FRI-8.121-1-AMT&ASVM-09

A METHODOLOGICAL APPROACH TO THE STUDY OF THE PLANT AND LIVESTOCK RESIDUES COMPOSTING PROCESS [2]

Assist. Prof. Yuriy Enakiev, PhD
Department of Mechanization, Irrigation and Drainage
Nikola Poushkarov Institute of Soil Science Agrotechnologies and Plant Protection,
Sofia, Bulgaria
Phone: +359 2 8929 330
E-mail: yenakiev@yahoo.co.uk

Assist. Prof. Ivan Mortev, PhD
Department of Mechanization, Irrigation and Drainage
Nikola Poushkarov Institute of Soil Science Agrotechnologies and Plant Protection,
Sofia, Bulgaria
Phone: +359 2 8929 335
E-mail: ivan_mortev@abv.bg

Assoc. Prof. Zdravka Petkova, PhD
Department of Soil Science
Nikola Poushkarov Institute of Soil Science Agrotechnologies and Plant Protection,
Sofia, Bulgaria
Phone: +359 2 824 89 37
E-mail: petkova17@yahoo.com

Abstract: *A methodology of the study of the process of composting plant and livestock breeding residues has been proposed. Wheat straw and poultry manure are used to study the composting process. The main factors that are most relevant to the composting process are the following: compost humidity, the carbon-nitrogen ratio and the straw-cutting size. A chemical analysis of the straw and poultry manure was determined before and after the experiments.*

Key words: *Composting Process, Plant and Livestock Residues, Wheat Straw, Poultry Manure, Waste Biomass from Agriculture, Utilization.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Поддържането на положителен баланс на хумуса в обработваемите земи е един от най-важните и трудни проблеми в селскостопанското производство. През последните години в световен мащаб се чувства недостиг на традиционните органични торове. Около 74% от селскостопанските земи в Южна Европа са заети от площи, съдържащи по-малко от 2% органичен въглерод в слоя 0-20 *cm* [12]. За повишаване хумусното съдържание на почвата е необходимо системно внасяне на органични торове. Използването на растителни остатъци, оборски тор, компости и органични утайки в обработваемите земи е една от мерките за ограничаване деградацията на почвите [6].

Внасянето без предварителна обработка на тези отпадъци в почвата създава в някои случаи опасност от замърсяването й с тежки метали и патогенни микроорганизми, както и имобилизация на хранителните елементи и продукция на фитотоксини в почвата. Тези неблагоприятни въздействия могат да бъдат избегнати чрез предварително компостиране на отпадъчните продукти от селскостопанското производство [1, 5].

Компостирането е най-популярният и широко приложим метод, който позволява достигане на повече от 50% отклоняване на органичните отпадъци от сметищата. Освен че е около-

[2] Докладът е представен на пленарната сесия на 27 октомври 2017 с оригинално заглавие на български език: МЕТОДИЧЕСКИ ПОДХОД ПРИ ИЗСЛЕДВАНЕ ПРОЦЕСА НА КОМПОСТИРАНЕ НА ОСТАТЪЦИТЕ ОТ РАСТЕНИЕВЪДСТВОТО И ЖИВОТНОВЪДСТВОТО

гично издържан процес, компостирането е ценно и от агрономическа гледна точка. На практика то внася органично вещество, което може да бъде използвано за възстановяване загубеното при нормална селскостопанска дейност [8]. Следователно, компостирането е решение и за два взаимосвързани проблема – оползотворяването на отпадъци от растениевъдството и животновъдството и създаване на продукт с високо съдържание на органично вещество за наторяване на почвите.

ЦЕЛ И МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Целта на изследването е да се обоснове и разработи методика за изследване процеса на компостиране на остатъците от растениевъдството и животновъдството.

Обект на изследването е процесът на компостиране на остатъците от растениевъдството и животновъдството.

Процесът на компостиране на растителни остатъци в смес с торова маса от животновъдството е изследван от много автори [2,4]. В литературата са посочени резултатите от тези изследвания. В нашето изследване процесът на компостиране ще бъде разгледан от гледна точка на съкращаването на времето, при който протича процеса, без използването на различни химични ускорители.

Задълбочено изследване процеса на компостиране се налага поради неизвестния характер на протичането му, който представлява тъй наречената “черна кутия”. За това при провеждането на изследването е използван кибернетичният подход. Върху процеса оказват влияние голям брой фактори. Една част от тях могат да бъдат управлявани при провеждането на планиран многофакторен експеримент, а останалите трябва да се използват с възможно най-добрите си стойности в него.

По-важните фактори, оказващи влияние върху процеса на компостиране са: въглерод-азотно съотношение C/N, влажност, температура, pH на средата, аерация, размер на частиците и други [11]. Познаването и правилното им използване позволява процесът на разлагане на органичните отпадъци да бъде ускорен, а качеството на крайния продукт подобрено.

Въглерод-азотно съотношение C/N

Степента на разлагане на органичните отпадъци зависи от подходящия баланс между въглерода и азота. Бързото компостиране се постига, когато отпадъците имат въглерод-азотно съотношение C/N съотношение между 15 и 35 [10]. По-ниските съотношения могат да повлияят върху загубата на амоняк, докато по-високите понижават скоростта на компостиране. Ако първоначалното C/N отношение е по-високо от 35, микроорганизмите трябва да преминат през множество жизнени цикли, окислявайки излишния въглерод, докато не достигнат по-подходяща C/N пропорция за техния метаболизъм.

По-високите стойности означават, че няма достатъчно азот за оптимален растеж на микробиологичните популации, така че компостът ще остане относително студен и разлагането ще продължи по-бавно. Ниските стойности ще доведат до азотна загуба посредством изпарението на амоняка, особено при високо *pH* и температура.

Влажност на компоста

Поддържането на оптимална влажност през време на компостирането е много важен фактор, необходим за добра микробиологична дейност. Засушаването и преовлажняването влошават развитието на микроорганизмите и забавят узряването на компоста. Водата се освобождава по време на микробиологичното разлагане на органичните вещества, като повишената микробиологична активност е причина също за повишение на температурата, а оттам и повишено изпарение [9]. Съдържанието на влага и аерацията са тясно свързани от гледна точка на разместването на въздух в процесите. Оптималното съдържание на влага в компостирането варира и основно зависи от физичното състояние и размера на частиците и от използваната система за компостиране. Прекалено ниското съдържание означава ранна дехидратация на купчината, което спира биологичните процеси. Обратно, прекалено високата влага пречи на аерацията, като слепва порите.

Понижението в съдържанието на влага по време на компостния процес може да се обясни с отделянето на топлина – резултат от микробиологичната дейност, причиняващо повишено засушаване. Ако съдържанието на влага е под 40% разлагането е аеробно, но бавно. При влажност под 30% от общата маса скоростта на биологичните процеси рязко спада, а под 20% те почти се прекратяват. Влажността на компоста под 30% ще ограничи микробиологичната активност, понеже няма да има достатъчно вода за разтваряне на хранителните вещества, което ще забави биологичните процеси и ще доведе до физически устойчив, но биологично неустойчив компост [7].

Едрина на нарязване на сламата

Микробиологичната дейност се осъществява върху повърхността на органичните частички. Намаляването на размера на частиците до определени граници, увеличавайки свободната повърхност, стимулира дейността на микроорганизмите и степента на разлагане. Размерите на частиците са в тясна връзка с влажността и аерацията на компоста. По-едрите, са по-добре аерирани, но изсъхват по-бързо. По-дребните частици от своя страна увеличават влагозадържащата способност. Когато обаче частиците са твърде малки, те се слепват и затрудняват достъпа на кислород, въглерод и азот за микроорганизмите и затрудняват тяхната дейност. Широките дървени изрезки, например, са добър пълнител, който подсигурява добра аерация през купчината, но те предоставят по-малко достъпен въглерод, отколкото ако са под формата на талаш или стърготини [3].

Първоначално, разлагането се извършва върху или близо до повърхността на частиците, където дифузията на кислород във водния филм, покриващ частицата е подходяща за аеробен метаболизъм и самият субстрат е лесно достъпен за микроорганизмите и техните клетъчни ензими. Малките частици имат по-голяма повърхност на единица маса или обем, отколкото големите, така че ако аерацията е подходяща, малките частици ще се разлагат по-бързо. Опитите сочат, че смилането на материалите при компостиране може да увеличи два пъти степента на разлагане. Препоръчителният размер на частиците от 13 до 76 *mm*, като по-ниските стойности се отнасят за принудителна аерация или постоянно разбърквани системи, а по-високите за “windrow” и други статично аерирани системи. Оптималният размер за системи на компостиране с разбъркване и принудителна аерация е 12,5 *mm*, а за неподвижни купчини с естествена аерация – 50 *mm*.

В настоящото изследване, като остатъци от растениевъдството и животновъдството се използват съответно пшеничена слама и птичи тор. В таблица 1 е показан химичния анализ и влажността на сламата и птичия тор преди залагане на опита.

Таблица 1. Химичен анализ и влажност на сламата и птичия тор преди залагане на опита

Показатели	Слама	Птичи тор
Общ азот, %	0.343	2.552
Общ въглерод, %	37.5	19.06
Минерален азот, *mg/kg*	-	509
Фосфор, %	0.17	-
Калий, %	0.85	-
Усвоим фосфор, мг/100г	78.9	4.7
Усвоим калий, мг/100г	2195.7	27.9
Пепел, %	4.8	17
Влажност, %	7.25	54.85

Предварителните проучвания показаха, че най-съществено влияние върху процеса на компостиране оказват следните фактори: влажност на компоста, %; въглерод-азотно съотношение и едрина на нарязване на сламата, *mm*.

Дължината на сламата оказва влияние върху процеса на компостиране. Тя ще представлява един от управляемите фактори в нашето изследване. Сламата е нарязана предварително на три нива: 32,8 *mm*, 53,3 *mm* и 78,3 *mm*. За получаване на горното ниво на едрина, сламата е

нарязана на ръка с лостова ножица за ламарина и средната стойност се получи $l_{ср.}$= 78,3 *mm*. Другите две едрини се получиха, като сламата е нарязана с помощта на резачка за слама. Средното ниво на едрината се получи, като сламата е нарязана с един нож на резачката и средната едрина на частиците се получи $l_{ср}$=*53,3 mm*, а долното ниво на едрината реализирахме, като сламата се наряза с два ножа на барабана на резачката – $l_{ср}$ = *32,8 mm*.

Средната едрина на частиците на сламата е определена по следната формула:

$$l_{ср} = \frac{\sum l_i . m_i}{\sum m_i}, mm \tag{1}$$

където $l_{ср}$ е средната едрина на частиците на сламата, *mm*;

l_i – средната едрина на частиците в съответния клас, *mm*, като за различните едрини класовете бяха от 0-1, 1-2,2-3 ....5-6,6-9,9-16 *mm*;

m_i – масата на частиците в съответния клас, *g*.

За определяне на влажността на сместа е приложена класическата методика, чрез изсушаване в сушилна при температура 60ºC в продължение на едно денонощие и е пресметната по формула:

$$W = \frac{W_{вл} - W_{сух}}{W_{вл}}.100,\% \tag{2}$$

където *W* е влажността на материала, %;

$W_{вл}$ – влажността на пробата преди изсушаване, %;

$W_{сух}$ – влажността на пробата след изсушаване в сушилната, %.

Влажността на смес от слама и пресен птичи тор се определя като се знае влажността на двата компонента по-отделно, по следната формула:

$$W_{см} = \frac{(m_{вл}^{сл} + m_{вл}^{пт}) - \left[m_{вл}^{сл}(1 - W_{сл}) + m_{вл}^{пт}(1 - W_{пт})\right]}{m_{вл}^{сл} + m_{вл}^{пт}}.100\% \tag{3}$$

където $W_{см}$ е влажността на получената смес, %;

$m^{сл}_{вл}$ – масата на влажната слама в сместа, *kg*;

$m^{пт}_{вл}$ – масата на птичия тор в сместа, *kg*;

$W_{сл}$ – влажността на сламата преди смесването, %;

$W_{пт}$ – влажността на птичия тор преди смесването, %.

За определяне на количеството на добавената вода за постигане на необходимата влажност за всеки опит от плана на експеримента се използва следната формула:

$$m_{дв} = \frac{m_{вл}^{см}(1 - \frac{W_i}{100}) - m_{сух}^{см}}{\frac{W_i}{100} - 1}, kg \tag{4}$$

където $m_{дв}$ е количеството на добавената вода, *kg*;

$m^{см}_{вл}$ – количеството на влажната смес, *kg*;

$m^{см}_{сух}$ – количеството на абсолютно сухото вещество в сместа, *kg*;

W_i – необходимата влажност за опита, %.

За определяне на C/N съотношение на сламата и птичия тор се прилага формулата:

$$C : N = \frac{(100 - a).B}{100.A}, \tag{5}$$

където *C:N* е въглерод-азотно съотношение;

100-a – органическото вещество, %;

a – съдържанието на пепел в сухото вещество, %;

B – съдържанието на въглерода в сухото вещество, %;

A – съдържанието на азота в сухото вещество, %.

За определяне на $C:N$ съотношение на сместа приготвяна за опитите се прилага формула:

$$C:N_{смес} = \frac{m_{пт}(100-W_{пт}).(100-a_{пт}).B_{пт} + m_{сл}(100-W_{сл}).(100-a_{сл}).B_{сл}}{100\left[m_{пт}(100-W_{пт}).A_{пт} + m_{сл}(100-W_{сл}).A_{сл}\right]}, \quad (6)$$

където $m_{пт}$ и $m_{сл}$ са масите на птичия тор и на сламата, kg;

$W_{пт}$ и $W_{сл}$ – влажността на птичия тор и на сламата, %;

$B_{пт}$ и $B_{сл}$ – съдържанието на въглерод в птичия тор и в сламата, %;

$A_{пт}$ и $A_{сл}$ – съдържанието на азот в птичия тор и в сламата, %;

$a_{пт}$ и $a_{сл}$ – съдържанието на пепел в птичия тор и в сламата, %.

За нуждите на експеримента е изработен съд с вместимост около 70-80 l, в който се забърква сместа от птичи тор и слама.

Материала от всеки опит е поставен в найлонова торба с вместимост около 25-30 l. Торбите са подредени в редици, като всеки опит е с трикратна повторяемост. Торбите са поставени в почвения канал на лабораторията по „Почвообработващи машини” на направление „Механизация и хидромелиорации” към ИПАЗР „Н.Пушкаров” гр. София.

При подреждането е спазено правилото – повторяемост „едно” на опита да се намира от страната на сформиралата се пътечка между двата реда торби, в средата се намира повторяемост „две” и от страната на стените повторяемост номер „три”.

Измерването на температурата е правено всеки ден за първите 10 дена, след това през 3 дена и накрая през седмица, до като температурата на продукта и температурата на въздуха в помещението не се изравниха. През първите дни след измерване на температурата на всеки три дена е правено аериране на продукта, а след 20-тия ден на всяка седмица. При всяко аериране се следи нивото на влажността на пробата и ако се налага се коригира чрез добавяне на необходимото количество вода за да се поддържа заложената влажност на пробата съгласно плана на експеримента. Всеки ден е измервана и температурата на въздуха в помещението. Температурата е измервана с електронен влагомер за почви, който има възможност да измерва и температура.

За управляеми фактори, оказващи съществено влияние върху изследваните показатели на процеса на компостиране, са възприети:

- X_1 (W) – влажност на компоста, $\%$;
- X_2 ($C:N$) – въглерод-азотно съотношение;
- X_3 (n) – едрина на нарязване на сламата, mm.

Интервалите на изменение на управляемите фактори са възприети от литературни данни. Въз основа на тази информация са установени следните интервали:

- за X_1 - от 40% до 80%;
- за X_2 - 20 до 40;
- за X_3 - от 32,8 до 78,3 mm.

За оценка на процеса на компостиране е приет следния изходен параметър:

- Y_T – средната стойност на температурата на компоста по време на опита, ^oC.

Температурата се определя за всеки опит в трикратна повторяемост.

Температурата не е достатъчен показател за оценяване процеса на компостиране, но чрез нея може да се определи в кой стадий на ферментация се намира процеса. За качеството на компоста има достатъчно показатели, като количеството на различните химични елементи, N, P, K и др., но за етапа през който преминава процеса на компостиране се посочва отношението на хуминовите към фулво-киселините. Това ще бъде предмет на следващото, по-задълбочено изследване.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Устойчивото управление на непрестанно растящите количества отпадъци е едно от най-сериозните предизвикателства пред съвременното общество. Управлението на отпадъците се осъществява с цел да се предотврати, намали или ограничи вредното им въздействие върху човешкото здраве и околната среда.

В това изследване е разработена методика за изследване процеса на компостиране на остатъците от пшеничена слама и птичи тор, като сламата предварително наситнена за нуждите на експериментите. Предварителните проучвания показаха, че най-съществено влияние върху процеса на компостиране оказват: влажност на компоста; въглерод-азотно съотношение и едрина на нарязване на сламата.

За адекватна оценка на влиянието на всеки от разглежданите управляеми фактори е необходимо да се изберат такива критерии, които при измерването показват еднозначни резултати още от самото начало на процеса.

REFERENCES

[1] Божков, С., К. Димитров, К. Стефанов, А. Александров. Екологични проблеми в земеделското производство. Сп. Механизация на земеделието, №7, 1996, 23-24.

[2] Кехайов, Д., Г. Комитов. Определяне на енергийния потенциал на остатъчната биомаса от земеделското производство на Агротрейд ЕООД гр. Ямбол. Научни трудове на РУ ”А. Кънчев”, т. 52, сер. 1.1, 2013, 184-187.

[3] Маринов, И., Л. Асенов. Изследване върху централизирано оползотворяване на оборския тор в България. Селскостопанска техника, № 6, 2002, стр. 23-27.

[4] Славов, Д., П. Бозаджиев, Л. Асенов, В. Кутев, И. Вълчовски, Г. Стоянов. Получаване на органоминерални торове на базата на птичи тор. София. 2006.

[5] Стоичкова, М. Агрохимични и микробиологични аспекти на фамилното компостиране. Дисертация, София, 2008.

[6] Филчева, К. Сравнителна характеристика на почвите в България по съдържание, състав и запаси на органичното вещество. Хабилитационен труд, София. 263. 2004.

[7] Bertoldi, M. D., G. Vallini, A. Pera. The Biology of Composting. Waste management Research, 1: 157-176. 1983.

[8] Blake, J. P., J. O. Donald. Alternatives for the disposal of poultry carcasses. Poultry Science, Vol.71, №7, 1130-1135. 1992.

[9] Illmer, P. Backyard composting: General considerations and a case study, p.136. In: Microbiology of Composting, Insam, H., Riddech, N., Klammer, S (Eds.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, p. 632. 2002.

[10] Parr, J. F., S.B. Hornick. Utilization of municipal wastes. In: Soil Microbial Ecology: Applications in Agricultural and Environmental Management, 545-559. 1992.

[11] Stentiford, E.I. Composting control: principles and practices. In: The Science of composting; de Bertoldi, M., Sequi, P., Lemmens, B., Papi, T., Eds.; Blackie Academic & Professional; Glasgow, U.K. 49-59. 1996.

[12] Zdruli, K., Jones R. & Montanalla l. Organic matter in the Soils in Soputhern Europe. Expert report prepared for DGX. E_3 by the European Soil Bureau (JRC – Ispra). 29.04.1999.