

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ФИЗИЧНИ И ХИМИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА КОПОСТ ОТ СТАТИЧЕН БИОРЕАКТОР

Екатерина Серафимова¹, Вилма Петкова²

¹Химикотехнологичен и металургичен университет – София

²Институт по минералогия и кристалография „Акад. Ив. Костов“ – Българска академия на науките
e-mail: ekaterina_sr@uctm.edu

Ключови думи: компостиране, органични битови отпадъци

Резюме: Компостирането е един от най-ефективните начини за предотвратяване на третиране на органичните битови отпадъци. Това е процес, при който органичните вещества се разграждат и се превръщат в хумусен материал, наречен компост. Чрез него се предотвратява образуването на парникови газове в атмосферата. Той води до намаляване разходите за депониране и до произвеждане на полезен продукт – компост. Това е най-добрият начин за управление и рециклиране на органични отпадъци. В резултат се осъществява кръговрат, чиято цикличност спомага за правилното и непрекъснато функциониране на живите организми.

В обхвата на настоящата работа се изследват възможностите за домашно компостиране. Целта на работата е: 1. да се разработи технология за домашно компостиране в статичен биореактор; 2. да бъдат охарактеризирани физичните и химичните характеристики на получения компост. На база на резултатите от изследванията може да се твърди, че новият продукт е подходящ за: - прилагане при типове почви с неутрална до слабо алкална реакция; - за разсадопроизводство (при обогатяване с макроелементи); - за отглеждане на растения в саксии и др.

Използването на посочените растителни био-отпадъци в качеството им на вторичен суровинен ресурс за производството на продукт с потенциално приложение в селското стопанство следва да се оценява и в светлината на все по-големия дефицит на суровини. Резултатите от работата доказват и възможността за постигане на по-висока устойчивост в този сектор на селскостопанското производство, което съответства и за постигане на целите на кръговата икономика

INVESTIGATION OF PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF COMPOST BY STATIC BIOREACTOR

Ekaterina Serafimova¹, Vilma Petkova²

¹University of Chemical Technology and Metallurgy – Sofia

²Institute of Mineralogy and Crystallography “Acad. I. Kostov” – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: ekaterina_sr@uctm.edu

Keywords: composting, organic household waste

Abstract: Composting is one of the most effective ways to prevent the treatment of organic household waste. This is a process in which organic matter is broken down and turned into a humus material called compost. It prevents the formation of greenhouse gases in the atmosphere. It leads to a reduction in disposal costs and to the production of a useful product - compost. This is the best way to manage and recycle organic waste. As a result, a cycle takes place, the cyclicity of which contributes to the proper and continuous functioning of living organisms.

In the scope of the present work the possibilities for home composting are investigated. The aim of the work is: 1. to develop technology for home composting in a static bioreactor; 2. to characterize the physical and chemical characteristics of the obtained compost. Based on the results of the research it can be stated that the new product is suitable for: - application in soil types with neutral to slightly alkaline reaction; - for seedling production (for enrichment with macronutrients); - for growing plants in pots, etc.

The use of these plant bio-wastes as a secondary raw material resource for the production of a product with potential application in agriculture should also be assessed in the light of the growing shortage of raw materials. The results of the work also prove the possibility for achieving higher sustainability in this sector of agricultural production, which corresponds to achieving the goals of the circular economy.

Въведение

В околната среда огромното разнообразие от растителни и животински видове съществува от векове. Това е една самоподдържаща се система – без добавяне на синтетични минерални торове за подхранване на растенията и без ненужни отпадъци. Тя се поддържа от милиони бактерии, гъби и насекоми, които усвояват и се хранят с растителни и животински отпадъци. Те ги преработват в продукт, който може да бъде използван отново за растежа на растенията [1].

В резултат се получава кръговрат, чиято цикличност спомага за правилното и непрекъснато функциониране на жизнените процеси в живите организми.

В съвременния свят на индустриализация и свърхикономически растеж, количеството на отпадъците (битови, строителни, органични, както и различните емисии в атмосферата), придобива застрашителни размери и се превръща в сериозна заплаха за биологичното равновесие, респективно и за човека. Потреблението на химически торове и препарати непрекъснато нараства, като ефектът им е разрушителен за околната среда [6].

Един от най-подходящите и икономични методи за третиране на биоразградими отпадъци е компостирането. Чрез него се предотвратява образуването на парникови газове в атмосферата. Той води до намаляване разходите за депониране и произвеждане на полезен продукт – компост.

В процеса на компостиране и анаеробно третиране на разделно събраните битови отпадъци се получават компост, мулч и други почвени подобрители с приложение в земеделието, цветарството, пътното строителство, рекултивацията и др. В случай, че не се оползотворят, те се превръщат в „стабилизиран отпадък“, който в крайна сметка се депонира. За да не се допусне въвеждане на такава практика, е необходимо организиране и функциониране на пазар за произведените почвени подобрители в зависимост от вида и качеството им. Едно от условията за създаване на такъв пазар е определяне на критерии за качество и стандартизиране на произведените почвени подобрители. Тъй като в България използването на компост и др. почвени подобрители не е широко разпространена практика, тези продукти трябва да се популяризират сред потенциалните потребители [1-7].

Въпреки, че в много държави в Европа съществуват стандарти за качеството на компоста, те се различават съществено поради различия в политиките в областта на почвите. В момента няма всеобхватно законодателство на Европейския съюз. Обикновено, компост за използване в земеделието, се продава на символична цена (напр. 1 евро/тон), като цената може да включва дори транспорт и разстилане. Добре рекламираният компост с признато качество в някои страни от ЕС може да достигне до 14 евро/тон.

Специфични условия в България

Количеството на биоразградимите отпадъци, генерирани в населените места, както и приложимостта на възможности за тяхното намаляване, зависят от големината и функционалния тип на населеното място. В рамките на дадено населено място се среща различен тип жилищно застрояване – високи блокове и еднофамилни къщи, с или без прилежащи дворове. Докато в селата преобладават еднофамилните къщи, със сравнително големи дворове (над 600 m²), то в градовете има два основни типа жилищно застрояване, където количеството и качеството на събраните биоразградими отпадъци е различно – квартали с високо етажно строителство, към които се отнася и централна градска част и квартали (главно в предградията), където преобладават еднофамилните къщи с дворове до 600 m² [1].

Домашното компостиране е една от предпочитаните мерки, включени в общинските програми за управление на дейностите по отпадъците. По принцип, техническите предимства от използване на пластмасови компостери са от по – малко значение, в сравнение с мотивиращия ефект от признанието от страна на местните власти за усилията на хората да минимизират отпадъците си.

Обхващането на все по-голям брой семейства в системи за домашно компостиране е възможно чрез постоянно информиране на населението за възможностите за оползотворяване на биоразградимите отпадъци и предоставяне на контейнери за компостиране на семействата, които желаят да компостират биоразградимите си отпадъци. При липса на средства, такива контейнери могат да бъдат изработени и от самите стопани.

За отчитане на ефекта от тази мярка е необходимо предоставянето на компостери на отделните домакинства да бъде обвързано с изискване за своевременно представяне на информация от общините за постигнатите нива на население на биоразградимите отпадъци, постъпващи за депониране [8].

Възможностите за оползотворяване на произведения компост, когато той е добре узрял и в него няма химични и механични замърсявания, са много разнообразни, в това число [1–8]:

- Рекултивация – на тревни площи около уличните платна, нарушени терени от мината дейност и от стари промишлени зони, заблатени места и др.

- Земеделие – биологично и конвенционално, овощни градини и лозя, фуражни култури и житни култури. За повишаване на почвеното плодородие, намаляване на изискванията за напояване, намаляване влагането на изкуствени торове и подобряване структурата на почвата.

- Смеси за саксии и за зеленчукови градини – съществуват множество различни смеси за повишаване плодородните качества, органичната материя, рН на почвата и други нейни компоненти.

- Разсадници/горски култури – за производството на коледни дръвчета и др. бързо – растящи култури. Компостът може да поддържа почвеното плодородие и замества материала, който се губи при изкореняване на растенията.

- Оранжерии – в оранжерии е необходимо използване на компост с постоянно качество, особено за чувствителните млади растения. Компостът може да се използва за намаляване на нуждите от напояване, увеличава растежа и устойчивостта на кореновата система на растенията и осигурява предпазване от някои видове заболявания.

- Тревни площи – спортни игрища, обществени паркове за формирането на здрава коренова система и повишаване устойчивостта на засушаване и подобрява оттичането на водите. Fino пресетият компост се използва за покриване на тревната площ с цел подхранване и аериране.

- Възстановителни работи при строителни обекти – тревните площи около уличните платна, озеленявае след строежи. Компостът участва в контрола на ерозията и бързото създаване на нова растителна покривка. Компост, използван за мулч, подпомага задържането на почвената влага и потиска растежа на плевели.

- Запръстване на депа – при ежедневно запръстване компостът има биофилтриращ ефект и намалява отделянето на неприятно миришещи газове и метан. Компост, включен в състава на горния изолиращ екран, ускорява появата на нова растителност и предотвратява вятърната и водната ерозия.

- Биофилтри – производства, които се нуждаят от пречистване на въздуха, могат да използват биофилтър, конструиран с активен компост, което в много случаи е ефективно, ниско-технологично и сравнително евтино решение.

- Голф игрища – за отглеждане на здрав тревен чим и намаляване нуждата от напояване и подобряване поносимостта на тревата към засушаване.[8]

На база гореизложеното може да се каже, че добре балансираният компост е с доказани свойства на подобрител на почвата. Ако редовно се добавя компост, почвата в градината става по-проветрива, по-лесно се отцежда и съдържа подобрен хранителен резерв, от който растенията могат да черпят.

Подобрената почва създава по-малко проблеми с насекоми или болести. Компостът е хранителна среда на многобройни полезни почвени микроорганизми, които контролират вредните микроорганизми. Той подпомага отглеждането на здрави и устойчиви на вредители растения.

Традиционното разбиране за ефекта на отпадъчните компоненти върху околната среда се основават на представата, че органичните отпадъци нямат отрицателен ефект върху околната среда, тъй като те са “естествени” и биоразградими (докато “изкуствените” продукти, като пластмасата, често се считат за по-опасни на депото). Често се пренебрегва негативния ефект на биоразградимата фракция в депото: образуване на инфилтрат, мобилизиране на тежките метали от органичните киселини, отделянето на метан и свързаната с това глобална промяна в климата. Като се има предвид факта, че днес около 1/3 от депата в България са заети с органични отпадъци от паркове, дворове, градини, кухни – точно материали, подходящи за компостиране, на този вид дейност трябва да се гледа като на ефективен метод за редуциране количеството на постъпващите за депониране отпадъци, паралелно с това произвеждания компост с всичките му екологични предимства да бъде въведен като компонент в системата за устойчиво екоземеделие [1–6, 8].

Днес превръщането на органичните отпадъци в полезна суровина се развива бързо в Европа и САЩ. Колкото по-скъпо става депонирането на отпадъците и хората стават по-загрижени за околна среда, толкова по-бързо се разпространява компостирането, особено в домашни условия.

В обхвата на настоящата работа се цели да се изследват възможностите за домашно компостиране. Да се внедри технология за домашно компостиране в биореактор – статичен. Да бъдат охарактеризирани физичните и химичните характеристики на компоста.

Теория на метода

В научните среди се използват различни термини за обозначаване на съоръженията за компостиране, като например силос (статичните конструкции) и бавно въртящи барабани или ротационни (въртящи конструкции). В настоящото изследване понятието биореактор ще касае съоръжението, което се изгражда за домашно компостиране като се изхожда от дефиницията за биореактор, която гласи следното: „може да касае всяко едно изработено съоръжение или система, която поддържа биологично активна среда. От една страна, биореакторът е съд, в който текат химически процеси, които съставляват организми или извлечените от тях активни субстанции, по биохимичен път. Тези процеси могат да бъдат или аеробни или анаеробни. Обикновено такъв тип биореактори са цилиндрични, с различен обем от литри до кубични метри, и често са изработени от неръждаема стомана.“

Тестът на процеса компостиране се извърши в един статичен биореактор за градина от 50 m², намираща се на територията на еднофамилна къща в град Сухиндол. Конструирването на статичния биореактор е според Ръководство за домашно компостиране на МОСВ [1]. Според което, е поставена инсталацията на сенчесто място в двора.

Построяване на домашен биореактор

За конструирването на статичния биореактор основна причина бе лесен, удобен и евтин модел за инсталация, който може лесно да бъде приложен във всеки дом, като бъдат направени подобрения в съда за компостиране с цел улесняване и ускоряване на процеса на компостиране. А именно дупки за аерация.

В железният съд са пробити дупки за по-добра аерация. Диаметърът на отворите е около 5 cm. Съдът има и капак.

Размери на съда

Височина на съда – 1 m

Диаметър на съда – 40/40 cm

Размер на дупки – 5 cm

Брой на дупки – 40 броя

Избор на растителна маса и пробоподготовка. Хомогенизиране и смесване на входящите материали

Една от основните цели за използване на свежи входящи материали за компостиране е да се постигнат максималните възможни нива на влага и в същото време материалът да не се сбива, така че да протичат процесите възможно най- добре. Идеята е да се постигнат оптимални условия на разграждане, без допълнително обръщане, поливане или всяко друго третиране на материала.

За да се постигне оптимизиране на микробиологичната трансформация, трябва да бъдат установени следните фактори:

- Наличие на свободна вода – съоръжението е разположено на открито;
- Достатъчно и равномерно разпределение на поресто пространство, за продължително аериране и обмен на газовете – при зареждане на съда материалът няма да бъде подложен на натиск и ще бъдат направени допълнителни отвори по целия обем на съда;
- Добре балансирано съотношение въглерод/азот – ще бъде спазвано съотношението съгласно „Ръководство за домашно компостиране на МОСВ“[1].

От първостепенно значение е, микробиологично достъпните източници на въглерод и азот, да са осигурени в добре балансирано съотношение. Целта е да се предотвратят:

- Прекомерни емисии на амоняк, причинени от излишъкът на достъпни източници на азот;
- Инхибиране на разграждането и образуването на хумус, поради липса на налични източници на азот

Съгласно [1] и наличните в градината материали, при залагане на опитната постановка са използвани следните материали:

Стърготини – 10 cm

Стъбла от пипер – 10 cm

Стъбла от краставици – 10 cm

Стъбла от картофи – 10 cm

Стърготини – 10 cm

Стъбла от домати – 10 cm

Стъбла от зелен боб – 10 cm

Измерване на рН по време на компостирането

Изследванията са извършени за период от 6 месеца, като е измервана температурата и рН всяка седмица. Сравнявайки стойностите на рН за първоначалните етапи на разлагане и стойностите на рН впоследствие се наблюдава рязко понижение на рН в рамките на първите седмици, което се дължи на образуването на кисели органични съединения с ниско съдържание на молекулно тегло като летливи мастни киселини и CO₂. След няколко седмици се забелязва увеличение на рН, дължащо се на елиминиране на киселинни съединения и разлагането на протеини, пептиди и аминокиселини.

Разграждането през целия период се е извършвало при ниво на рН между 5 и 7, което се смята за ефективен процес, тъй като ако стойностите на рН са много високи, азотът се извежда във вид на амоняк и получения компост няма да има добри торови качества.

Химичен анализ – ICP анализ

За определяне качествения и количествения състав на изследваната проба е използван ICP анализ. Анализът се базира на атомната спектроскопия като аналитичната техника, която използва оптичната емисионна спектрометрия (OES). Използваният атомно-емисионен анализ извършва количествен анализ на следи на повече от 70 елемента (алкални, алкалоземни, преходни, редкоземни, и някои неметали) в разтвори. Апаратурата е HighDispersion ICP-OES Prodigy на компанията TeledyneLeemanLabs, САЩ.

Получените резултати от анализите на пробата – влажност, рН, химичен анализ - са представени в табличен вид (табл.1) като са сравнени с пределно допустимата концентрация по Наредба №3/01.08.2008 [7] за допустимото съдържание на вредни вещества в почвите.

Таблица 1. Резултати от изпитването на компост

| Показател | Мерна единица | Стойност | НПК за тежки метали и металоиди в почвите, mg/kg суха почва |
|---------------------------------------------------|---------------------|-------------|-------------------------------------------------------------|
| Влага | % | 7.31 | - |
| Сухо вещество | % | 92.69 | - |
| рН /H ₂ O/ | рН | 6.776 | - |
| Общи количества минерални елементи (с. в.) | | | |
| Калий/К | mg.kg ⁻¹ | 190.5±0.004 | - |
| Натрий/Na | mg.kg ⁻¹ | 18.5±0.04 | - |
| Калций/Ca | mg.kg ⁻¹ | 507.1±0.6 | - |
| Магнезий/Mg | mg.kg ⁻¹ | 55.0±0.03 | - |
| Фосфор/P | mg.kg ⁻¹ | 19.9±0.02 | - |
| Общи количества метали (с. в.) | | | |
| Арсен/ As | mg.kg ⁻¹ | <0.010 | 10 |
| Сяра/S | mg.kg ⁻¹ | 11.09±0.14 | - |
| Калай/Sn | mg.kg ⁻¹ | <0.010 | - |
| Берилий/Be | mg.kg ⁻¹ | <0.005 | - |
| Стронций/Sr | mg.kg ⁻¹ | 2.280±0.003 | - |
| Барий/Ba | mg.kg ⁻¹ | 0.955±0.002 | - |
| Ванадий/V | mg.kg ⁻¹ | <0.005 | - |
| Хром/Cr | mg.kg ⁻¹ | 0.017±0.001 | 65 |
| Кадмий/Cd | mg.kg ⁻¹ | <0.005 | 0.4 |
| Манган/Mn | mg.kg ⁻¹ | 2.239±0.003 | - |
| Желязо/Fe | mg.kg ⁻¹ | 42.31±0.02 | - |
| Кобалт/Co | mg.kg ⁻¹ | 0.005±0.000 | 20 |
| Никел/Ni | mg.kg ⁻¹ | 0.047±0.002 | 46 |

| | | | |
|-------------|---------------------|-------------|------|
| Мед/Cu | mg.kg ⁻¹ | 0.427±0.003 | 34 |
| Цинк/Zn | mg.kg ⁻¹ | 1.212±0.003 | 88 |
| Молибден/Mo | mg.kg ⁻¹ | <0.010 | - |
| Волфрам/W | mg.kg ⁻¹ | <0.010 | - |
| Силиций/Si | mg.kg ⁻¹ | 1.345±0.004 | - |
| Арсен/As | mg.kg ⁻¹ | <0.010 | 10 |
| Бисмут/Bi | mg.kg ⁻¹ | <0.010 | - |
| Олово/Pb | mg.kg ⁻¹ | 0.127±0.003 | 26 |
| Антимон/Sb | mg.kg ⁻¹ | <0.010 | - |
| Селен/Se | mg.kg ⁻¹ | <0.010 | - |
| Живак/Hg | mg.kg ⁻¹ | <0.010 | 0.03 |

Сравнението е направено с нормите за предохранителни концентрации за тежки метали и металоиди в почвите (определени като общо съдържание в mg/kg суха почва при екстракция с aquaregia), заложи в Наредба № 3 от 1 август 2008 г. за нормите за допустимо съдържание на вредни вещества в почвите, Приложение № 1 към чл. 3 [7]. За настоящата дипломна работа са използвани нормите за стандартна почва с рН ≤ 6.

Съдържанието на калций в растенията е твърде различно, но независимо от голямото му вариране при отделните растителни видове то е достатъчно за класифицирането на калция в групата на макроелементите. Общото съдържание на калция е по-високо при бобовите култури, бобовите треви в ливадите и пасищата. Именно заради това са използвани при залагането на опита листа и клоновете от зелен боб. Калцият притежава важна физиологична и биохимична функция (делене на клетките, фотосинтеза, колоидите, забавя стареенето на растенията, има антиотоксично действие спрямо Cu, Fe, Zn, Mg, Sr и Al). Използва се при варуване на кисели почви за неутрализация на вредната киселинност, а при наличие на хумус способства създаването на агрономически ценната зърнена структура. Съдържанието му в компоста е достатъчно за извършване на тези функции, когато бива приложен в двор за отглеждане на култури за собствени нужди.

Калият притежава съществена роля в синтеза на аминокиселини и протеини; специфичен активатор е на над 40 фермента; обуславя общата адаптивност и специфична устойчивост спрямо фитопатогени, ниски температури и слаба осветеност; подпомага усвояването на азот от растенията Узрелият компост съдържа К в количество достатъчно, че да се използва директно за разсад, саксии и пр. както и да се внася в повърхностния почвен слой.

Магнезият от своя страна играе ключова роля при фотосинтезата на растенията и каталитичните процеси (активатор на ензими). Съдържанието на магнезий в пробите от компост е в добро съотношение и може да се прилага за подхранване на растенията. При установеното съдържание може да се използва директно за разсад, саксии и пр., както и да се внася в повърхностния почвен слой. Употребата му би подобрила почвените запаси на магнезий, както и растежа и развитието на отглежданите растения

Микроелементите играят важна роля при цъфтежа и плодоносенето на растенията (B), стимулират процесите на адаптация на растенията към стресови фактори на средата (Mo, Co, Cu), участват в състава на ферменти (Mn, Zn, Cu), стимулират дишането (Zn), повишават студоустойчивостта, зимоустойчивостта (Cu, Zn), както и соленоустойчивостта на растенията (B, Zn).

Заклучение

Съгласно проведените анализи може да се изведат следните изводи:

- Разграждането през целия период се е извършвало при ниво на рН между 5 и 7, което се смята за ефективен процес, тъй като ако стойностите на рН са много високи, азотът се извежда във вид на амоняк и получения компост няма да има добри качества
- Основна характеристика на компоста е неговата ниска разтворимост и много ниско съдържание на подвижни форми на тежки метали. Установени са значителни количества на хранителни елементи. Не са установени превишаване на пределно допустимите концентрации. Макроелементите биха въздействали положително на агроecosystemата почва-растения. Микроелементите са в концентрации, благоприятни за растежа и развитието на растенията.

Тежките метали са в концентрации, благоприятстващи устойчивото развитие на агроекосистемите.

• Превръщането на посочените растителни отпадъци в суровинен ресурс за производството на продукт с положителен ефект в селското стопанство, следва да се оценява от гледна точка на все по-големия дефицит на суровинни ресурси и възможността за постигане на по-висока устойчивост в този сектор на селскостопанското производство, както и за постигане на целите на кръговата икономика.

Литература:

1. МОСВ, „Ръководство за домашно компостиране“, 2010 г.
2. Влахов, С., Микробиологични методи за пречистване на околната среда, София, 2003г
3. МОСВ, Национален стратегически план за поетапно намаляване на количествата на биоразградимите отпадъци, предназначени за депониране, 2009 г.
4. Василев, Д., Ст. Стоянова, Изграждане на съоръжение за компостиране на биоотпадъци в община Севлиево International Scientific Conference, 16-17 November 2018,
5. Todorova, S., Composting Organic Waste Using a Bacterial Supplement, <http://conf.uniruse.bg/bg/docs/cp13/10.2/10.2-46.pdf>
6. Pelovski, Y., I. Dombalov E. Todorova, V. Kiosseva, E. Sokolovski, P. Petrov, G. Kazaldzhiev, Methods for Treatment and Utilization of Solid Waste, BENCEE, 2007.
7. Наредба № 3 от 1 август 2008 г. за нормите за допустимо съдържание на вредни вещества в почвите в сила от 12.08.2008 г., издадена от Министерството на околната среда и водите, Министерството на здравеопазването и Министерството на земеделието и храните, Обн. ДВ. бр.71 от 12 Август 2008 г.
8. https://www.moew.government.bg/static/media/ups/tiny/file/Waste/Biowaste/biowaste_strategy_2010.pdf