

DOI: <https://doi.org/10.61308/PXKV5065>

## **Баланс на почвените макроелементи: Ролята на органичните подобрители в устойчивото земеделие**

**Веселина Василева\*, Мариана Христова, Ана Кацарова, Николай Динев**

*ССА, ИПАЗР „Н. Пушкиarov“, София*

**E-mail\***: [v.hristova@issapp-pushkarov.org](mailto:v.hristova@issapp-pushkarov.org)

### **Абстракт**

В основата на устойчивото управление и земеползване са поддържането на положителен баланс на хранителните елементи в почвата и опазване на плодородието ѝ. Настоящата работа разглежда 6 органични подобрителя – различни по вид и съдържание на макроелементи и остатъчния ефект, които те оказват върху хранителния статус на почвата.

След компостиране при всички варианти се наблюдава значително увеличение на съдържанието на общ N, NO<sub>3</sub>-N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O. Независимо от това след приключване на вегетацията на марулята, почвата остава много слабо запасена с общ N, което налага азотно торене или подхранване при отглеждане на последващи култури. Установена е промяна в почвения химичен баланс по отношение съдържанието на P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O в края на експеримента. Това е показател за успешното прилагане на органични подобрители с цел повишена екологична устойчивост на почвата.

**Ключови думи:** компост, оборски тор, Калифирнийски червеи, утайка

## **Soil macronutrient balance: The role of organic amendments in sustainable agriculture**

**Veselina Vasileva\*, Mariana Hristova, Ana Katsarova, Nikolai Dinev**

*Agricultural Academy, ISSAPP „N. Pushkarov“, Sofia*

**Corresponding author\***: [v.hristova@issapp-pushkarov.org](mailto:v.hristova@issapp-pushkarov.org)

**Citation:** Vasileva, V., Hristova, M., Katsarova, A., & Dinev, N. (2023). Soil macronutrient balance: The role of organic amendments in sustainable agriculture. *Bulgarian Journal of Soil Science*

## Abstract

The key to sustainable land management is to maintain a positive nutrient balance in the soil and preserve its fertility. The current study investigates six organic amendments - varying in type and macronutrient content, and their residual effects on soil nutrient status.

After composting, a significant increase in the content of total N,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  and  $\text{K}_2\text{O}$  is observed in all variants. Nevertheless, the soil remains poorly supplied with total N after the lettuce harvest, requiring nitrogen fertilization or supplementation for subsequent crops. A change in the soil chemical balance was observed in  $\text{P}_2\text{O}_5$  and  $\text{K}_2\text{O}$  contents at the end of the experiment. This indicates the application of organic amendments was beneficial in improving the ecological sustainability of the soil.

**Key words:** compost, manure, California worms, sludge

## Въведение

Екологичната устойчивост в селското стопанство е сред основните предизвикателства на нашето време. От една страна се цели оптимизиране на храненето на растенията, повишаване на добива и качеството на продукцията, а от друга – устойчиво използване на почвените ресурси, поддържане на положителен баланс в почвата и защита на плодородието ѝ. Поради това през последните години се наблюдава засилен интерес към използването на органични торове и подобрители, като алтернатива на минералното торене.

Органичните подобрители включват животински тор, промишлени отпадъчни води, утайки, селскостопански материали и битови отпадъци, компости и вермикомпости (Islam et al., 2014). Прилагането на органични материали е устойчива техника за подобряване на физичните, химичните и биологичните почвени свойства (Gobbi et al., 2016; Qayyum et al., 2017; Demiraj et al., 2018; Abbas et al., 2020). Ползите от използването на органични подобрители са много – от една страна доставят хранителни вещества в почвата, а от друга те действат като бавно освобождаващ „тор“, осигуряващ N, P и K в динамика, освен това подобряват влагозадържащия капацитет и структурата на

почвата, микробната ѝ активност и „улавянето“ на въглерод (Lazcano et al., 2008; Thangarajan et al., 2013; Guerrini et al., 2017). Това определя използването им като един от най-обещаващите подходи за запазване на почвените качества и получаването на висок добив и качествена продукция (Kranz et al., 2020). За оптимално управление и планиране на органичното торене от една страна, и ефективното използване на хранителни елементи от растенията от друга, ключови се явяват вида почвен подобрител и информацията за остатъчния му ефект върху почвата, с цел избягване на ненужно торене при отглеждане на следващи култури (Lustosa Filho et al., 2015; Burnett et al., 2016). Това определя и целта на настоящата работа, а именно да се оцени влиянието на различни органични почвени подобрители върху агрохимичната характеристика на почвата преди и след вегетацията на марулята.

## Материали и методи

Изведен е съдов експеримент с маруля (*Lactuca sativa* L.) върху излужена канелена горска почва (*Chromic Luvisol*) от ОП Челопечене, ИПАЗР „Никола Пушкаров“. Почвата се определя като слабо запасена с минерален N ( $23,0 \text{ mg kg}^{-1}$ ), съдържанието на  $\text{P}_2\text{O}_5$  е ниско ( $8,2 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ ) и

има средна запасеност с  $K_2O$  (21,9 mg 100g<sup>-1</sup>). Почвената реакция е 5,9 (pH<sub>KCl</sub>).

Опитът е заложен в съдове с вместимост 2 kg, компостиращи с 10% подобрител в продължение на 30 дни, при поддържане на 60% ППВ. Изпитани са 6 органични почвени подобрителя.

Схемата на опита, включва 7 варианта:

0. вариант – контрола;

1. вариант – готов компост (pH<sub>(H2O)</sub> 7,1; 1,74% N; 1,50% P и 0,30% K);

2. вариант – оборски тор на 2 месеца (pH<sub>(H2O)</sub> 8,6; 1,66% N; 0,58% P и 1,30% K);

3. вариант – пресен оборски тор (pH<sub>(H2O)</sub> 8,35; 2,44% N; 0,84% P и 1,90% K);

4. вариант – калифорнийски червеи (pH<sub>(H2O)</sub> 8,5; 1,67% N; 0,70% P и 2,20% K);

5. вариант – утайка (pH<sub>(H2O)</sub> 6,2; 2,52% N; 0,16% P и 0,29% K);

6. вариант – компост от отпадъци от метан станция (1,36% N; 0,50% P и 1,10% K).

Опитът е заложен в 3 повторения, като във всеки съд са засадени по 4 броя растения от предварително произведен разсад. Продължителността на експеримента е 45 дни. След компостиране и след приключване на вегетацията на марулиците са взети почвени проби по варианти за агрохимичен анализ. Определено е pH<sub>(KCL)</sub> потенциометрично, съдържанието на P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O – в лактатен извлек по П. Иванов (Ivanov, 1984), а съдържанието на общ N е определено по метода на Бремнер и Киней (Bremner & Keeney, 1965).

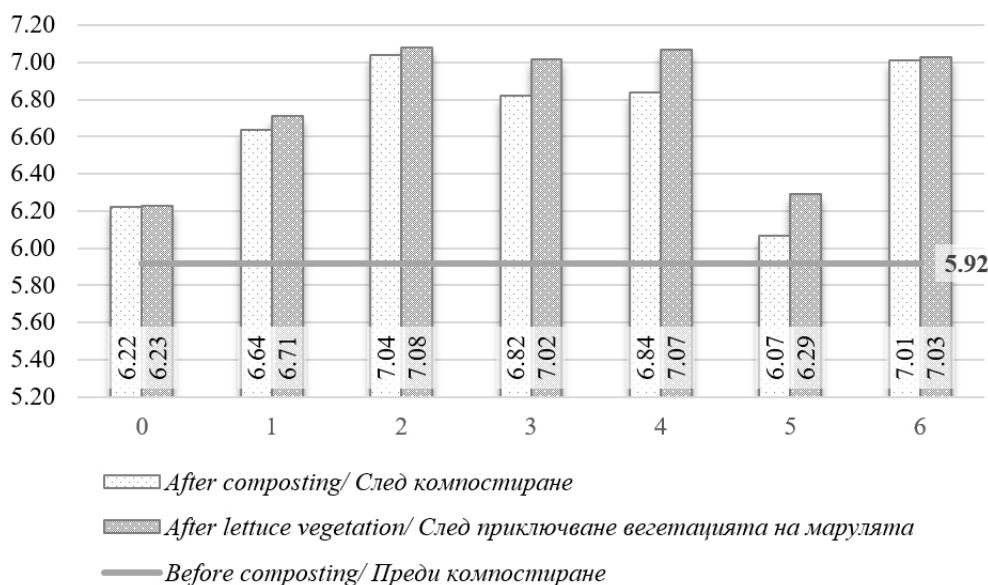
## Резултати и обсъждане

Непрекъснатата интензивна експлоатация е един от основните фактори за химическото изчерпване на почвата. От друга страна прекомерното и небалансирано минерално торене, често е свързано с хранителен дисбаланс за растенията – това е предпоставка за проблеми не само при готовата продукция, но и за околната среда. Според Subaedah et al. (2016) органичните торове и подобрители имат потенциал да повишават микробната активност в почвата, като по този начин водят до увеличаване на достъпните за

растенията хранителни вещества. В настоящия експеримент са подготвени почвени субстрати с различни органични подобрители, за да се проследи влиянието им върху агрохимичната характеристика на почвата. Определени са съдържанията на основните макроелементи преди и след засаждане на растенията и данните от анализите са представени графично (фиг. 1, 2, 3, 4).

След компостиране с всички изследвани подобрители се наблюдава повишаване на почвената реакция и от слабо кисела почвата става неутрална към слабо алкална (фиг. 1). Вероятно това се дължи на съдържащите се в подобрителите Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, органични киселини, и катиони, като Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup>, които могат да буферират почвената киселинност (Abbott et al., 2018, Whalen et al. 2000). Тези резултати кореспондират с редица проучвания с органични торове и компости (Warren & Fonteno, 1993; Cooper & Warman, 1997; Whalen et al., 2000; Goldan et al., 2023). Най-високо увеличение на pH спрямо почвата преди компостирането (5,92) се наблюдава във варианта с добавен оборски тор на 2 месеца (7,04), а най-ниско – в контролата (6,22). Според някои автори основно нормата на вложените органични подобрители оказва влияние на повишаването на почвената реакция – колкото по-висока е тя, толкова по-голямо увеличение на pH се наблюдава. Това увеличение обаче, е до определена точка и след достигането ѝ допълнителни количества компост не водят до промени на почвената реакция (Jayasinghe et al., 2010; Lee, 2012). Освен това е необходимо време, за да се проявят изцяло ефектите от почвените подобрители, тъй като органичната материя трябва да се разложи и да се интегрира в почвената екосистема (Guo et al., 2016; Gaiotti et al., 2017). Това е и възможното обяснение за допълнителното слабо повишаване на pH, което се наблюдава и след приключване на вегетацията на марулиците. Тенденцията е същата – в почвата с компостиран оборски тор на 2 месеца то е най-високо (7,08), а в контролния вариант – най-ниско (6,23) (фиг. 1).

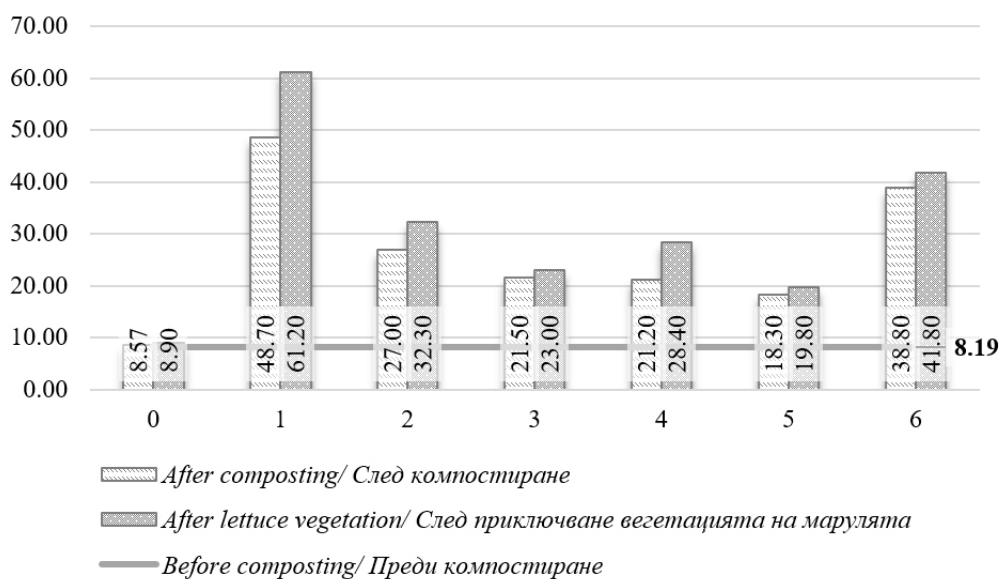
Освобождаването на азот от повечето органични



\* 0. Control/ Контрола; 1. Compost/ Компост, 2. Manure (2 months)/ Оборски тор (2 месеца), 3. Fresh manure/ Пресен оборски тор, 4. Vermicompost/ Вермикомпост, 5. Sludge/ Утайка, 6. Compost of waste of methane station/ Компост от метан станция

**Фиг. 1.** Ефект на органични подобрители върху почвеното  $pH_{(KCl)}$

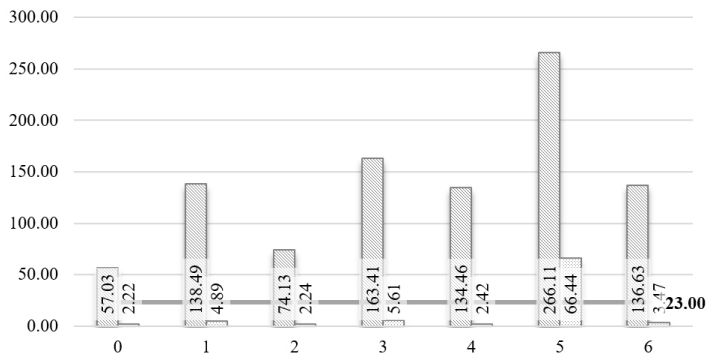
**Fig. 1.** Effect of organic amendments of soil  $pH_{(KCl)}$



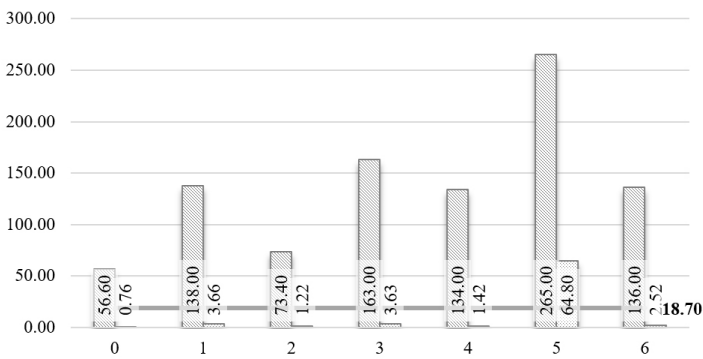
\* 0. Control/ Контрола; 1. Compost/ Компост, 2. Manure (2 months)/ Оборски тор (2 месеца), 3. Fresh manure/ Пресен оборски тор, 4. Vermicompost/ Вермикомпост, 5. Sludge/ Утайка, 6. Compost of waste of methane station/ Компост от метан станция.

**Фиг. 3.** Ефект на органични подобрители върху съдържанието на  $P_2O_5$  в почвата

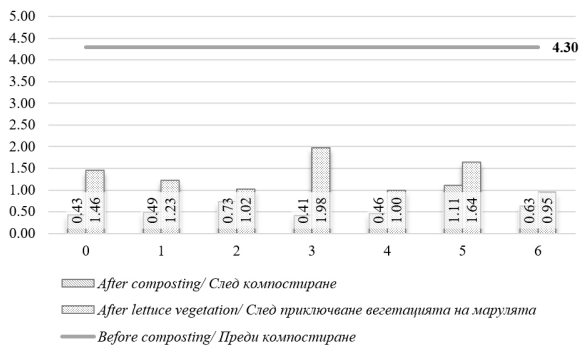
**Fig. 3.** Effect of organic amendments of  $P_2O_5$  in soil



a)

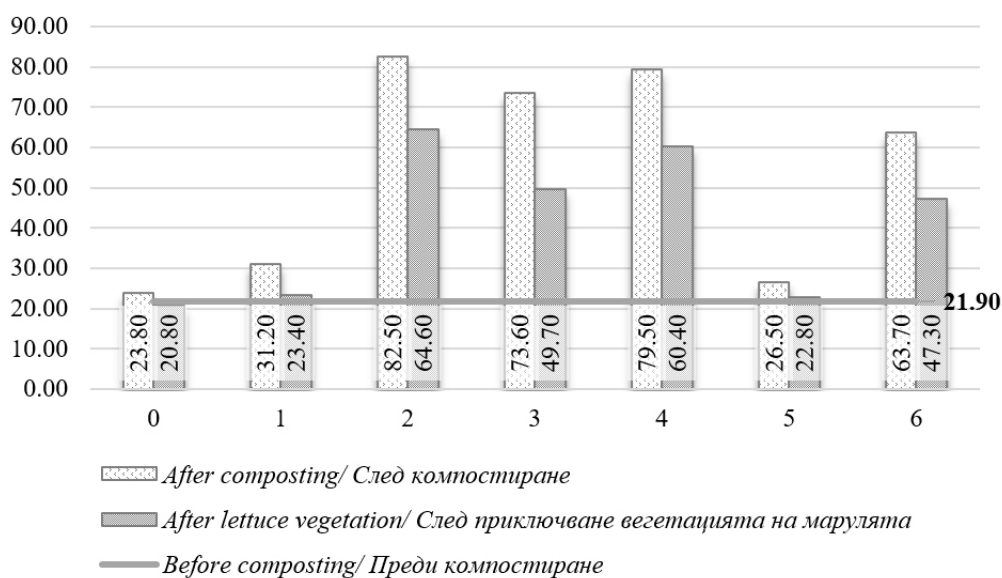


b)



\* 0. Control/ Контрола; 1. Compost/ Компост, 2. Manure (2 months)/ Оборски тор (2 месеца), 3. Fresh manure/ Пресен оборски тор, 4. Vermicompost/ Вермикомпост, 5. Sludge/ Утайка, 6. Compost of waste of methane station/ Компост от метан станция

**Фиг. 2.** Ефект на органични подобрители върху съдържанието на общ N, NO<sub>3</sub>-N и NH<sub>4</sub>-N в почвата  
**Fig. 2.** Effect of organic amendments of Total N, NO<sub>3</sub>-N and NH<sub>4</sub>-N in soil  
 a) total N (mg kg<sup>-1</sup>); b) NO<sub>3</sub>-N (mg kg<sup>-1</sup>); c) NH<sub>4</sub>-N (mg kg<sup>-1</sup>)



\* 0. Control/ Контрола; 1. Compost/ Компост, 2. Manure (2 months)/ Оборски тор (2 месеца), 3. Fresh manure/ Пресен оборски тор, 4. Vermicompost/ Вермикомпост, 5. Sludge/ Утайка, 6. Compost of waste of methane station/ Компост от метан станция

**Фиг. 4.** Ефект на органични подобрители върху съдържанието на  $K_2O$  в почвата  
**Fig. 4.** Effect of organic amendments of  $K_2O$  in soil

подобрители е бавно и зависи от процесите на минерализация в почвата (Tiemens-Hulscher et al, 2014). След компостиране органичният азот от почвените подобрители се минерализира до  $NH_4-N$ , посредством амонифициращи микроорганизми (*Clostridium spp.*, *Proteus mirabilis*). Следва процес на нитрификация, при който бактерии, като *Nitrosomonas* и *Nitrobacter* преобразуват  $NH_4-N$  до  $NO_3-N$ . А според Ortiz & Ortiz (1990) около 98% от общия N в почвата е свързан с органичната ѝ материя – именно на тези процеси се дължи наблюдаваното във всички варианти повишено съдържание на общ N (средно над 6 пъти) и  $NO_3-N$  (средно над 8 пъти) спрямо изходните данни (фиг. 2 a,b). Запасеността на почвата с общ N се променя от слабо до много добре запасена след компостиране. Най-високо съдържание на общ N,  $NO_3-N$  и  $NH_4-N$  е отчетено в почвите компостирани с утайка (съответно 266,11 mg  $kg^{-1}$ , 265,00 mg  $kg^{-1}$  и 1,11 mg  $kg^{-1}$ ), това е и

материалът с най-високо съдържание на азот (2,52%). Прави впечатление, че отчетените съдържания на  $NH_4-N$  са много ниски – като част от общия N в почвата при всички изпитвани варианти (фиг. 2 c). Подобни резултати са получени от Eghball et al. (2004).

Независимо от това след приключване на вегетацията на растенията, отчетеното съдържание на общ N и  $NO_3-N$ , във всички варианти, с изключение на почвата компостирана с утайка, е много ниско, сравнено с началното – съответно 23,00 и 18,70 mg  $kg^{-1}$  и съдържанието, отчетено след влагане на подобрителите (фиг. 2 b). До голяма степен това се дължи на усвояването на азот от почвата за обезпечаване на нуждите на растенията и предпочитанията на марулята към  $NO_3-N$  като азотна храна (Urlić et al., 2017). След прибиране на продукцията почвата остава с много слаба запасеност с общ азот във всички варианти, с изключение на варианта с компостиране на утайка (фиг. 2 a), т.е. вложените



подобрители са осигурили азот за растеж и развитие на растенията, но са недостатъчни за да оставят почвата в добро състояние.

Между 33-67% от общия P в почвата е свързан с органичната ѝ материя, а това прави органичните подобрители добър източник на фосфорна храна за растенията (Fuente et al., 2006). След компостиране е отчетено повишено съдържание на  $P_2O_5$  в почвата между 2,5 и 6 пъти спрямо изходните данни в зависимост от използвания почвен подобрител, а в края на експеримента увеличението е между 2,5-7,5 пъти (фиг. 3). То е пропорционално на съдържанието на  $P_2O_5$  в подобрителите. Максимални стойности са получени при внасяне на готов компост ( $61,20 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), а най-ниско е съдържанието на  $P_2O_5$  при компостиране с утайка ( $19,80 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ). Получените резултати кореспондират с докладвани от други автори и показват, че използването на органични подобрители значително повишава съдържанието на  $P_2O_5$  (Jayasinghe et al., 2010; Lyimo et al., 2012; Elshony et al., 2019; Mazumder et al., 2021). От слабо запасена в началото на експеримента почвата се характеризира с много добра запасеност в края му, при всички варианти с внасяне на подобрител (фиг. 3). Тук трябва да се отбележи, че  $61,20 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  P е изключително висока концентрация. Това би могло да се дължи на близкото съотношение N:P в готовия компост. Органичните подобрители се прилагат в големи количества, за да се осигури необходимото количество азот за растенията и тъй като растенията усвояват повече N, отколкото  $P_2O_5$ , натрупването на фосфор в почвата е неизбежно. Подобни резултати с използването на оборски торове са докладвани от Sharpley et al. (1993) и Buckley & Makortoff (2004).

Високото съдържание на органично вещество в компостите и органичните торове спомага за подобряване на физико-химичните и биологични свойства на почвата, но и води до увеличаване на почвения катионообменен капацитет и достъпните за растенията хранителни вещества (Li et al. 2017). Според Melgarejo et al. (1997) освобождаването им в почвата до голяма степен зависи от динамиката

на процесите на разграждане, а не толкова от общото им съдържание в материала. Така например някои елементи могат да станат достъпни при промяна на рН, влага, аериране и компостиране. Вероятно това се наблюдава при калия – предполага се, че независимо от ниското му процентно съдържание в някои от подобрителите (0,29-1,30%) върху разграждането на органичната материя и достъпността на този елемент са повлияли условията на околната среда, поливният режим, качеството на субстрата, почвените микроорганизми. След компостирането във всички варианти се отчита значително увеличение на  $K_2O$  в почвата спрямо изходните данни – между 1 и 3,7 пъти, пропорционално на съдържанието в почвените подобрители (фиг. 3). В края на експеримента съдържанието на  $K_2O$  е средно над 2 пъти по-високо след компостиране с оборски тор (пресен и на 2 месеца), вермикомпост и компост от отпадни продукти от метан станция. Това са вариантите с почвена реакция  $\geq 7$  (фиг. 1). А според Abbott et al. (2018) съдържанието на хранителни елементи в почвата се увеличава в резултат на повишаването на рН при използването на органични торове и подобрители. Най-много  $K_2O$  е отчетен от вариантите с оборски тор на 2 месеца ( $64,60 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ) и вермикомпост ( $60, 40 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ). Получените резултати са съпоставими с докладвани от Azarmi et al. (2008), Gopinath et al., (2008), Kranz et al. (2020), Gour, K. (2021), Mazumder et al. (2021).

Запасеността на почвата с  $K_2O$  след приключване на експеримента в повечето варианти се променя от средна в много добра, т.е. при внасяне на органични подобрители достъпния за растенията калий се увеличава. Независимо, че марулята се определя като калиеволюбива култура и растенията са усвоили сравнително високи количества, съдържанието на  $K_2O$  при всички изпитвани подобрители след края на опита е по-високо от измереното в изходната почва (фиг. 4).

## Заклучение

Използването на органични подобрители

(оборски тор, компости от различни източници, утайки) водят до подобрение в хранителния статус на почвата. След компостирането във всички варианти се наблюдава повишение на съдържанието на общ N, NO<sub>3</sub>-N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O, както и увеличение на почвената реакция.

Независимо от „освободените“ високи концентрации общ N след компостиране обаче, в края на експеримента почвата от всички изпитвани варианти остава с много слаба запасеност с азот. Т.е вложените компости са обезпечили нуждите на растенията от N храна по време на вегетацията им, но съдържанието му е недостатъчно за да остане почвата в добро екологично състояние след нея. При залагане на следваща култура върху тези почви е необходимо да се приложи азотно торене или подхранване.

Установено е значително повишаване на съдържанието на P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> при всички варианти, а на K<sub>2</sub>O при вариантите, компостирани с оборски тор (пресен и на 2 месеца), вермикомпост и компост от отпадни продукти от метан станция след прибиране на продукцията. По отношение на тези два елемента запасеността на почвите се определя като много добра. Това свидетелства за успешна промяна в почвения химичен баланс – ключов фактор за устойчиво земеползване.

### Благодарности

Изследването е реализирано в рамките на проект КП-06-НЗ6/1, финансиран от Фонд Научни Изследвания (ФНИ) към Министерството на образованието и науката (МОН).

### Литература

Abbas, A., Azeem, M., Naveed, M., Latif, A., Bashir, S., Ali, A., ... & Ali, L. (2020). Synergistic use of biochar and acidified manure for improving growth of maize in chromium contaminated soil. *International journal of phytoremediation*, 22(1), 52-61.

Abbott, L. K., Macdonald, L. M., Wong, M. T. F., Webb, M. J., Jenkins, S. N., & Farrell, M. (2018). Potential roles of biological amendments for profitable grain production—A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 256, 34-50.

Azarmi, R., Giglou, M. T., & Taleshmikail, R. D. (2008).

Influence of vermicompost on soil chemical and physical properties in tomato (*Lycopersicon esculentum*) field. *African Journal of Biotechnology*, 7(14), 2397-2401.

Bremner, J. M., & Keeney, D. R. (1965). Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrite. *Analytica chimica acta*, 32, 485-495.

Buckley, K., & Makortoff, M. (2004). *Phosphorus in livestock manures. Advanced Silage Corn Management; Agriculture and Agri-Food Canada: Brandon, MB, Canada.*

Burnett, S. E., Mattson, N. S., & Williams, K. A. (2016). Substrates and fertilizers for organic container production of herbs, vegetables, and herbaceous ornamental plants grown in greenhouses in the United States. *Scientia Horticulturae*, 208, 111-119.

Cooper, J. M., & Warman, P. R. (1997). Effects of three fertility amendments on soil dehydrogenase activity, organic C and pH. *Canadian Journal of Soil Science*, 77(2), 281-283.

Demiraj, E., Libutti, A., Malltezi, J., Rroço, E., Brahushi, F., Monteleone, M., & Sulçe, S. (2018). Effect of organic amendments on nitrate leaching mitigation in a sandy loam soil of Shkodra district, Albania. *Italian Journal of Agronomy*, 13(1), 93-102.

Eghball, B., Ginting, D., & Gilley, J. E. (2004). Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties. *Agronomy journal*, 96(2), 442-447.

Elshony, M., Farid, I. M., Alkamar, F., Abbas, M. H., & Abbas, H. (2019). Ameliorating a sandy soil using biochar and compost amendments and their implications as slow release fertilizers on plant growth. *Egyptian Journal of Soil Science*, 59(4), 305-322.

Fuentes, B., Bolan, N., Naidu, R., & Mora, M. D. L. L. (2006). Phosphorus in organic waste-soil systems. *J. Soil Sci. Plant Nutr*, 6(2), 64-83.

Gaiotti, F., Marcuzzo, P., Belfiore, N., Lovat, L., Fornasier, F., & Tomasi, D. (2017). Influence of compost addition on soil properties, root growth and vine performances of *Vitis vinifera* cv Cabernet sauvignon. *Scientia Horticulturae*, 225, 88-95.

Gobbi, V., Bonato, S., Nicoletto, C., & Zanin, G. (2015, April). Spent mushroom substrate as organic fertilizer: vegetable organic trials. In *III International Symposium on Organic Matter Management and Compost Use in Horticulture 1146* (pp. 49-56).

Goldan, E., Nedeff, V., Barsan, N., Culea, M., Panainte-Lehadus, M., Mosnegutu, E., ... & Irimia, O. (2023). Assessment of Manure Compost Used as Soil Amendment—A Review. *Processes*, 11(4), 1167.

Gopinath, K. A., Saha, S., Mina, B. L., Pande, H., Kundu, S., & Gupta, H. S. (2008). Influence of organic amendments on growth, yield and quality of wheat and on soil properties during transition to organic production. *Nutrient cycling in agroecosystems*, 82, 51-60.

Gour, K. (2021). Comparative study of physicochemical properties of soil, Aheri, Maharashtra and effect of



vermicompost fertilizer. *Indian Journal of Agriculture Engineering, 1*, 16-19.

**Guerrini, I. A., Croce, C. G. G., de Carvalho Bueno, O., Jacon, C. P. R. P., Nogueira, T. A. R., Fernandes, D. M., ... & Capra, G. F.** (2017). Composted sewage sludge and steel mill slag as potential amendments for urban soils involved in afforestation programs. *Urban Forestry & Urban Greening, 22*, 93-104.

**Guo, L., Wu, G., Li, Y., Li, C., Liu, W., Meng, J., ... & Jiang, G.** (2016). Effects of cattle manure compost combined with chemical fertilizer on topsoil organic matter, bulk density and earthworm activity in a wheat-maize rotation system in Eastern China. *Soil and Tillage Research, 156*, 140-147.

**Islam, M. A., Mostafa, M. G., & Rahman, M. R.** (2014). Conversion of solid organic waste into compost using *Trichoderma* spp. and its application on some selected vegetables. *International Journal of Environment and Waste Management, 14*(3), 211-221.

**Ivanov, P.** (1984) New Acetate-Lactate Method for Determining Plant-Available Phosphorus and Potassium in Soil. *Soil Science and Agrochemistry, 19*(4), 88-98 (Bg).

**Jayasinghe, G. Y., Arachchi, I. L., & Tokashiki, Y.** (2010). Evaluation of containerized substrates developed from cattle manure compost and synthetic aggregates for ornamental plant production as a peat alternative. *Resources, Conservation and Recycling, 54*(12), 1412-1418.

**Kranz, C. N., McLaughlin, R. A., Johnson, A., Miller, G., & Heitman, J. L.** (2020). The effects of compost incorporation on soil physical properties in urban soils—A concise review. *Journal of Environmental Management, 261*, 110209.

**Lazcano, C., Gómez-Brandón, M., & Domínguez, J.** (2008). Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. *Chemosphere, 72*(7), 1013-1019.

**Lee, J.** (2012). Evaluation of composted cattle manure rate on bulb onion grown with reduced rates of chemical fertilizer. *HortTechnology, 22*(6), 798-803.

**Li, S., Li, J., Zhang, B., Li, D., Li, G., & Li, Y.** (2017). Effect of different organic fertilizers application on growth and environmental risk of nitrate under a vegetable field. *Scientific reports, 7*(1), 17020.

**Lustosa Filho, J. F., Nóbrega, J. C. A., Nobrega, R. S. A., Dias, B. O., Amaral, F. H. C., & do Nascimento Amorim, S. P.** (2015). Influence of organic substrates on growth and nutrient contents of jatob (*Hymenaea stigonocarpa*). *African Journal of Agricultural Research, 10*(26), 2544-2552.

**Lyimo, H. J. F., Pratt, R. C., & Mnyuku, R. S. O. W.** (2012). Composted cattle and poultry manures provide excellent fertility and improved management of gray leaf spot in maize. *Field Crops Research, 126*, 97-103.

**Mazumder, P., Akhil, P. M., Khwairakpam, M., Mishra, U., & Kalamdhad, A. S.** (2021). Enhancement of soil physico-chemical properties post compost applica-

tion: Optimization using Response Surface Methodology comprehending Central Composite Design. *Journal of Environmental Management, 289*, 112461.

**Melgarejo, M. R., Ballesteros, M. I., & Bendeck, M.** (1997). Evaluación de algunos parámetros fisicoquímicos y nutricionales en humus de lombriz y composts derivados de diferentes sustratos. *Revista colombiana de química, 26*(2), 11-19.

**Ortiz, V., & Ortiz, C.** (1990). *Edafología*. Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Suelos, Chapingo, México.

**Qayyum, M. F., Liaquat, F., Rehman, R. A., Gul, M., ul Hye, M. Z., Rizwan, M., & Rehaman, M. Z. U.** (2017). Effects of co-composting of farm manure and biochar on plant growth and carbon mineralization in an alkaline soil. *Environmental science and pollution research, 24*, 26060-26068.

**Sharpley, A. N., Daniel, T. C., & Edwards, D. R.** (1993). Phosphorus movement in the landscape. *Journal of Production Agriculture, 6*(4), 492-500.

**Subaedah, S., & Aladin, A.** (2016). Fertilization of nitrogen, phosphor and application of green manure of *Crotalaria juncea* in increasing yield of maize in marginal dry land. *Agriculture and Agricultural Science Procedia, 9*, 20-25.

**Thangarajan, R., Bolan, N. S., Tian, G., Naidu, R., & Kunhikrishnan, A.** (2013). Role of organic amendment application on greenhouse gas emission from soil. *Science of the Total Environment, 465*, 72-96.

**Tiemens-Hulscher, M., Lammerts van Bueren, E. T., & Struik, P. C.** (2014). Identifying nitrogen-efficient potato cultivars for organic farming. *Euphytica, 199*(1-2), 137-154.

**Urlič, B., Jukić Špika, M., Becker, C., Kläring, H. P., Krumbein, A., Goreta Ban, S., & Schwarz, D.** (2017). Effect of NO<sub>3</sub> and NH<sub>4</sub> concentrations in nutrient solution on yield and nitrate concentration in seasonally grown leaf lettuce. *Acta agriculturae scandinavica, section b-soil & plant Science, 67*(8), 748-757.

**Warren, S. L., & Fonteno, W. C.** (1993). Changes in physical and chemical properties of a loamy sand soil when amended with composted poultry litter. *Journal of Environmental Horticulture, 11*(4), 186-190.

**Whalen, J. K., Chang, C., Clayton, G. W., & Carefoot, J. P.** (2000). Cattle manure amendments can increase the pH of acid soils. *Soil Science Society of America Journal, 64*(3), 962-966.

**Received:** 14<sup>th</sup> October 2023, **Approved:** 15<sup>th</sup> October 2023, **Published:** December 2023