

DOI: <https://doi.org/10.61308/QEJR3189>

Съдържание на микроелементи (Mn, Zn, Cu, Pb, Ni и Cd) в почвата и ориенталски тютюн след продължително минерално торене

Радка Божинова*, Йовко Дюлгерски

ССА, Институт по тютюна и тютюневите изделия, 4108 Марково, България
E-mail*: rbojinova@yahoo.com

Резюме

Влиянието на продължителното минерално торене с различни азотни, фосфорни и калиеви норми върху съдържанието на Mn, Zn, Cu, Pb, Ni и Cd в почвата и ориенталски тютюн (монокултура) е проучено върху 50-годишен стационарен опит. Изследването е проведено през периода 2014-2016 година върху Хумусно-карбонатна почва в Института по тютюна и тютюневите изделия, Марково. Установено е, че експериментиранияте норми на минерално торене са диференцирали сравнително слабо общото съдържание на изследваните метали в почвата. Системното минерално торене с конвенционални и високи норми не е оказало съществено влияние върху съдържанието на подвижните форми на Zn, Cu, Pb и Cd в почвата. Установено е доказано повишение на подвижните Mn и Ni при част от вариантите с минерално торене спрямо неторената почва. Концентрацията на Mn, Pb и Ni в листата на тютюна не показва доказана зависимост от нормите на минерално торене. Концентрацията на цинка в листата от долен и среден беритбен пояс се понижава значимо спрямо контролата при торене с високата фосфорна норма ($N_{5}P_{22,5}K_{7,5}$). Установена е тенденция за понижаване концентрацията на мед и кадмий в листата при вариантите с минерално торене. При отглеждане на ориенталски тютюн върху Хумусно-карбонатна почва с добри буферни свойства, системното минерално торене не увеличава риска от повишено акумулиране на Mn, Zn, Cu, Pb, Ni и Cd в листата. Налице са предпоставки за получаване на качествена суровина с ниско ниво на съдържание на никотин, по-високо на разтворими въглеводороди и умерено на общ азот.

Ключови думи: продължително минерално торене, тютюн, почва, микроелементи

Content of trace elements (Mn, Zn, Cu, Pb, Ni and Cd) in soil and oriental tobacco after long-term inorganic fertilizer application

Radka Bozhinova*, Yovko Dyulgerski

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

Corresponding author*: rbojinova@yahoo.com

Citation: Bozhinova, R., & Dyulgerski, Y. (2024). Content of trace elements (Mn, Zn, Cu, Pb, Ni and Cd) in soil and oriental tobacco after long-term inorganic fertilizer application. *Bulgarian Journal of Soil Science Agrochemistry and Ecology*, 58(2), 14-24 (Bg).

Abstract

The effect of long-term mineral fertilization with different N, P and K rates on the concentration of Mn, Zn, Cu, Pb, Ni and Cd in soil and oriental tobacco (monoculture) was studied in 50-years stationary trail. Studies were conducted in 2014-2016 on rendzina soil at the Tobacco and Tobacco Products Institute - Markovo. The concentrations of total micronutrients in soil showed relatively small variation and they were not largely influenced by long-term mineral fertilization with different N, P and K rates. The accumulation of available Zn, Cu, Pb and Cd in the soil was also not significantly influenced by mineral fertilization. Available Mn and Ni were higher in fertilized treatments compared to unfertilized control. The long-term fertilization had no significant effect on Mn, Pb and Ni concentration in tobacco leaves. For lower and middle leaves, 225 kg P₂O₅ ha⁻¹ treatment resulted in lowest Zn concentration. The content of copper and cadmium in the leaves tended to decrease in mineral fertilizer treatments compared to the unfertilized control. When oriental tobacco was grown on rendzina soil with good buffering capacity, the risk of Mn, Zn, Cu, Pb, Ni and Cd accumulation in tobacco leaves associated with long-term mineral fertilization is low. These experimental conditions are adequate for the production of high quality sun-cured leaves with a low level of nicotine content, higher in reducing sugars and moderate in total nitrogen.

Key words: long-term mineral fertilization, tobacco, soil, micronutrients

Въведение

Високата ефективност на минералното торене ускорява внедряването му в земеделието на Западна Европа още през средата на 19 век. Тя стимулира изследванията по минералното хранене на растенията с направление извличане на максимална полза от торенето при конкретни агро-екологични условия, които продължават и до днес.

Наред с установяването на възможните ползи от минералното торене още в началото възниква и друг основен проблем: какви могат да бъдат евентуалните трайни последици в т.ч. и негативни от продължителното ежегодно торене върху свойствата на почвите, добивите и качеството на отглежданите култури. Едногодишните полски опити с ежегодна смяна на площта не могат да отговорят на тези въпроси. Те отразяват само една част от влиянието на торенето, но не

включат сумарния ефект от прякото му действие и последствие. Цялостна оценка може да се постигне само чрез стационарни полски опитни постановки с ежегодно торене, които са обективна база за оценка на количествените и качествени изменения на почвените свойства от въздействието на различните торове и торови норми; за динамиката на тези изменения; за пригодността на агрохимическите методи да отразяват хранителния режим на почвите и др.

Дълготрайните полски опити ни предоставят важна информация за изменението на почвените свойства от системното торене. Изследванията третират главно промените на хумусното съдържание, азотния, фосфатния и калиевия режим на почвата. В по-малко случаи се проследява и изменението на микроелементите.

Измененията в съдържанието на микроелементите в почвата от продължително торене зависят както от вида и количество на внесените с торовете и на изнесените с добивите елементи, така и от настъпилите промени в почвените свойства (Koteva & Stoyanov, 1993; Stoyanov et al., 1997; Zhang et al., 2015; Kovačević et al., 2021).

Ползите от стационарните полски торови опити са многопосочни. Те са обективен критерий за оценка на биологичната реакция на културите към измененията в почвеното плодородие (Potatueva et al., 1984; Wang et al., 2014; Bozhinova, 2016; Bozhinova 2021; Kovačević et al., 2021). Концентрацията на хранителните елементи през онтогенезата е от голямо научно и научно-приложно значение. Концентрацията е показателна за нивото на хранене на растенията с елементите и е базата за използване при листната диагностика. Тя е свързана и с качеството на растителната продукция.

Анализът на изменението в съдържанието на различни микроелементи в почвата при условия на продължително минерално торене и оценката на реакцията на тютюневата култура е ценен източник на информация за екологичните последици от торенето и предпоставка за разработване на технологии за производство, поставени на принципите

за устойчиво земеделие (Bozhinova, 2016; Bozhinova, 2021).

Целта на изследването беше да се проучи влиянието на системното минерално торене с конвенционални (умерени) и интензивни (високи) азотни, фосфорни и калиеви норми върху съдържанието на някои микроелементи (Mn, Zn, Cu, Pb, Ni и Cd) в почвата и ориенталския тютюн.

Материали и методи

Изследването е проведено през периода 2014 - 2016 година върху стационарен полски опит с продължително торене и непрекъснатата монокултура тютюн. Стационарният опит е заложен през 1966 година върху Хумусно-карбонатна почва (Rendzic Leptosol) по блоков метод, в три повторения, с големина на опитната парцела 6,25 m². Изпитват се 28 варианта на торене с различни норми и комбинации азот, фосфор и калий, както и органично-минерално торене. Нормите за торене с азот са 0; 2,5; 5 и 10 kg/da, за фосфора – 0; 5; 7,5; 10 и 22,5 kg/da, а за калия – 0; 7,5; и 45 kg/da.

В проучването са подбрани следните пет варианта:

- √ N₀P₀K₀ – без торене (контрола);
- √ N₅P_{7,5}K_{7,5} – торене с конвенционални (умерени) норми;
- √ N₁₀P_{7,5}K_{7,5}; N₅P_{22,5}K_{7,5} и N₅P_{7,5}K₄₅ – три варианта на торене с интензивни (високи) норми.

Ориенталският тютюн (сорт Пловдив 7) е разсаден при междуредово разстояние 50 cm и вътрередово – 12 cm (16 600 растения/da). Торовете са внесени еднократно преди последната пролетна обработка както следва: азотът - под формата на карбамид, фосфорът – като троен суперфосфат и калият – като калиев сулфат. Тютюнът е прибран на три беритби в техническа зрялост на листата.

За проследяване на влиянието на системното минерално торене върху хранителния режим на почвата в началото на м. март са взети проби от хумусния хоризонт при дълбочина 0-25 cm. Те са анализирани за: рН_(H₂O) – потенциометрично;

общо съдържание на Mn, Zn, Cu, Pb, Ni и Cd - чрез разлагане с царска вода (HCl-HNO₃, 3:1) (ISO 11466:1995). Съдържанието на подвижните форми на същите елементи в почвата е определено в извлек на 0,005M DTPA + 0,1M TEA, рН 7,3 (ISO 14870: 2001).

За оценка на влиянието на продължителното торене върху концентрацията на микроелементи в тютюна са взети листа в технологична зрелост от долен, среден и горен беритбен пояс. Определено е съдържанието на манган, цинк, мед, олово, никел и кадмий - след сухо опепеляване на растителния материал в муфелна пещ при 500^o C за 5 часа и разтваряне на пепелта в 3 M HCl.

За определяне съдържанието на елементите в почвените и растителните проби е използван атомно-абсорбционен спектрометър “SpektrAA 220”, Varian.

Проби сух тютюн са анализирани за основни качествени показатели на суровината: съдържание на никотин (ISO 15152:2003), разтворими въглехидрати (ISO 15154:2003) и общ азот (BDS 15836:1988).

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

Резултати и дискусия

1. Влияние на системното минерално торене върху почвената реакция и съдържанието на общите и подвижните форми на Mn, Zn, Cu, Pb, Ni и Cd

От реакцията на почвата зависят разтворимостта и достъпността на макро- и микроелементите за растенията и активността на почвената микрофлора. Ganev (1992) обобщава, че нарастващото торене с некомпенсирани с бази азотни торове вкислява всички изследвани български почви – излужени черноземи, излужени канелени почви, тъмносиви и сиви горски почви, канелено-подзолисти почви и пр. От друга страна, Koteva & Zlatareva (2007) считат, че дълготрайното торене с високи норми

азотни, фосфорни и калиеви торове не води до силно вкисляване на излужена смолница, поради добрите ѝ буферни свойства. Почвената реакция в изследването варира от 8,08 до 8,28 (таблица 1). Промените са в границите на слабо алкалната реакция. За около 50 годишен период, торенето с 10 kg N/da (N₁₀P_{7,5}K_{7,5}) е довело до слабо, но статистически значимо понижение в стойностите на рН спрямо неторената контрола. Сравнително слабо то за толкова продължителен период понижение на рН в опита е свързано с високата буферност на хумусно-карбонатната почва, поради големия процент карбонати и използването на физиологично неутрален азотен тор (карбамид).

Ефектът от системното минерално торене върху съдържанието на общите форми на Mn, Zn, Cu, Pb, Ni и Cd в почвата е представен в таблица 1.

Общият манган варира от 426,8 до 476,7 mg/kg. Съдържанието му е под посочената от Brashnarova (1981) средната стойност от 880 mg/kg за българските почви. Вариантите с приложено торене не се различават доказано от контролата по този показател. Съдържанието на цинка е под МДК (максимално допустима концентрация) от 400 mg/kg за почви с рН_(H₂O) >7,4 съгласно Наредба №3 (ДВ, бр. 71/12.08.2008 г.). Експериментираниите норми на торене не са диференцирали значимо спрямо контролата общото съдържание на Zn в почвата. Подобни данни представят Kovačević et al. (2021), които също не намират корелация между продължителното минерално торене и съдържанието на общ Zn в почвата. Различията с контролата са малки и недоказани и по отношение на съдържанието на общата мед. Резултатите кореспондират със заключението, направено от Zhang et al. (2015), според които общото съдържание на мед в почвата е сходно при всички варианти с продължително минерално и органично торене. Единствено при варианта с високата норма на торене с калий (N₅P_{7,5}K₄₅) съдържанието на Cu е доказано по-ниско спрямо контролата. Общото съдържание на Pb в опита (47,0 - 60,3 mg/kg) е над средната стойност за българските почви от 39 mg/kg (Brashnarova, 1981), но е

около два пъти по-ниско от МДК от 120 mg/kg. Количеството на елемента е най-голямо при контролата и при торене с $N_{10}P_{7,5}K_{7,5}$. Общото съдържание на Ni и Cd в почвата не превишава максимално допустимите концентрации, валидни за страната ни. Системното торене е без съществено влияние върху съдържанието на общите никел и кадмий в почвата. Варирането на общите форми на изследваните микроелементи от торовите варианти е слабо (CV е от 3,49% до 9,97%).

Ефектът от продължителното минерално торене върху съдържанието на подвижните форми на елементите в почвата е отразен в таблица 2.

Съдържанието на подвижния манган е високо, а подвижните цинк и мед, съгласно класификацията по MAFF (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food) (Mitsios et al., 2005), характеризират почвата от всички варианти като много високо запасена. Zaprtjanova & Hristozova (2018) посочват, че високата запасеност на хумусно-карбонатната почва с подвижните мед и цинк не кореспондира с алкалната й реакция и вероятно е резултат от промишлено замърсяване (КЦМ Пловдив). Изменението в съдържанието на подвижните форми на Zn, Cu, Pb и Cd спрямо контролата е несъществено и без зависимости от нормата на минерално торене. Koteva & Stoyanov (1993) докладват, че след 28-годишно минерално торене не се установяват изменения в подвижните Mn, Zn и Cu, което обясняват с високата буферност на излужената смолница. Вариантите с минерално торене се отличават с по-високо съдържание на подвижен Mn от контролата. Повишението е статистически доказано при торене с $N_5P_{7,5}K_{7,5}$ и $N_5P_{22,5}K_{7,5}$. Подвижният никел в опита е от 0,85 до 1,70 mg/kg почва. Доказано повишение на съдържанието му спрямо контролата е отчетено при вариантите с интензивни (високи) норми на торене - $N_{10}P_{7,5}K_{7,5}$; $N_5P_{22,5}K_{7,5}$ и $N_5P_{7,5}K_{45}$. Варирането на подвижните мед и цинк от торенето е малко - CV е съответно 2,7% и 5,3%. Изменчивостта на подвижните манган, олово, кадмий и никел е по-голяма (CV е от 10,6% до 27%).

II. Влияние на продължителното торене върху концентрацията на микроелементи в тютюна

В таблици 3 и 4 е представено влиянието на системното минерално торене върху съдържанието на микроелементите в листата от долен, среден и горен беритбен пояс.

Концентрацията на Mn в листата е от 43,4 до 66,8 mg/kg. Стойностите са съпоставими с установените от Zaprtjanova & Hristozova (2018). Концентрацията на елемента в технически зрелите листа показва зависимост от беритбения пояс. Най-високо съдържание се установи при листата от долния пояс. Концентрацията на манган в тютюна не се променя съществено от приложеното торене ($P>0,05$). Наблюдава се леко повишение на Mn в долните и средните листа при варианта с високата азотна норма ($N_{10}P_{7,5}K_{7,5}$) и тенденция за намаление на елемента в средните и горни листа при вариана $N_5P_{7,5}K_{45}$, при който съдържанието на подвижния Mn в почвата е сравнително ниско. За разлика от нашите данни, Matsi et al. (2007) установяват, че торенето с NPK повишава доказано съдържанието на Mn в надземната биомаса на ориенталски тютюн. Potatueva et al. (1984) докладват за повишено съдържание на Mn в растенията при торене с високи азотни норми и го свързват с подкиселяването на почвения разтвор и увеличаване подвижността на елемента.

Концентрацията на цинк в тютюна варира от 44,5 до 122,5 mg/kg. Съдържанието в листата, достигнали техническа зрелост е сходно с установеното от Zaprtjanova & Hristozova (2018), но по-високо от средните концентрации, отчетени от Golia et al. (2007), които за ориенталския тютюн от първа, втора и трета беритба са съответно 48,1, 42,9 и 37 mg/kg. Същите автори съобщават за статистически значими отрицателни корелации между концентрациите на Zn в ориенталския тютюн и pH на почвата. Възможно е високите стойности в опита, въпреки алкалната реакция, да се дължат на голямото съдържание на подвижен Zn в почвата. Концентрацията на цинка в долните и средните листа намалява от минералното

Таблица 1. Характеристика на почвата – рН и съдържание на общи форми на микроелементите (mg/kg), средно за 2014-2016

Table 1. Soil reaction and total trace element content in the soil (mg/kg) (3-year average)

Вариант/Treatment	pH _(H2O)	Mn	Zn	Cu	Pb	Ni	Cd
N ₀ P ₀ K ₀	8,17b	473,0ab	148,1ab	74,1a	58,9a	70,5a	1,3a
N ₅ P _{7,5} K _{7,5}	8,14b	470,7ab	139,6b	71,3a	54,3ab	65,5a	1,1a
N ₁₀ P _{7,5} K _{7,5}	8,08c	476,7a	158,1a	71,6a	60,3a	64,4a	1,2a
N ₅ P _{22,5} K _{7,5}	8,12bc	426,8b	153,9ab	68,3ab	51,6bc	67,7a	1,2a
N ₅ P _{7,5} K ₄₅	8,28ab	473,9ab	154,7a	59,2b	47,0c	67,6a	1,0a
CV, %	0,93	4,53	4,81	8,42	9,97	3,49	9,83
МДК/МАС*	-	-	400	300	120	150	3,0

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

*Максимално допустима концентрация/Maximum allowed content (approved for Bulgaria)

Таблица 2. Съдържание на подвижните форми на микроелементите в почвата (mg/kg), средно за 2014-2016

Table 2. Trace element content in the soil (mg/kg), extracted by DTPA (3-year average)

Вариант/Treatment	Mn	Zn	Cu	Pb	Ni	Cd
N ₀ P ₀ K ₀	31,9b	10,3a	14,7a	18,8a	0,85b	0,61a
N ₅ P _{7,5} K _{7,5}	39,9a	10,6a	13,7a	21,4a	1,12b	0,78a
N ₁₀ P _{7,5} K _{7,5}	38,2ab	11,3a	14,3a	19,1a	1,70a	0,55a
N ₅ P _{22,5} K _{7,5}	39,9a	10,4a	14,1a	15,2a	1,59a	0,63a
N ₅ P _{7,5} K ₄₅	32,9b	11,6a	14,5a	15,8a	1,62a	0,58a
CV, %	10,60	5,32	2,70	14,14	27,01	14,15

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

торене. Разликите между контролата и варианта с високата фосфорна норма (N₅P_{22,5}K_{7,5}) са значими и при двата пояса (P<0,05). Това потвърждава установеното и при други култури влошаване на постъпването и метаболизма на този елемент от фосфорното торене (Stoyanov & Peneva, 1985; Yagodin, 1985).

Концентрацията на мед в листата е от 10,2 до 19 mg/kg и е без тенденция за промяна по пояси. Получените стойности са сходни или малко по-високи от средните концентрации, отчетени от Golia et al. (2007), които за ориенталския тютюн са 15,5; 10,6 и 9,9 mg/kg, съответно за

листата от първа, втора и трета беритба. Както при цинка, съдържанието на мед в листата е по-ниско при вариантите с минерално торене в сравнение с контролата. Този ефект не е свързан с нивата на подвижната мед в почвата, които не се различават доказано по варианти. Вероятната причина е антагонизмът между Cu и P в процеса на поглъщането и на метаболизма на медта. Резултатите са в съгласие с извода на Yagodin (1985) за затрудненото постъпване на мед в растенията при създаване на високи фосфатни нива в почвата. Подобни данни представят Xi et al. (2023), според които нивата на запасеност

Таблица 3. Концентрация на микроелементи (Mn, Zn и Cu) в листата на тютюна, средно за 2014-2016

Table 3. Trace elements (Mn, Zn and Cu) concentrations of tobacco leaves (3-year average)

Вариант/ Treatment	Долни листа/Lower leaves	Средни листа/ Middle leaves	Горни листа/Upper leaves	Средно/ Average
Mn concentration (mg/kg dry matter)				
N ₀ P ₀ K ₀	66,7a	53,3a	46,6a	55,5a
N ₅ P _{7,5} K _{7,5}	55,3a	52,9a	46,6a	51,6a
N ₁₀ P _{7,5} K _{7,5}	66,8a	57,3a	47,5a	57,2a
N ₅ P _{22,5} K _{7,5}	61,8a	55,5a	55,4a	57,5a
N ₅ P _{7,5} K ₄₅	55,8a	44,2a	43,4a	47,8a
Zn concentration (mg/kg dry matter)				
N ₀ P ₀ K ₀	122,5a	87,7a	55,3a	88,5a
N ₅ P _{7,5} K _{7,5}	77,0b	71,4ab	48,5a	65,6a
N ₁₀ P _{7,5} K _{7,5}	79,0b	65,6ab	68,8a	71,1a
N ₅ P _{22,5} K _{7,5}	69,0b	58,5b	47,6a	58,4ab
N ₅ P _{7,5} K ₄₅	86,4b	66,4ab	44,5a	65,8a
Cu concentration (mg/kg dry matter)				
N ₀ P ₀ K ₀	18,2a	19,0a	15,7a	17,6a
N ₅ P _{7,5} K _{7,5}	12,3ab	13,7a	12,5a	12,8a
N ₁₀ P _{7,5} K _{7,5}	10,2b	12,8a	13,2a	12,1a
N ₅ P _{22,5} K _{7,5}	14,8ab	14,9a	14,7a	14,8a
N ₅ P _{7,5} K ₄₅	14,4ab	15,1a	14,0a	14,5a

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

на почвата с подвижните калий и фосфор са в отрицателна корелация със съдържанието на мед в листата на тютюна.

Съдържанието на Pb в тютюна е от 7,7 до 15,7 mg/kg и е под критичната концентрация от 30 mg/kg, условно въведена от Војнова & Chuldzhiyan (по Yancheva et al., 2007). Средното съдържание на олово в листата е близко до установеното от Zapřanova & Hristozova (2018), но е по-високо от докладваното от Lazarević et al. (2012) (0,02-8,56 mg/kg). Съдържанието на олово не се променя значимо от торенето (P>0,05). То е малко по-високо при внасяне на високата фосфорна норма (N₅P_{22,5}K_{7,5}), но разликите с останалите варианти са недоказани.

Концентрацията на Ni в листата варира

от 0,77 до 2,6 mg/kg и е в унисон с данните, представени от Stojanović et al. (2004). Golia et al. (2009) установяват по-високи концентрации на елемента в ориенталския тютюн (20-88 mg/kg) и заключават, че реакцията на почвата е доминиращ фактор, който контролира усвояването на металите от тютюна и биодостъпността им се увеличава с понижаването на рН. Вероятно алкалната реакция на почвата при нашите условия е причина за понижено усвояване на Ni и съответно за по-ниските концентрации в сравнение с докладваните от Golia et al. (2009). Средното съдържание на Ni в листата е най-високо при неторената контрола (1,87 mg/kg), но разликите с останалите варианти са недоказани и те попадат в една група.

Таблица 4. Концентрация на микроелементи (Pb, Ni и Cd) в листата на тютюна, средно за 2014-2016

Table 4. Trace element (Pb, Ni and Cd) concentrations of tobacco leaves (3-year average)

Вариант/ Treatment	Долни листа/Lower leaves	Средни листа/ Middle leaves	Горни листа/Upper leaves	Средно/ Average
Pb concentration (mg/kg dry matter)				
N ₀ P ₀ K ₀	7,7a	13,0a	11,3a	10,7a
N ₅ P _{7,5} K _{7,5}	8,0a	12,0a	13,0a	11,0a
N ₁₀ P _{7,5} K _{7,5}	8,3a	14,7a	11,0a	11,3a
N ₅ P _{22,5} K _{7,5}	10,7a	15,7a	12,0a	12,8a
N ₅ P _{7,5} K ₄₅	8,7a	13,3a	13,3a	11,8a
Ni concentration (mg/kg dry matter)				
N ₀ P ₀ K ₀	2,60a	1,40a	1,60a	1,87a
N ₅ P _{7,5} K _{7,5}	2,40a	1,23a	0,77a	1,47a
N ₁₀ P _{7,5} K _{7,5}	1,80a	1,43a	0,93a	1,40a
N ₅ P _{22,5} K _{7,5}	1,40a	1,87a	1,33a	1,57a
N ₅ P _{7,5} K ₄₅	2,10a	1,87a	1,30a	1,77a
Cd concentration (mg/kg dry matter)				
N ₀ P ₀ K ₀	5,17a	3,03a	1,7a	3,30a
N ₅ P _{7,5} K _{7,5}	3,10ab	2,57a	1,03a	2,20a
N ₁₀ P _{7,5} K _{7,5}	3,50ab	2,63a	0,93a	2,33a
N ₅ P _{22,5} K _{7,5}	3,57ab	1,77a	1,00a	2,10a
N ₅ P _{7,5} K ₄₅	2,47b	1,63ab	1,03a	1,73ab

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

Таблица 5. Химична характеристика на ориенталския тютюн в зависимост от системното минерално торене

Table 5. Chemical characteristics of oriental tobacco as dependent on long-term mineral fertilization

Вариант/ Treatment	Никотин/Nicotine (%)	Разтворими въглехидрати/Reducing sugars (%)	Общ N/Total N (%)
N ₀ P ₀ K ₀	0,66	19,9	1,70
N ₅ P _{7,5} K _{7,5}	0,69	20,8	1,45
N ₁₀ P _{7,5} K _{7,5}	1,04	12,6	1,76
N ₅ P _{22,5} K _{7,5}	0,72	22,1	1,50
N ₅ P _{7,5} K ₄₅	0,63	20,7	1,60
CV, %	22,28	19,69	8,14

Концентрацията на кадмий (0,93-5,17 mg/kg) е в границите (0,12-5,12 mg/kg) за ориенталския тютюн от България, докладвани от Lugon-Moulin et al. (2006). Съдържанието на Cd при вариантите, системно торени с минерални торове е по-ниско от отчетеното при неторения тютюн. От една страна, Stoyanov et al. (1997) обясняват този факт с разреждането на елементите при по-високо добивните варианти. От друга страна, Wang et al. (2014) заключават, че въпреки повишението на Cd в почвата от системното фосфорно торене, акумулирането на Cd в растенията е потиснато вследствие на утаяването му с фосфора в почвата. В предходно проучване, Vozhinova & Zargyanova (2007) установяват, че продължителното торене със суперфосфат е увеличило 3-4 пъти съдържанието на подвижен фосфор в почвата в сравнение с варианта без торене. Следователно, по-високите нива на подвижен фосфор при вариантите със системно минерално торене също може да е причина за понижено усвояване на Cd от растенията.

Химичният състав на тютюна е база за обективна оценка на потребителските качества на суровината. Резултатите от анализа на проби сух тютюн, реколта 2014, за съдържание на никотин, разтворими въглехидрати и общ азот са представени в таблица 5.

Нормално никотиновите ориенталски тютюни съдържат 0,6-2,5% никотин, а под това ниво се характеризират като ниско никотинови (Ghiuselev, 1983). Тютюнът от всички опитни варианти се отнася към първата група. Съдържанието на никотин е по-ниско от установеното от Nikolova et al. (2021) при различни генотипове ориенталски тютюн, но е близко до докладваното от Vozhinova et al. (2023) за два сорта от екотип Крумовград. Никотиновото съдържание показва зависимост от системното торене. То е най-високо при варианта $N_{10}P_{7,5}K_{7,5}$, при който се внася най-голямо количество торов азот. Тъй като N е основен компонент на никотиновата молекула, количеството азот, достъпно за растението, има съществен ефект върху съдържанието на никотин в тютюна (Henry et al., 2019). Съдържанието на разтворими въглехидрати в ориенталските

тютюни е от 10 до 18% (Ghiuselev, 1983). При по-голяма част от вариантите в опита то превишава горната граница. Количеството на въглехидратите е най-ниско при торене с високата азотна норма ($N_{10}P_{7,5}K_{7,5}$). Същата тенденция е описана от Chen et al. (2020), според които азотното торене с високи норми влияе негативно върху съдържанието на разтворими въглехидрати в тютюна. Общият азот е в отрицателна корелация с качеството на суровината (Ghiuselev, 1983). Азотното съдържание в сухия тютюн е от 1,45% до 1,76%, най-високо при варианта с високата азотна норма ($N_{10}P_{7,5}K_{7,5}$). При останалите варианти с минерално торене то е малко по-ниско от отчетеното при контролата. Стойностите са съпоставими с установените от Vozhinova et al. (2023) за сортовете Крумовград 58 и Крумовград 90 – от 1,05% до 1,75%, което авторите определят като умерено ниво на съдържание на общ азот в суровината. Варирането на съдържанието на никотин (CV – 22,3%) и на разтворимите въглехидрати (CV – 19,7%) в сухия тютюн от торенето е по-високо от установеното за общия азот - CV е 8,1%.

Заклучение

Проучено е влиянието на продължителното минерално торене с различни азотни, фосфорни и калиеви норми върху съдържанието на Mn, Zn, Cu, Pb, Ni и Cd в почвата и ориенталски тютюн. Оценено е също влиянието на системното минерално торене върху химичния състав на тютюна.

Общото съдържание на микроелементите-метали в почвата е под максимално допустимата концентрация за съответния елемент, приета за страната ни. Експериментиранияте норми на минерално торене са диференцирали сравнително слабо общото съдържание на изследваните метали в Хумусно-карбонатната почва.

Системното минерално торене с конвенционални и високи норми не е оказало съществено влияние върху съдържанието на подвижните форми на Zn, Cu, Pb и Cd в почвата. Установено е доказано повишение на подвижните Mn и Ni

при част от вариантите с минерално торене спрямо неторената почва.

Концентрация на Mn, Pb и Ni в листата на тютюна не показва доказана зависимост от нормите на минерално торене. Концентрацията на цинка в листата от долен и среден беритбен пояс се понижава значимо спрямо контролата при торене с високата фосфорна норма ($N_{5}P_{22,5}K_{7,5}$). Налице е тенденция за понижаване концентрацията на мед и кадмий в листата при вариантите с минерално торене. Можем да предположим, че понижаването на концентрацията на Zn, Cu и Cd в тютюна (монокултура) под влияние на продължителното минерално торене е свързано както с ефекта на разреждане, така и с влиянието на торовия фосфор.

Химичните показатели, характеризиращи качеството на сухия тютюн, се изменят в различна степен от торенето. Торенето с високата азотна норма повишава съдържанието на никотин и общ азот в суровината. То е в отрицателна корелация със съдържанието на разтворими въглехидрати. Изброените показатели не се изменят съществено от фосфорното и калиевото торене.

При отглеждане на ориенталски тютюн върху Хумусно-карбонатна почва с добри буферни свойства, системното минерално торене не увеличава риска от повишено акумулиране на изследваните микроелементи в листата. Налице са предпоставки за получаване на качествена суровина с ниско ниво на съдържание на никотин, по-високо на разтворими въглехидрати и умерено на общ азот.

Литература

BDS 15836:1988 „Tobacco and tobacco products. Methods of total nitrogen determination” (Bg).

Bozhinova, R., & Zapryanova, P. (2007). Total and available forms of phosphorus and potassium in rendzina soil in long-term experiment. In: *Soil Science - Base for Sustainable Agriculture and Environment Protection* (Bachvarova Sv., Kolev N., Kolchakov I., eds). PublishScieSet-Eco, Sofia, Bulgaria, part one, 140-143 (Bg).

Bozhinova, R. (2016). Heavy metal concentrations in soil and tobacco plants following long-term phosphorus fertilization. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 22, 16–20.

Bozhinova, R. (2021). Trace element concentration in oriental tobacco as affected by long-term nitrogen fertilization. *Analele Universității din Oradea, Fascicula Biologie*, 28(1), 103-108.

Bozhinova, R., Nikolova, V., & Nikolov, N. (2023). Investigation on the mineral composition and burning properties of oriental tobacco of Krumovgrad ecotype. *Bulgarian Journal of Soil Science, Agrochemistry and Ecology*, 57(1), 35-44 (Bg).

Brashnarova, A. (1981). Content and distribution of copper, zinc, lead, cobalt, nickel, chromium, manganese, iron and aluminium in some soils of South Bulgaria. *Soil science and agrochemistry*, 1, 39-48 (Bg).

Chen, Y., Ren, K., He, X., Chen, Y., Hu, B., Hu, X., Li, J., Jin, Y., Zhao, Z., & Zou, C. (2020). The response of flue-cured tobacco cultivar K326 to nitrogen fertilizer rate in China. *The Journal of Agricultural Science*, 158(5), 371-382.

Ganev, S. (1992). On the question of the anthropogenic soil acidification in Bulgaria. *Soil Science, Agrochemistry and Ecology*, 27(1), 5-11.

Ghuselev, L. (1983). *Stick science of tobacco*. Hristo G. Danov, Plovdiv (Bg).

Golia, E.E., Dimirkou, A., & Mitsios, I.K. (2007). Accumulation of metals on tobacco leaves (primings) grown in an agricultural area in relation to soil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 79, 158–162.

Golia, E.E., Dimirkou, A., & Mitsios, I.K. (2009). Heavy-metal concentration in tobacco leaves in relation to their available soil fractions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 40(1), 106-120.

Henry, J.B., Vann, M.C., & Lewis, R.S. (2019). Agronomic practices affecting nicotine concentration in flue-cured tobacco: A Review. *Agronomy Journal*, 111, 3067-3075.

ISO 11466:1995 „Soil Quality - Extraction of trace elements soluble in aqua regia”.

ISO 14870:2001 „Soil quality - Extraction of trace elements by buffered DTPA solution”.

ISO 15152:2003 „Tobacco - Determination of the content of total alkaloids as nicotine - Continuous - flow analysis method”.

ISO 15154:2003 „Tobacco - Determination of the content of reducing carbohydrates - Continuous - flow analysis method”.

Koteva, V., & Stoyanov, D. (1993). Changes in the content of the total and labile forms of some microelements in a long-term field trial of leached smolnitza in the Southeastern Bulgaria. *Soil Science, Agrochemistry and Ecology*, 5, 18-20 (Bg).

Koteva, V., & Zlatareva, E. (2007). Changes in the physical-chemical properties of leached smolnitza after mineral fertilizing of field crops, cultivated in a long-term stationary trial. In: *Soil Science - Base for Sustainable Agriculture and Environment Protection* (Bachvarova Sv., Kolev N., Kolchakov I., eds). PublishScieSet-Eco, Sofia,

Bulgaria, part one, 160-163 (Bg).

Kovačević, D., Čabilovski, R., Petković, K., Štrbac, M., Jaćimović, G., & Manojlović, M. (2021). The concentrations of Zn and Cd in soil and corn plants affected by phosphorus fertilization in a long-term field experiment. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 58(6), 1681-1688.

Lazarević, K., Nikolić, D., Stošić, L., Milutinović, S., Videnović, J., & Bogdanović, D. (2012). Determination of lead and arsenic in tobacco and cigarettes: an important issue of public health. *Central European journal of public health*, 20, 62-66.

Lugon-Moulin, N., Martin, F., Krauss, M., Ramey, P., & Rossi, L. (2006). Cadmium concentration in tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) from different countries and its relationship with other elements. *Chemosphere*, 63, 1074-1086.

Matsi, Th., Ulmanu, M., Gament, E., & Olanescu, G. (2007). Effect of fertilization rate on heavy metals uptake by tobacco (a preliminary study). In: *Soil Science - Base for Sustainable Agriculture and Environment Protection* (Bachvarova Sv., Kolev N., Kolchakov I., eds). PublishScieSet-Eco, Sofia, Bulgaria, part two, 494-496.

Mitsios, K.I., Golia, E.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.

Nikolova, V., Nikolov, N., Popova, V., Peeva, S., & Drachev, D. (2021). Complex Technological Profiling of Market Dominating Oriental Tobaccos from Krumovgrad Region (Bulgaria). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1031(1), 012095.

Ordinance № 3: Allowed rates of harmful compounds in soils. *State Gazette*, no. 71/12.08.2008 (Bg).

Potatueva, Yu.A., Khlystovsky, A.V., Yanchuk, I.A., Kornienko, E.F., Opimakh, V.P., & Ryabova, A.N. (1984). Microelements in plants and soils at systematic use of mineral fertilizers, manure, and lime. *Agrochemistry*, 6, 82-91 (Ru).

Stojanović, D., Nikić, D., & Lazarević, K. (2004). The level of nickel in smoker's blood and urine. *Central European journal of public health*, 12(4), 187-189.

Stoyanov, D., & Peneva, N. (1985). Zinc fertilizing. *Soil Science, Agrochemistry and Plant Protection*, 1, 74-81 (Bg).

Stoyanov, D., Atanasova, I., & Tsoleva, V. (1997). Changes in some physical and physico-chemical properties and the regime of important bioelements as affected by continuous mineral fertilizing over leached chernozem from the North-East Bulgaria. *Soil Science, Agrochemistry and Ecology*, 2, 21-28 (Bg).

Wang, Q., Zhang, J., Zhao, B., Xin, X., Zhang, C., & Zhang, H. (2014). The influence of long-term fertilization on cadmium (Cd) accumulation in soil and its uptake by crops. *Environmental Science and Pollution Research*, 21, 10377-10385.

Xi, W., Ping, Y., Cai, H., Tan, Q., Liu, C., Shen, J., & Zhang, Y. (2023). Effects of soil properties on Pb, Cd, and Cu contents in tobacco leaves of Longyan, China, and their prediction models. *International Journal of Analytical Chemistry*, doi: <https://www.hindawi.com/journals/ijac/2023/9216995/>

Yagodin, B.A. (1985). Sulphur, manganese and trace elements in plant nutrition. *Agrochemistry*, 11, 117-127 (Ru).

Yancheva, D., Bojinova, P., & Stanislavova, L. (2007). On the dynamics of heavy metal contamination of tobacco areas in the region of lead-zinc works in the town of Kardjali. In: *Soil Science - Base for Sustainable Agriculture and Environment Protection* (Bachvarova Sv., Kolev N., Kolchakov I., eds). PublishScieSet-Eco, Sofia, Bulgaria, part two, 640-643 (Bg).

Zaprjanova, P., & Hristozova, G. (2018). Microelement content of oriental tobacco varieties grown under the same agro-ecological conditions. *Agricultural sciences*, 10, 41-47.

Zhang, S., Li, Z., & Yang, X. (2015). Effects of long-term inorganic and organic fertilization on soil micronutrient status. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 46(14), 1778-1790.

Received: 8th April 2024, **Approved:** 25th April 2024,

Published: June 2024