

DOI: <https://doi.org/10.61308/PUPP1708>

Растеж и минерален състав на тютюн Виржиния в отговор на минерално торене и биостимуланти

Радка Божинова^{1*}, Йовко Дюлгерски¹, Виолета Николова², Николай Николов¹

¹*Институт по тютюна и тютюневите изделия - с. Марково, област Пловдив, Селскостопанска академия*

²*Институт по консервиране и качество на храните - Пловдив, Селскостопанска академия*

E-mail*: rbojinova@yahoo.com

Резюме

Проучено е влиянието на минерално торене и на два биостимуланта (микробиален инокулант Mucoplant® и протеинов хидролизат Trainer®) върху растежа и минералния статус на тютюн Виржиния. Изследването е проведено при условия на полски и съдов експеримент върху Хумусно-карбонатна почва.

Установено е, че разсадът от конвенционалната технология, при която се внася оборски тор и минерален азотен тор, е с най-голямо тегло и най-висока концентрация на N и Ca в биомасата. Биостимулантите също имат положителен ефект върху теглото на разсада и съдържанието на макро- и микроелементи. Микробиалният продукт повишава свежото и сухото тегло на разсада с 16,8% - 22,5% спрямо самостоятелното торене с оборски тор, а протеиновият хидролизат Trainer с 8% - 12%. Микробиалният инокулант, съдържащ АМ гъби, увеличава концентрацията на N в разсада с 8% спрямо варианта с оборски тор, на P – с 9%, а на Mg – с 13%. Концентрациите на Fe, Mn, Zn и Cu нарастват също от неговата употреба. Увеличението на азота в разсада от протеиновия хидролизат Trainer е с 11%, а на магнезия – с 4%.

Площта и теглото на листата на тютюн Виржиния от съдовия опит са във висока зависимост от торенето с комбиниран тор. Биопродуктите Mucoplant и Trainer имат по-слаб положителен ефект върху тези показатели. Минералното торене с NPK тор увеличава доказано концентрацията на N, P и K в листата на тютюна. Биостимулантите също подобряват усвояването на основни хранителни елементи от тютюневите растения. Микробиалният инокулант увеличава доказано концентрацията на Fe в листата на тютюн Виржиния – с 25,5% спрямо неторения вариант, а протеиновият хидролизат Trainer - на N (+14,3%).

Ключови думи: тютюн Виржиния, арбускуларни микоризни гъби, протеинов хидролизат, растежни показатели, макроелементи, микроелементи

Growth and mineral composition of Virginia tobacco in response to mineral fertilization and biostimulants

Radka Bozhinova^{1*}, Yovko Dyulgierski¹, Violeta Nikolova², Nikolay Nikolov¹

¹Tobacco and Tobacco Products Institute - Markovo, Aricultural Academy

²Institute of Food Preservation and Quality - Plovdiv, Aricultural Academy

Corresponding author*: rbojinova@yahoo.com

Citation: Bozhinova, R., Dyulgierski, Y., Nikolova, V., & Nikolov, N. (2024). Growth and mineral composition of Virginia tobacco in response to mineral fertilization and biostimulants. *Bulgarian Journal of Soil Science Agrochemistry and Ecology*, 58(3), 10-22 (Bg).

Abstract

The influence of mineral fertilization and two biostimulants (microbial inoculant Mycoplant® and protein hydrolysate (PH) Trainer®) on the growth and mineral composition of Virginia tobacco was studied in field and pot experiments on Rendzic Leptosol.

The seedlings of the conventional technology (manure+mineral nitrogen fertilizer) had the highest weight and the highest concentration of N and Ca in the above-ground biomass. Biostimulants also had a positive effect on plant weight and the concentration of macro- and micronutrients. Microbial inoculant Mycoplant and PH Trainer increased seedling weight (fresh and dry) by 16.8% - 22.5% and 8% - 12%, respectively, compared to the manure treatment. The microbial inoculant containing AM fungi increased seedling N, P and Mg concentration by 8%, 9% and 13%, respectively, compared to manure treatment. The concentrations of Fe, Mn, Zn and Cu also increased when Mycoplant was applied. The application of a PH-based biostimulant Trainer resulted in higher concentration of N (by 11%) and Mg (by 4%) in seedlings.

Leaf area and leaf weight (pot experiment) were positively affected by compound fertilizer application. Biostimulants Mycoplant and Trainer had a weaker positive effect on these indicators. The application of compound NPK fertilizer significantly increased the concentration of N, P and K in the leaves. Biostimulants also improved the uptake of essential nutrients by tobacco plants. The microbial inoculant significantly increased the concentration of Fe in the leaves - by 25.5% compared to the control. The concentration of N was increased by 14.3% when PH Trainer was applied.

Key words: Virginia tobacco, arbuscular mycorrhizal fungi, protein hydrolysate, growth parameters, macronutrients, micronutrients

Въведение

Ефективното използване на различни източници на хранителни вещества е средство за оптимизиране на растежа, добива и качеството на тютюна. Минералното торене е незаменимо мероприятие за постигане на максимален стопански ефект в земеделието, в частност тютюнопроизводството. От друга страна, прекомерната употреба на минерални торове е с доказани негативни въздействия върху екосистемите (Kumari et al., 2022), което води до необходимост от ограничаване на тяхното използване и прилагане на алтернативни средства, които да осигуряват оптимален хранителен режим и да гарантират получаване на устойчиви добиви.

През последните години в литературата се описват редица благоприятни ефекти от използването на биостимулатори с различен състав и произход при голям брой култури. Широко застъпена е употребата на биопродукти, разработени на базата на арбускуларни микоризни гъби (АМГ). Всички видове от р. *Glomus* spp., който е най-големия род от АМ гъби, имат способности да формират симбиотични отношения с корените на растенията и тази симбиоза може да има значителен принос за усвояването на хранителни вещества (Tsvetkov et al., 2017). АМ гъби образуват подземни извънкоренови хифи, увеличават общата абсорбционна повърхност на корените на инокулирани растения и улесняват достъпа на растенията до хранителни вещества, особено тези, чиито йони са слабо подвижни или такива, които присъстват в ниска концентрация в почвения разтвор (Smith & Read, 2010). Доказано е, че АМГ подобряват храненето на растенията, т.е. играят роля на биоторове, влияят върху баланса на фитохормоните, следователно върху растежа и развитието на растенията (биорегулатори) и понижават ефекта от стресовите фактори на околната среда (биопротектори). Това от своя страна може да доведе до увеличаване на биомасата и добивите от растенията, както и до промени в различни качествени показатели (Rouphael et al., 2015). Установено е, че АМ

гъби подобряват усвояването на хранителните вещества от растенията при нахут (Farzaneh et al., 2011), домати (Hart et al., 2015; Roussis et al., 2022), тютюн (Begum et al., 2021), пшеница (De Santis et al., 2022). Положителен ефект от употребата на биопродукти, разработени на база на АМГ, е наблюдаван върху добивите от краставици (Wang et al., 2008; Rouphael et al., 2010), картофи (Douds Jr et al., 2007), домати (Ziane et al., 2021), тютюн (Begum et al., 2021; Bozhinova & Hristeva, 2022) и др. Инукулацията с АМГ увеличава сухото вещество, общите захари, пластидните пигменти и намалява нитратното съдържание при два сорта салати (Mitova, 2020). Повишава се съдържанието на хлорофил, каротеноиди, феноли, флавоноиди и на осмолити в тютюневи растения, инокулирани с АМ гъби (Begum et al., 2021).

През последните години нараства интересът и към протеиновите хидролизати като средство за регулиране на хранителния режим на растенията. Протеиновите хидролизати са смеси от полипептиди и свободни аминокиселини. Получават се в резултат на ензимна и химична хидролиза на продукти от животински или растителен произход. Прилагането на протеинови хидролизати повишава устойчивостта на растенията към различни стресови фактори, подобрява храненето, увеличава акумулирането на биомаса и продуктивността на културите (Ertani et al., 2019; Rouphael et al., 2021; Sun et al., 2024).

Въпреки големия си екологичен потенциал, биоторовете не могат да заменят изцяло конвенционалните. Причина за това е непоследователността в проявата на агрономическия им ефект при различните земеделски култури в условията на полево валидиране (Cimen et al., 2010; Elliott et al., 2021). Това налага задълбочени познания за особеностите на биопродуктите, съобразно спецификата на всяка култура при конкретните условия на отглеждане.

Целта на изследването беше да се проучи влиянието на минералното торене и на два търговски биостимуланта (микробиален инокулант Mucoplant® и протеинов хидролизат Trainer®) върху растежа и минералния състав

на тютюн Виржиния.

Материали и методи

За проследяване ефективността на минералното торене и на биопродуктите Mucoplant и Trainer върху тютюн Виржиния (сорт Виржиния 0454) през 2022 г. е изведен полски и съдов опит върху Хумусно-карбонатна почва (Rendzic Leptosol) в Института по тютюна и тютюневите изделия, Марково.

Микробиалният препарат Mucoplant® (Испания) е мономикоризен. Съдържа спори от арбускуларни микоризни гъби (АМГ) от р. *Glomus* (*G. intraradices*), клей, силициев диоксид, торф, ускорител.

Биостимулаторът Trainer® (Italpollina, Италия) е произведен чрез иновативната система LISIVEG, използвайки протеинови вещества от растителен произход. Съдържа органичен азот (5%), растителни пептиди (31%), органична материя (35,5%) и органичен въглерод (17,8%).

(I). Полски опит за изпитване ефекта на минералното торене с амониева селитра и на биостимулантите Mucoplant и Trainer при производството на разсад от тютюн Виржиния.

Проучени са вариантите:

T1 - Торене на разсада с оборски тор;

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

T3 - Торене с оборски тор+микробиален продукт Mucoplant;

T4 - Торене с оборски тор+протеинов хидролизат Trainer.

След засяването на семената през м. март, лехите са покрити с добре угнил оборски тор. Третирането на почвата, съгласно схемата на опита, с 0,6% разтвор на микробиалния инокулант Mucoplant е направено във фаза „уши“ на разсада. Лехите са третирани с разтвора, последвано от обилно поливане с вода, за да може микробиалният продукт да проникне в почвата. Листното подхранване 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 третирането. Конвенционалното отглеждане на разсада включва употребата 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 Nmin (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 (7,5 mg/kg) е ниско (O'Hallorans et al., 2004; Zapřjanova & Hristozova, 2018). Съгласно класификацията на MAFF (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food) (Mitsios et al., 2005), запасеността на почвата с подвижните Mn (36,6 mg/kg), Zn (6,8 mg/kg) и Cu (7,1 mg/kg) е 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 (ISO 14870:2001).

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.

(II). Съдов експеримент за оценка на влиянието на минералното торене с комбиниран NPK тор и на биостимулантите Mucoplant и Trainer върху тютюневата култура.

Заложени са четири варианта:

T1 – Контрола, без торене;

T2 – Минерално торене с комбиниран NPK тор (N₃P₃K₃);

T3 – Внасяне в почвата на микробиален продукт Mucoplant;

T4 - Третиране на тютюна с протеинов хидролизат Trainer.

Тютюнът е разсаден през м. май в съдове, съдържащи 5 kg Хумусно-карбонатна почва. Опитът е заложен в три повторения.

Микробиалният инокулант Mucoplant (0,2 g/съд) е внесен по време на разсаждането на

дълбочина на кореновата система. Листното подхранване на тютюна с протеиновия хидролизат Trainer (4 ml/L) е двукратно – първото третиране е извършено в началото на фаза интензивен растеж на тютюна, а второто – през периода на активния растеж. Комбинираният тор NPK (15:15:15) е внесен при разсаждането (3,3 g/съд).

Почвата е с алкална реакция, средно пясъчливо-глинеста, със следната агрохимична характеристика: съдържание на N_{min} – 11,8 mg/kg, на подвижен P₂O₅ – 3,04 mg/100 g, на подвижен K₂O – 51,0 mg/100 g. Съдържанието на подвижните форми на Ca е 397,3 mg/100 g, а на Mg – 23,5 mg/100 g почва. Съдържанието на подвижното желязо, манган, цинк и мед е съответно 6,8, 24,7, 7,8 и 6,5 mg/kg.

През вегетацията са снети данни за размерите на технически зрели листа от среден и горен беритбен пояс, респ. 12-ти и 18-ти лист. Листната площ е изчислена като произведението на линейните параметри (дължина и ширина) е умножено по намерения от Moustakas & Ntzanis (1998) за тютюн Виржиния коригиращ коефициент от 0,653. Отчетено е свежото и сухото тегло на листата (g/растение) по варианти.

Технически зрели листа от среден беритбен пояс са анализирани за съдържание на макро- и микроелементи (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn и Cu).

Общият азот в растителните проби е определен по метода на Келдал. Останалите елементи са отчетени след сухо опепеляване на растителния материал в муфелна пещ при 500^o 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).

Обработката на данните е извършена с помощта на статистическия пакет PSPPP for Windows. Използвани са вариационен анализ и тест за многопосочно сравняване на резултатите по Duncan при ниво на вероятност 0,05. Чрез корелационен анализ са изяснени зависимости между сухото тегло на листата и съдържанието

на хранителни елементи в тях.

Резултати и обсъждане

Проучване влиянието на минералното торене с азотен тор и на биостимулантите Mucoplant и Trainer при производството на разсад от тютюн Виржиния

Резултатите показаха, че влиянието на изпитваните варианти върху формираня брой листа при разсадните растения е статистически недоказано (таблица 2). Растенията торени с амониева селитра (T2) и тези от варианта с Mucoplant (T3) са с 9,4% по-голям брой листа от контролните. С най-малко тегло се отличават растенията, торени само с оборски тор (T1), а с най-голямо – тези от конвенционалната технология (оборски тор+минерален азотен тор) (T2). Разликата между тях е доказана при равнище на значимост 0,05. Повишението на свежото тегло на торения с амониева селитра разсад е с 33,6% спрямо варианта със самостоятелно прилагане на оборски тор, а на сухото – с 53,5%. Прилагането на микробиалния инокулант (T3) също води до достоверно повишение на свежото тегло спрямо варианта с оборски тор. Сухото тегло на растенията следва хода на натрупаната свежа биомаса. Микробиалният продукт Mucoplant повишава свежото тегло на разсадните растения с 16,8% спрямо самостоятелното приложение на оборски тор, а сухото – с 22,5%. По-голямото натрупване на биомаса при инокулацията с АМ гъби може да се свърже с повишената концентрация на различни макро- и микроелементи в растенията и нарастналата интензивност на фотосинтезата (Mitra et al., 2019). Увеличението на свежото и сухото тегло на разсада при прилагане на Trainer е съответно с 8% и 12% спрямо варианта с оборски тор. Една от причините за положителния ефект от протеиновия хидролизат Trainer върху растежа е стимулирането на усвояването и асимилацията на азот от растенията (Colla et al., 2014).

Данните за концентрацията на хранителните елементи в надземната биомаса на разсада са представени в таблици 3 и 4.

Посочените в литературата референтни

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	K ₂ O mg/100g	NH ₄ ⁺ +NO ₃ ⁻ mg/kg	Ca mg/100g	Mg mg/100g
Rendzic Lep-tosol	7,72	21,3	67,1	11,28	309,5	37,0

Таблица 2. Брой листа, свежо и сухо тегло на разсадни растения
Table 2. Number of leaves, fresh and dry weight of tobacco seedlings

Вариант/Treatment	Брой листа/Number of leaves per plant	Свежо тегло/Fresh weight, g per plant	Сухо тегло/Dry weight, g per plant
T1	5,3a	14,67c	2,0b
T2	5,8a	19,60a	3,07a
T3	5,8a	17,13b	2,45b
T4	5,4a	15,84c	2,24b
Средна/Mean±SD	5,58±0,594	16,81±2,87	2,44±0,614
CV %	10,65	17,07	25,16

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

Таблица 3. Концентрация на макроелементи в надземната биомаса на тютюнев разсад
Table 3. Macronutrient concentrations in the aboveground biomass of tobacco seedlings

Вариант/Treatment	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
T1	2,96c	0,23a	4,87ab	1,58b	0,23b
T2	3,67a	0,22a	4,75b	1,75a	0,24ab
T3	3,21b	0,25a	5,02a	1,63b	0,26a
T4	3,29b	0,22a	4,81ab	1,54b	0,24ab
Средна/ Mean±SD	3,28±0,275	0,23±0,018	4,86±0,146	1,63±0,094	0,24±0,015
CV %	8,38	7,83	3,00	5,77	6,25

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

стойности за добра осигуреност на разсад от тютюн Виржиния с макро- и микроелементи са: N (4,0%-6,0%); P (0,2%-0,5%); K (3,0%-4,0%); Ca (0,6%-1,5%); Mg (0,2%-0,6%); Fe (50-300 mg/kg); Mn (20-250 mg/kg); Zn (20-60 mg/kg) и Cu (5-10 mg/kg) (Campbell, 2000).

Концентрацията на N в разсада варира от 2,96% до 3,67%, най-ниска при растенията торени само с оборски тор. Най-висока е концентрацията му при варианта с амониева селитра (T2), при който увеличението спрямо самостоятелното торене с оборски тор е с 24%. Концентрацията на N при този вариант е най-близка до посочените от Campbell (2000) стойности за добра осигуреност. Нарастването на азота в разсада от биопрепаратите Mucoplant и Trainer е съответно с 8,4% и 11,1%. Ertani et al. (2009) считат, че протеиновите хидролизати може да повишат асимилацията на азота при царевични растения чрез увеличаване на нитрат редуктазната и глутамин синтетазната активност. Концентрацията на P в разсада не се променя значимо по варианти. Увеличението на фосфора в тъканите в резултат на инокулацията с арбускуларни микоризни гъби (T3) е с 8,7% спрямо варианта с оборски тор. Elliott et al. (2021) също установяват, че инокулацията с АМГ повишава усвояването на фосфор при три сорта пшеница. Според тях фосфорът се повишава в растителните тъкани поради промени, предизвикани от инокулацията, в състава на микробната общност и/или кръговрата на хранителните вещества в ризосферата. При всички варианти отчетените стойности за фосфора са в оптималните граници, докладвани от Campbell (2000). Това се обяснява с високото съдържание на подвижен фосфор в почвата, върху която е отгледан разсадът, както и с внесените количества с оборския тор. Съдържанието на K в разсада, подобно на фосфора, е най-високо при прилагане на микробиалния продукт. Подобна тенденция е описана от Roupheal et al. (2010), които докладват, че инокулацията на краставични растения с АМГ повишава съдържанието на K в листата. Според тях благоприятният ефект на АМГ се дължи на засиленото усвояване на

хранителни вещества и транспорт до растението. Концентрацията на Ca е доказано най-висока при внасяне на оборски тор+минерален N тор (T2), а на магнезия - при варианта с Mucoplant (T3). Отчетените стойности за двата елемента са в границите за добра осигуреност, съобщени в литературата.

Концентрацията на калия варира най-слабо от торенето (CV е 3%), а най-голямо вариране се установи при азота (CV - 8,4%).

Концентрацията на Fe в разсада нараства с 5,5% при внасяне на микробиалния продукт Mucoplant (T3) спрямо самостоятелното торене с оборски тор. Нашите резултати са в съгласие с извода, че микоризата подобрява усвояването на Fe от растения, отглеждани върху почва с ниско съдържание на елемента (Liu et al., 2000). Сведенията за ефекта на микоризната колонизация върху усвояване на Fe от растенията са непоследователни. Например, съобщенията за влиянието на *G. mosseae*, *G. intraradices* и *G. versiforme* са за намаляване концентрацията на желязо при краставици (Wang et al., 2008). Микоризното инокулиране не оказва значително влияние върху концентрацията на Fe във фъстъчени растения, докато Fe се увеличава в инокуираните растения при сорго (Caris et al., 1998). Противоречивите резултати от микоризата върху усвояването на микроелементи от растенията може да се дължат на силно променливите почвени условия, които от своя страна влияят върху колонизацията на корените с АМ гъби и развитието на хифите (Liu et al., 2000). Микробиалният продукт има доказан положителен ефект и върху съдържанието на манган в разсада, което съвпада с установеното от Roupheal et al. (2010) значимо увеличение на Mn в листата на микоризираните с *G. intraradices* растения.

Под въздействието на микробиалния инокулант концентрацията на Zn и Cu в разсада се повишава също, съответно с 5,6% и 15,3%. Аналогични данни са представени от други изследователи, според които концентрацията на цинк и мед в растенията нараства при инокулация с АМ гъби (Cimen et al., 2010; Roupheal et al., 2010; Hart et al., 2015; Roupheal et al., 2015; Tsvetkov

Таблица 4. Концентрация на микроелементи в надземната биомаса на тютюнев разсад
Table 4. Micronutrient concentrations in the aboveground biomass of tobacco seedlings

Вариант/Treatment	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
T1	161,9ab	28,3b	39,1a	8,5ab
T2	153,7bc	27,2b	39,6a	8,3ab
T3	170,8a	30,4a	41,3a	9,8a
T4	147,8c	27,5b	40,0a	7,8b
Средна/Mean±SD	158,6±10,23	28,4±1,55	40,0±1,66	8,61±1,02
CV %	6,45	5,46	4,15	11,85

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

Таблица 5. Листна площ и тегло на листата на тютюн Виржиния
Table 5. Leaf area and leaf weight of Virginia tobacco

Вариант/ Treatment	Листна площ/ Leaf area, cm ²		Тегло на листата/Leaf weight, g per plant	
	12 лист/12 leaf	18 лист/18 leaf	Свежо/Fresh	Сухо/Dry
T1	543,1c	388,7c	241,2c	76,3c
T2	815,8a	622,3a	336,6a	110,7a
T3	670,3b	471,9b	286,2b	93,6b
T4	631,7b	447,1b	275,4b	89,2b
Средна/Mean±SD	665,3±104,89	482,5±92,67	284,9±37,12	92,43±13,59
CV%	15,77	19,21	13,03	14,70

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

Таблица 6. Концентрация на макроелементи в листата на тютюн Виржиния
Table 6. Macroelement concentrations in Virginia tobacco leaves

Вариант/Treat- ment	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
T1	1,54c	0,15b	2,07bc	1,99ab	0,38ab
T2	2,15a	0,19a	2,65a	2,18a	0,42ab
T3	1,68bc	0,16ab	2,14b	2,07ab	0,44a
T4	1,76b	0,13b	1,91c	1,92b	0,37b
Средна/ Mean±SD	1,78±0,25	0,16±0,03	2,19±0,31	2,04±0,13	0,04±0,40
CV%	14,04	16,88	14,16	6,37	10,00

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

et al., 2017).

Получените данни от изследването (таблица 4) показват, че концентрацията на микроелементите (Fe, Mn, Zn и Cu) в разсада при всички варианти е в посочените от Campbell (2000) граници за добра осигуреност.

Варирането на концентрациите на микроелементите Fe, Mn и Zn в разсада от изпитваните варианти е по-слабо от това при медта.

Проучване реакцията на тютюн Виржиния към минерално торене с комбиниран NPK тор и биостимулантите Mucoplant и Trainer при условия на съдов експеримент

В таблица 5 са представени данните за площта и теглото на листата от тютюн Виржиния по варианти.

Площта на листата от среден беритбен пояс, респ. 12-ти лист, е доказано най-голяма при прилагане на комбиниран тор (T2). Увеличението при този вариант спрямо неторената контрола (T1) е с 50,2%. Отчетеният положителен ефект е вероятен резултат от най-голямото количество внесени хранителни вещества при този вариант. Нарастването на листната площ при третиране с микробиалния инокулант Mucoplant е с 23,4% спрямо контролата, а при протеиновия хидролизат Trainer – с 16,3%, без съществени разлики между двата биопродукта. Резултатите за площта на листата от горен беритбен пояс, респ. 18-ти лист, са аналогични на тези за средния пояс. Процентното увеличение спрямо контролата е с 60,1% при варианта с NPK тор, с 21,4% при Mucoplant и с 15% при Trainer. Двата биопродукта благоприятстват растежните процеси при тютюн Виржиния, в частност стимулират нарастването на листата от среден и горен беритбен пояс. Резултатите са в съответствие с посоченото в литературни източници, положително влияние на микробиални продукти на база АМГ и на протеиновите хидролизати върху показатели, характеризиращи растежа при редица земеделски култури: домати (Colla et al., 2014; Ziane et al., 2021); тютюн (Begum et al., 2021; Vozhinova & Hristeva, 2022); краставици (Rouphael et al., 2010); ягоди (Soppelsa et al., 2019) и други.

Влиянието на изпитваните варианти върху теглото (свежо и сухо) на листата, които формират стопанския добив от тютюна, е значимо. Теглото на листата е с максимални стойности при торене с комбиниран тор (T2). Повишението на свежото тегло на листата при неговото внасяне е с 39,6%, а на сухото – с 45,1% спрямо контролата. Включените в изпитването биопродукти също увеличават теглото на листата. Повишението на свежото и сухото тегло при третиране с Mucoplant е с 18,7%-22,7% спрямо контролата, а при Trainer - с 14,2%-16,9%. Според Di Mola et al. (2020) положителният ефект от протеиновия хидролизат върху свежия добив от бейби спанак и *Valerianella locusta* е резултат от повишението в съдържанието на нитрати в листата, SPAD индекса (вегетационен индекс, който се използва за определяне на съдържанието на хлорофил в листата) и синтеза на пигменти.

Ефектът на изпитваните варианти върху концентрацията на макро- и микроелементи в листата на тютюн Виржиния е отразен в таблици 6 и 7.

Концентрацията на азот в листата варира от 1,54% до 2,15%, най-ниска при контролата. Нарастването на азота е осезаемо при торене с комбиниран тор (T2) – с 39,6% спрямо неторения вариант. Значимо е увеличението на N и при третиране на тютюна с протеиновия хидролизат (+14,3%), а при внасяне на микробиалния продукт Mucoplant то е помалко (+9,1%), като разликата с контролата не се доказва статистически. Отчетените абсолютни стойности на P са от 0,13% до 0,19%. Процентното увеличение спрямо контролата е с 26,7% при варианта с комбиниран тор и с 6,7% при този с Mucoplant. Както при азота и фосфора, съдържанието на K се повишава значимо от минералния тор. Увеличение спрямо нетретираната контрола, макар и статистически недоказано, се констатира и при варианта с Mucoplant (+3,4%). Резултатите са в съответствие с докладваното повишено усвояване на азота, фосфора и калия от тютюн, инокулиран с АМ гъби (Begum et al., 2021). Съдържанието на Ca се повишава по-отчетливо от торенето с NPK

Таблица 7. Концентрация на микроелементи в листата тютюн Виржиния
Table 7. Micronutrient concentrations in Virginia tobacco leaves

Вариант/Treatment	Fe, mg/kg	Mn, mg/kg	Zn, mg/kg	Cu, mg/kg
T1	83,9b	25,1ab	28,7ab	6,8a
T2	88,9b	21,4c	24,7b	4,8b
T3	105,3a	22,1bc	31,6a	7,7a
T4	90,3b	26,4a	26,5ab	4,5b
Средна/Mean±SD	92,1±10,30	23,76±2,64	27,87±3,63	5,96±1,59
CV%	11,18	11,11	13,02	26,68

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

Таблица 8. Коефициенти на корелация между сухото теглото на листата и концентрацията на макро- и микроелементи

Table 8. Correlation coefficients between leaf dry weight and the concentration of macro- and microelements

Елементи/ Elements	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
Сухо тегло/ Leaf dry weight (g/ plant)	0,959*	0,768	0,835	0,802	0,574	0,208	-0,735	-0,518	-0,439

* - Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

тор. Изследването потвърждава установената от други автори положителна връзка между равнището на N-торене и акумулирането на Ca в растенията (Mitrova & Apostolova, 1986b). Концентрацията на Ca при варианта с Мусорплант е близка до отчетената при контролата, с която попадат в една група. Процентното нарастване в съдържанието на Mg спрямо нетретирания контрола е с 10,5% при варианта с комбиниран тор, а при този с Мусорплант – с 15,8%, без доказани разлики между тях.

Концентрацията на Fe в листата на тютюн Виржиния варира от 83,9 до 105,3 mg/kg. Съдържанието на Fe е доказано най-високо при варианта с микробиалния инокулант (Т3), при който увеличението спрямо контролата е с 25,5%. Подобни данни за нарастване на Fe

(+45%-53%) в два сорта пшеница, инокулирани с АМГ съобщават De Santis et al. (2022). Слабо увеличаване на Mn се наблюдава при варианта с Trainer, а намаляване при вариантите с комбиниран тор и Мусорплант. Нарастване в съдържанието на цинка се регистрира при внасяне на микробиалния продукт (+10,1%), но разликата с контролата не е доказана. Концентрацията на мед е от 4,5 до 7,7 mg/kg, доказано по-ниска при вариантите с NPK и Trainer. Различна е тенденцията, описана от Ertani et al. (2019), които съобщават за по-високи концентрации на Cu и Zn в царевични растения, третирани с протеинови хидролизати.

Варирането на концентрацията на мед от торенето (CV = 26,7%) е по-силно от установеното при останалите микроелементи.

Между сухото тегло на листата и съдържанието на макро- и микроелементи в тях са установени корелационни зависимости (таблица 8).

Теглото на листата е в положителна, статистически доказана зависимост с концентрацията на N в тях ($r= 0,959^*$). Корелацията между сухото тегло и концентрацията на P, K и Ca отново е силна, но не се доказва статистически. Положителна, средна по сила е зависимостта между концентрацията на Mg в листата на тютюн Виржиния и теглото им. Концентрацията на Fe в средните листа е без забележим ефект върху теглото на листата ($r= 0,208$). При останалите микроелементи (Mn, Zn и Cu) стойностите на корелационните коефициенти са отрицателни, статистически незначими.

Тези зависимости подкрепят установената при тютюн Виржиния положителна връзка на добива с концентрацията на азот и калций в листата (Mitreva & Apostolova, 1986 a, b).

Заклучение

Разсадът от конвенционалната технология, при която се внася оборски тор и минерален азотен тор, е с най-голямо тегло, както и с най-висока концентрация на N и Ca в надземната биомаса. Биостимулантите също имат положителен ефект върху теглото и съдържанието на макро- и микроелементи в растенията. Микробиалният инокулант повишава свежото и сухото тегло на разсада с 16,8% - 22,5% спрямо самостоятелното торене с оборски тор, а протеиновия хидролизат Trainer с 8% - 12%. Микробиалният продукт, съдържащ АМ гъби, увеличава концентрацията на N в разсада от тютюн Виржиния с 8% спрямо варианта с оборски тор, на P – с 9%, а на Mg – с 13%. Концентрациите на микроелементите Fe, Mn, Zn и Cu нарастват също от неговата употреба. Увеличението на азота в разсада от протеиновия хидролизат Trainer е с 11%, а на магнезия – с 4%.

Площта и теглото на листата на тютюн Виржиния, отгледан при условия на съдов опит, са във висока зависимост от торенето с комбиниран NPK тор. Биопродуктите Mucoplant и Trainer имат по-слаб положителен ефект

върху тези показатели. Минералното торене с NPK тор увеличава доказано концентрацията на N, P и K в листата на тютюна, съответно с 39,6%, 26,7%, и с 28% спрямо контролата. Биостимулантите също подобряват усвояването на основни хранителни елементи от тютюневите растения. Микробиалният инокулант увеличава доказано концентрацията на Fe в листата на тютюн Виржиния – с 25,5% спрямо неторения вариант, а протеиновият хидролизат Trainer - на N (+14,3%).

Установените положителни ефекти от микробиалния инокулант Mucoplant и протеиновия хидролизат Trainer показват, че тези биостимуланти могат да се използват при разработване на екологосъобразни технологии за отглеждане на тютюн Виржиния.

Литература

Begum, N., Akhtar, K., Ahanger, M. A., Iqbal, M., Wang, P., Mustafa, N. S., & Zhang, L. (2021). Arbuscular mycorrhizal fungi improve growth, essential oil, secondary metabolism, and yield of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) under drought stress conditions. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 45276-45295.

Bozhinova, R., & Hristeva, Ts. (2022). Impact of the combined use of chemical fertilizer and microbial inoculants on soil properties, yield and quality of Burley tobacco. *Bulgarian Journal of Soil Science Agrochemistry and Ecology*, 56(1), 17-33.

Campbell, C. (2000). Reference Sufficiency Ranges Field Crops, Tobacco, Flue-cured. www.ncagr.com/agronomi/saaesd/fluecure.htm (last accessed 30.0.2024).

Caris, C., Hördt, W., Hawkins, H. J., Römheld, V., & George, E. (1998). Studies of iron transport by arbuscular mycorrhizal hyphae from soil to peanut and sorghum plants. *Mycorrhiza*, 8, 35-39.

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., Roupheal, 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.

De Santis, M. A., Giuliani, M. M., Flagella, Z., Pellegrino, E., & Ercoli, L. (2022). Effect of arbuscular mycorrhizal fungal seed coating on grain protein and mineral composition of old and modern bread wheat genotypes. *Agronomy*, 12(10), 2418.

- Di Mola, I., Cozzolino, E., Ottaiano, L., Nocerino, S., Roupael, Y., Colla, G., El-Nakhel, C., & Mori, M.** (2020). Nitrogen use and uptake efficiency and crop performance of baby spinach (*Spinacia oleracea* L.) and Lamb's Lettuce (*Valerianella locusta* L.) grown under variable sub-optimal N regimes combined with plant-based biostimulant application. *Agronomy*, 10(2), 278.
- Douds Jr, D. D., Nagahashi, G., Reider, C., & Hepperly, P. R.** (2007). Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi increases the yield of potatoes in a high P soil. *Biological agriculture & horticulture*, 25(1), 67-78.
- Elliott, A. J., Daniell, T. J., Cameron, D. D., & Field, K. J.** (2021). A commercial arbuscular mycorrhizal inoculum increases root colonization across wheat cultivars but does not increase assimilation of mycorrhiza-acquired nutrients. *Plants, People, Planet*, 3(5), 588-599.
- Ertani, A., Cavani, L., Pizzeghello, D., Brandellero, E., Altissimo, A., Ciavatta, C., & Nardi, S.** (2009). Bio-stimulant activity of two protein hydrolyzates in the growth and nitrogen metabolism of maize seedlings. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172(2), 237-244.
- Ertani, A., Nardi, S., Francioso, O., Sanchez-Cortes, S., Foggia, M. D., & Schiavon, M.** (2019). Effects of two protein hydrolysates obtained from chickpea (*Cicer arietinum* L.) and *Spirulina platensis* on *Zea mays* (L.) plants. *Frontiers in plant science*, 10, 954.
- Farzaneh, M., Vierheilg, H., Lössl, A. & Kaul, H. P.** (2011). Arbuscular mycorrhiza enhances nutrient uptake in chickpea. *Plant, Soil and Environment*, 57(10), 465-470.
- Hart, M., Ehret, D. L., Krumbein, A., Leung, C., Murch, S., Turi, C., & Franken, P.** (2015). Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi improves the nutritional value of tomatoes. *Mycorrhiza*, 25, 359-376.
- ISO 14870:2001** „ Soil quality - extraction of trace elements by buffered DTPA solution”.
- Kumari, M., Swarupa, P., Kesari, K. K., & Kumar, A.** (2022). Microbial inoculants as plant biostimulants: A review on risk status. *Life*, 13(1), 12.
- 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.
- Mitova, I.** (2020). Effect of Nitrogen Form and Arbuscular Mycorrhizal Mushrooms on Salad Development and Quality. *Bulgarian Journal of Soil Science Agrochemistry and Ecology*, 54(3), 41-51 (Bg).
- 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.
- Mitreva, N., & Apostolova, E.** (1986a). On the leaf diagnostics of Virginia tobacco. *Bulgarian tobacco*, 5, 28-31 (Bg).
- Mitreva, N., & Apostolova, E.** (1986b). Virginia tobacco uptake, utilization and distribution of potassium and calcium at different nitrogen levels. *Soil science, agrochemistry and plant protection*, 21(1), 25-34 (Bg).
- Moustakas, N. K., & Ntzanis, H.** (1998). Estimating flue-cured tobacco leaf area from linear measurements, under Mediterranean conditions. *Agricoltura Mediterranea*, 128(3), 226-231.
- 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.
- Roupael, 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.
- Roupael, 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
- Roupael, Y., Franken, P., Schneider, C., Schwarz, D., Giovannetti, M., Agnolucci, M., De Pascale, S., Bonini, P., & Colla, G.** (2015). Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 196, 91-108.
- Roussis, I., Beslemes, D., Kosma, C., Triantafyllidis, V., Zotos, A., Tigka, E., Mavroeidis, A., Karydogianni, S., Kouneli, V., Travlos, I., & Kakabouki, I.** (2022). The influence of arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus irregularis* on the growth and quality of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seedlings. *Sustainability*, 14(15), 9001.
- Smith, S.E., & Read, D.J.** (2010). *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press: Cambridge, MA, USA.
- Soppelsa, S., Kelderer, M., Casera, C., Bassi, M., Robatscher, P., Matteazzi, A., & Andreotti, C.** (2019). Foliar applications of biostimulants promote growth, yield and fruit quality of strawberry plants grown under nutrient limitation. *Agronomy*, 9(9), 483.
- Sun, W., Shahrajabian, M. H., Kuang, Y., & Wang, N.** (2024). Amino acids biostimulants and protein hydrolysates in agricultural sciences. *Plants*, 13(2), 210.
- Tsvetkov, I., Georgieva, L., Tsvetkova, D., Michailova, V., & Georgiev, D.** (2017). 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.
- Wang, C., Li, X., Zhou, J., Wang, G., & Dong, Y.** (2008). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and yield of cucumber plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39(3-4), 499-509.
- Zaprjanova, P., & Hristozova, G.** (2018). Microelement content of oriental tobacco varieties grown under the same agro-ecological conditions. *Agricultural Sciences/Agrarni Nauki*, 10(23), 41-47.

Ziane, H., Hamza, N., & Meddad-Hamza, A. (2021). Arbuscular mycorrhizal fungi and fertilization rates optimize tomato (*Solanum lycopersicum* L.) growth and yield in a Mediterranean agroecosystem. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 20(7), 454-458.

Received: 7th August 2024, **Approved:** 10th August 2024,
Published: September 2024