2000) общото съдържание на Zn в царевичата е по-високо при микоризирани, отколкото при немикоризирани растения, отгледани върху почви с ниско съдържание на фосфор и ниско ниво на подвижен Zn. Авторите обобщават, че непоследователните реакции на микоризните растения в усвояването на микроелементите може да бъдат свързани със силно променливите почвени условия, които влияят върху колонизацията на корените с АМГ и развитието на извънрадикални хифи; АМГ от своя страна влияят върху усвояването на тези метали. При всички варианти отчетените концентрации на цинка са в границите (20-60 mg/kg), посочени от Campbell (2000).

Под въздействието на микробиалните продукти Micotric и Europlus концентрацията на Cu в разсада се повишава слабо, но доказано спрямо варианта с оборски тор. Аналогични данни са представени от Baslam et al. (2011), според които концентрацията на Cu в растенията нараства под влияние на АМГ. Резултатите за слабото увеличение в съдържанието на мед в инокулираните тютюневи растения са получени при условия на високо съдържание на подвижна мед в опитната площ. Различна е тенденцията, описана от Liu et al. (2000), които намират, че общото съдържание на Cu в растенията се увеличава от микоризната колонизация, когато не се добавени микроелементи, т.е. само при ниско съдържание на ДТРА-Cu в почвата. Концентрацията на медта в тютюна е висока и много близка до горната гранична стойност от 10 mg/kg, отбелязана от Campbell (2000).

Варирането на концентрациите на микроелементите Fe, Mn, Zn и Cu в разсада от приложеното торене е слабо (VC – 4,4% - 7,5%).

ИЗВОДИ

Количеството свежа и суха биомаса, както и концентрацията на макро- и микроелементи в тютюневия разсад са повлияни от вида на използваните торове. При самостоятелната употреба на оборски тор се наблюдава известен азотен дефицит, който се изразява в понижена

акумулация на биомаса и по-ниски концентрации на N в нея.

Растенията от конвенционалната технология, при която се внася оборски тор и минерален азотен тор, са с най-голямо свежо и сухо тегло, както и с най-висока концентрация на N в надземната биомаса.

Микробиалните продукти Micotric L и Europlus повишават свежото тегло на разсадните растения със 17% - 22%, а сухото – с 14% - 18% спрямо самостоятелното приложение на оборски тор. Повишението на тези показатели от протеиновия хидролизат Trainer е съответно с 15% и с 12%.

Микробиалните инокуланти Micotric L и Europlus увеличават съдържанието на азот в разсада с 11% - 13% спрямо варианта с оборски тор, на фосфора – с 12% - 23%, а на калия - с 4% - 6%. Концентрациите на Fe, Zn и Cu в разсада нарастват слабо от тяхната употреба. Увеличението на азота в биомасата от протеиновия хидролизат Trainer е с 8%.

Положителните ефекти на микробиалните инокуланти Micotric L и Europlus и на протеиновия хидролизат Trainer върху растежа и минералния състав на растенията дават основание за включването им при разработване на екологични технологии за разсадопроизводството на тютюн.

Благодарности

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

ЛИТЕРАТУРА

- Baslam, M., Garmendia, I., & Goicoechea, N. (2011). Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) Improved Growth and Nutritional Quality of Greenhouse-Grown Lettuce. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(10), 5504-5515.
- Campbell, C. (2000). Reference Sufficiency Ranges Field Crops, Tobacco, Flue-cured. www.ncagr.com/agronomi/saaesd/fluecure.htm
- Caruso, G., De Pascale, S., Cozzolino, E., Cuciniello, A., Cenvinzo, V., Bonini, P., Colla, G., & Roupheal, Y. (2019). Yield and nutritional quality of Vesuvian Pien-nolo tomato PDO as affected by farming system and biostimulant application. *Agronomy*, 9, 505.

- Cimen, I., Pirinc, V., Doran, I., & Turgay, B.** (2010). Effect of soil solarization and arbuscular mycorrhizal fungus (*Glomus intraradices*) on yield and blossom-end rot of tomato. *International Journal of Agriculture & Biology*, 12, 551–555.
- Colla, G., Svecova, E., Rouphael, Y., Cardarelli, M., Reynaud, H., Canaguier, R., & Planques, B.** (2013). Effectiveness of a plant-derived protein hydrolysate to improve crop performances under different growing conditions. *Acta Horticulturae*, 1009, 175–179.
- Colla, G., Rouphael, Y., Canaguier, R., Svecova, E., & Cardarelli, M.** (2014). Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. *Frontiers in Plant Science*, 5:448.
- Colla, G., Nardi, S., Cardarelli, M., Ertani, A., Lucini, L., Canaguier, R., & Rouphael, Y.** (2015). Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 96, 28–38.
- Colla, G., Cardarelli, M. & Rouphael, Y.** (2020). Plant biostimulants: new tool for enhancing agronomic performance and fruit quality of cucurbits. *Acta Horticulturae*, 1294, 245-252.
- De Pascale, S., Rouphael, Y., & Colla, G.** (2017). Plant biostimulants: innovative tool for enhancing plant nutrition in organic farming. *European Journal of Horticultural Science*, 82(6), 277–285.
- Donev, N., & Milianchev, I.** (1974). Scientific achievements in the tobacco seedling production. *Bulgarian tobacco*, 1, 19-28.
- Elliott, A.J., Daniell, T.J., Cameron, D.D., & Field, K.J.** (2020). A commercial arbuscular mycorrhizal inoculum increases root colonization across wheat cultivars but does not increase assimilation of mycorrhiza-acquired nutrients. *Plants, People, Planet*, 2020;00:1–12.
- Ertani, A., Cavani, L., Pizzeghello, D., Brandellero, E., Altissimo, A., Ciavatta, C. & Nardi, S.** (2009). Biostimulant activity of two protein hydrolyzates in the growth and nitrogen metabolism of maize seedlings. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172:237-244.
- Faber, B.A., Zasoski, R.J., Burau, R.G., & Uriu, K.** (1990). Zinc uptake by corn affected by vesicular-arbuscular mycorrhizae. *Plant and Soil*, 129, 121–131.
- Farzaneh, M., Vierheilig, H., Lössl, A., & Kaul, H.P.** (2011). Arbuscular mycorrhiza enhances nutrient uptake in chickpea. *Plant, Soil and Environment*, 57(10) 465–470.
- Hristeva, Ts.** (2013). Influence of the organic product Natur Biokal 01 as biostimulator and biofungicid in tobacco. *Science and technologies*, 3(6), 259-265.
- Kondo, T., Sawa, S., Kinoshita, A., Mizuno, S., Kakimoto, T., Fukuda, H., & Sakagami, Y.** (2006). A plant peptide encoded by CLV3 identified by in situ MALDI-TOF MS analysis. *Science*, 313, 845–848.
- Kothari, S.K., Marschner, H., & Römheld, V.** (1990). Direct and indirect effects of VA mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms on acquisition of mineral nutrients by maize (*Zea mays* L.) in a calcareous soil. *New Phytologist*, 116, 637–645.
- Liu, A., Hamel, C., Hamilton, R., Ma, B., & Smith, D.** (2000). Acquisition of Cu, Zn, Mn and Fe by mycorrhizal maize (*Zea mays* L.) grown in soil at different P and micronutrient levels. *Mycorrhiza*, 9, 331–336.
- Michalójc, Z., Jarosz, Z., Pitura, K., & Dzida, K.** (2015). Effect of mycorrhizal colonization and nutrient solutions concentration on the yielding and chemical composition of tomato grown in rockwool and straw medium. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 14(6) 15–27.
- Mitra, D., Uniyal, N., Panneerselvam, P., Senapati, A., Ganeshamurthy, A.N., Jain, D., & Kumar, V.** (2019). Role of mycorrhiza and its associated bacteria on plant growth promotion and nutrient management in sustainable agriculture. *International Journal of Life Sciences & Applied Sciences*, 1(1), 1-10.
- Mitsios, K.I., Golia, E., & Tsadilas, D.C.** (2005). Heavy Metal Concentration in Soils and Irrigation Waters in Thessaly Region, Central Greece. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36, 487-501.
- O'Hallorans, J.M., Lindemann, W.C., & Steiner, R.** (2004). Iron Characterization in Manure Amended Soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 35(15&16), 2345-2356.
- Rouphael, Y., Cardarelli, M., Di Mattia, E., Tullio, M., Rea, E., & Colla, G.** (2010). Enhancement of alkalinity tolerance in two cucumber genotypes inoculated with an arbuscular mycorrhizal biofertilizer containing *Glomus intraradices*. *Biology and Fertility of Soils*, 46, 499–509.
- Rouphael, Y., Carillo, P., Cristofano, F., Cardarelli, M., & Colla, G.** (2021). Effects of vegetal-versus animal-derived protein hydrolysate on sweet basil morphophysiological and metabolic traits. *Scientia Horticulturae*, 284, 110123.
- Tsvetkov, I., Georgieva, L., Tsvetkova, D., Michailova, V., & Georgiev, D.** (2017a). 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.
- Tsvetkov, I., Markov, E., Dzhabazova, T., & Georgiev, D.** (2017b). 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.