Компостиране на органични отпадъци чрез използването на бактериална добавка

Севдалина Тодорова

Composting of organic waste by means of a bacterial supplement: *The present study is conducted on composting plant and animal waste under laboratory conditions by use of a specially selected bacterial supplement. It has been developed in two variants – Bacillus subtilis TS 01 independently and in a combination with nitrogen fixing bacteria from genus Azotobacter. The process passes as a solid phase fermentation for five days and in dynamics were followed up its physical, chemical and microbiological parameters. The bacterial supplement (in both variants) accelerates the onset of a very active thermophilic phase of composting and reduces the time of its passage.*

Key words: *Composting, Organic waste, Microbial inoculation, Bacillus subtilis, Azotobacter sp.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Най-добрият начин за оползотворяване на растителните и животински отпадъци е превръщането им в компост. За разлика от суровите отпадъци компостът не нарушава екологичното равновесие. Компостирането дава възможност за повторно използване на органичните отпадъци като средство за подобряване структурата на почвата и за торене на растенията. Компостът представлява естествен тор, който се получава в резултат на биохимични процеси, водещи до разлагане на органичната маса [4, 11]. Вместо да се полагат усилия за нейното унищожаване, лесно може да се върне обратно на природата под формата на стабилен хумусен материал.

Процесът на компостиране понастоящем се ползва с голям интерес не само от *екологична гледна точка.*

Той буди нужното внимание и *от санитарно-хигиенна гледна точка:* при този процес органичната материя се дезинфекцира благодарение на високите температури, които се достигат в термофилната фаза на компостиране. Патогенната микрофлора загива, а голяма част от плевелните семена се унищожават [4].

Компостирането предизвиква интерес и от *енергийна гледна точка:* процесът се самоподдържа енергийно, благодарение на енергията, отделяна при разкъсването на химичните връзки, характеризиращи сложните молекули на органичната материя.

Компостирането може да бъде пасивно – оставяне на материалите да се разграждат под действие на естествената микрофлора при естествени условия – или да бъде интензивно управляван процес, който може да протече в различни конструкции механизирани инсталации за производство на компост на открито или в затворени помещения [6]. Използват се също и бавно въртящи се барабани, които са аналогични на биореакторите за твърдофазово култивиране на микроорганизмите в биотехнологичните процеси [11].

За повишаване скоростта на компостиране се прибавят химични, растителни и бактериални добавки [8, 10, 12, 13]. Бактериалните компост-ускорители съдържат уникални щамове на бактерии [15] и действието им се обяснява със следните особености:

- усвояват трудноразградими съединения, като мазнини и протеини;
- ускоряват времето, необходимо за достигане до много активния термофилен етап;
- съдържат факултативни бактерии, които работят в условия, където нивата на кислорода са по-ниски;
- започват да действат веднага, тъй като в компоста се въвеждат големи популации от повече от 1 билион бактерии на грам;
- намаляват миризмите;

- увеличават торовата стойност, тъй като потискат развитието на фитопатогенните микроорганизми и стимулират растежа на растенията;
- намаляват времето на компостиране при правилно използване.

Целта на настоящата работа е компостиране на растителни и животински отпадъци чрез използване на бактериална добавка и изследване влиянието й върху физичните, химични и микробиологични параметри на процеса.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Материали и методи

Материали

- Материали за компостиране

Въглероден източник:

– пшенична слама със съдържание на C 40 % и съотношение C:N 80 по литературни данни [5, 6]. Нарязва се на късове с дължина 20 mm.

Азотни източници:

– кокоши тор (курешки) със съдържание на N 8 % и съотношение C:N 6 по литературни данни [5, 6];

– амониева селитра с 30 % N.

За приготвяне на смес от компостиращите материали разчетите за количественото им съотношението се правят така, че да се спази оптимално съотношение на C : N = 25-40 : 1 [4].

- Бактериална добавка

- щам *Bacillus subtilis* TS 01 (NBIMCC 8718) е оригинално изолиран от почва, селекциониран и идентифициран в предишни изследвания [14]. Съхранението, поддържането и условията за култивиране на щама са описани в публикация на Todorova, Kozhuharova [14].

- видове от род *Azotobacter* - те са азотфиксиращи бактерии, свободно живеещи в почвата. За получаване на обогатени и изолиране на чисти култури се използва хранителна среда на Ешби по метод на Гущеров и др. [3]. Съхраняват се при 0 - 4 °C чрез периодично препосяване. За получаването на посевен материал се култивират дълбочинно в ерленмайерови колби от 500 cm^3 с 50 ml хранителна среда на Ешби при 28° C на ротационна клатачка при 220 min^{-1} за 72 h.

Бактериалната добавка се използва в два варианта:

1. Само *B. subtilis* TS 01, прибавен към компостиращия материал в количество 5 % (v/m);

2. *B. subtilis* TS 01 и видове от р. *Azotobacter* в смес от равни обеми по 2.5 % (v/m).

- Компостиране

Провежда се твърдофазова ферментация при лабораторни условия на въртящо се барабанно устройство със скорост на въртене 5 min^{-1} в продължение на 5 денонощия. Пробите са заложени в термоизолирани пластмасови бутилки в три варианта:

1. Контрола – без бактериална добавка;
2. Проба с бактериална добавка *B. subtilis* TS 01;
3. Проба с бактериална добавка *B. subtilis* TS 01 и видове от р.*Azotobacter*.

Методи:

1. Определяне общия брой на микробните клетки

Използва се метода на броене на микробните клетки в твърда хранителна среда [1]. Броят им се представя като кое g^{-1} и log_{10} .

2. Определяне на pH

pH се определя потенциометрично във воден разтвор с pH-метър TM6 [7]. Измерванията са през 12 - часов интервал от време.

3. Определяне на температурата

Температурата се измерва с инфрачервен термометър на 12 - часов интервал от време.

4. Определяне на влажността

Влажността се определя по тегловния метод след сушене при 105 °C до постоянна маса и се изразява в % [7].

Резултати и обсъждане

1. Приготвяне на смес от компостиращи материали

Съгласно процентния състав на въглерода и азота и най-вече съотношението C:N, е съставена рецепта за приготвяне на смес за компостиране. Направените разчети на количествата на отделните компоненти при приготвяне на сместа за компостиране са представени в таблица 1.

Таблица 1

Съставяне на рецепта за приготвяне на смес за компостиране

Компоненти	Количество, g	Влага, %	Сухо в-во		C/N	Общ въглерод		Общ азот	
			%	g		%	g	%	g
Слама, пшенична	3000	10	90	2700	80	40	1080	0.4	13.5
Кокоши тор	400	30	70	280	6		132.4	8	22.4
Получена смес	3400			2980	46.4		1212.4		35.9
Необходимост					25		1212.4		48.5
Добавяне на Амониева селитра	42		100	42				30	12.6
Всичко	3442			3022	25		1212.4	1.6	48.5

Така приготвената смес за компостиране е навлажнена с вода в количество 60 % от общата маса. След добро размесване е разпределена на три равни части в термично изолираните бутилки, като се заема 1/3 от обема им.

2. Компостиране

Съгласно схемата са заложени три проби за компостиране – контролата и двете проби с бактериална добавка.

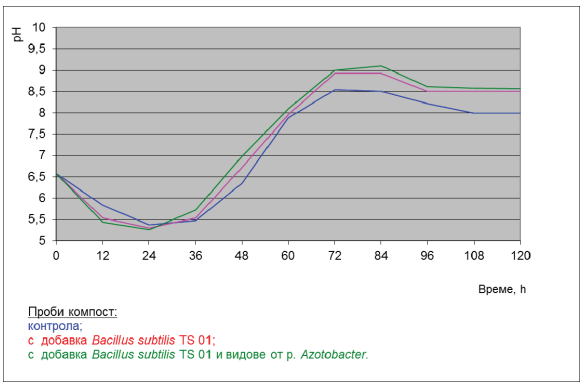
B. subtilis TS 01 е подбран като бактериална добавка, защото като спорообразуваща бактерия преживява успешно термичната фаза на компостиране и преобладава сред бактериалната микрофлора, ускорявайки процеса. Освен това щамът има силноизразени антимикробни свойства и стимулиращо растежа на растенията действие [14], установено в предишни изследвания. Това допринася за получаването на висококачествен и добре балансиран компост.

Видове от р. *Azotobacter* са подбрани в състава на бактериалната добавка, тъй като те са аеробни азотфиксиращи бактерии. Те допълнително, усвоявайки азот от въздуха, обогатяват компоста с ценни азотсъдържащи съединения.

2.1.Определяне на pH

Началната стойност на pH на сместа при залагане на пробите за компостиране е 6.5, като се има предвид, че бактериите предпочитат стойности на pH, близки до неутралните. След това се наблюдава естествено понижаване реакцията (pH) на средата и в трите проби (фиг. 1), защото при процеса се образуват органични киселини и се отделя CO_2 [5, 6]. По-нататък стойностите на pH се повишават до 8-9, поради елиминирането на CO_2, вследствие на аерацията и разграждането на протеините заедно с получаването на амоняк [5, 6, 12]. Алкализирането на средата характеризира термичната фаза на процеса. Изменението на pH в трите проби е идентично, но в пробите с бактериална добавка достига по-високи стойности - 9.1 в компоста със смесена бактериална добавка и 8.92 в пробата с добавка само *B. subtilis* TS 01. В контролната проба компост pH се изменя от 5.38 до 8.54. Към края на процеса – след 96 h, алкалността на средата намалява и pH на компоста се

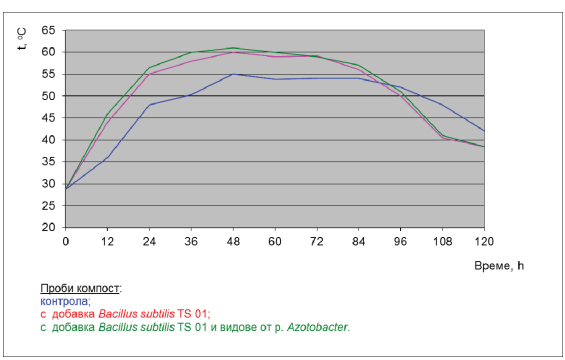
стабилизира до стойности 8 за контролата и 8,5 за пробите с бактериална добавка. Това характеризира компоста като слабо алкален и позволява директното му използване. В двете проби с бактериална добавка се спазва граничната стойност на pH, която предвижда националното ни законодателство (pH 8.5). Във всеки случай обикновено не се пристъпва към корекция на pH нито чрез интервенция върху началния продукт, нито върху крайния.



Фиг. 1 Изменение на pH по време на процеса компостиране

2.2.Определяне на температурата

Скоростта, с която протича компостирането зависи от физични и химични фактори. Температурата е ключов параметър за определяне успеха на компостирането. Микроорганизмите започват да разлагат органичния материал, при което се отделя топлина и температурата нараства [5, 6]. От 28.7 °C в началото на процеса, температурата бързо се покачва със започване на термичната фаза (фиг. 2).



Фиг. 2 Изменение на температурата по време на процеса компостиране

През тази фаза има силен превес на термофилните видове бактерии [2, 6, 9, 10, 12, 13], наблюдава се бърз метаболизъм на въглеродните съединения и температурата достига 60°C. При тази температура процесът на разлагане се поддържа от актиномицети и спорообразуващите бактерии. Те имат широк спектър на активност и способност да проявяват действието си в широк диапазон на pH. Голям брой видове се отнасят към род *Bacillus* [8, 9, 13]. Образувайки ендоспори, те издържат на високи температури и изсушаване. Затова в пробите с бактериални

добавки, съдържащи *B. subtilis* TS 01, температурата се покачва много по-бързо и до по-високи стойности, в сравнение с контролата. Още на 12 h от началото на процеса температурата вече достига 46 °C в пробата със смесена бактериална добавка. Малко по-ниска в този час е температурата в пробата с добавка *B. subtilis* TS 01 - 44.8 °C. И в двете проби температурата е най-висока в 48 h и се променя идентично. В пробата със смесена добавка тя е 61 °C, а в пробата с добавка *B. subtilis* TS 01 – 60 °C. И в двете проби с добавка термичната фаза завършва по-рано от три дни [11] – в 84 h, докато в контролата е по-продължителна и протича при по-ниска температура.

Промените в температурата и pH на компостиращата се материя могат да се разделят на четири фази - мезофилна, термофилна, фаза на охлаждане и фаза на зреене. Фазата на охлаждане започва със спадане на температурата на компоста на 50 °C, 40 °C и накрая на 20 – 30 °C [4]. В пробите с бактериални добавки този процес протича сравнително бързо – в 108 h температурата спада до 40 – 41 °C, а в 120 h е вече 38.5 °C. В контролата температурата спада плавно и бавно, като в 120 h е 42 °C.

Микроорганизмите, преработващи биологичната маса, се нуждаят от кислород за жизнените си функции. Повече кислород е необходим в началото на процеса, когато се наблюдава и най-голямата активност на микроорганизмите по отношение на разлагане на органичната материя. Той трябва да се поддържа в границите на 5-15% от обема [5, 6, 12]. Това се постига с непрекъснато размесване (преобръщане) на компостиращата маса в бутилките, поставени на въртящо барабанно устройство.

2.3.Определяне на влажност

Влажността и в трите проби компост е идентична и отговаря на изискванията. Тя е висока при всички изследвани проби. Стойностите са представени в следната таблица 2.

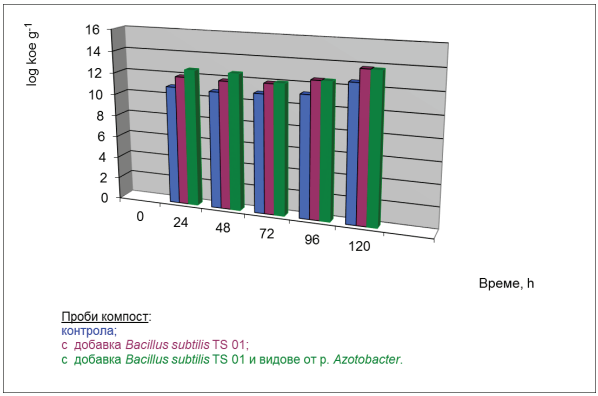
Таблица 2.

Влажност на компоста

Проба	Влажност, %
Контрола	61.0
С добавка на *B. subtilis* TS 01	63.2
С добавка на *B. subtilis* TS 01 и видове от р. *Azotobacter*	64.0

3. Микробиологични свойства на компоста

Микроорганизмите са основният фактор в компостирането.



Фиг. 3 Изменение на броя на микроорганизмите по време на процеса компостиране

Естествено е по-големият им брой да е предпоставка за по-активни и по-скоростни процеси. Резултатите от изследването в това отношение показват значително по-голям брой микробни клетки в компоста с бактериални добавки от началото до края на компостирането. Те достигат до $5{,}9.10^{13}$ кое g^{-1} и $5{,}4.10^{13}$ кое g^{-1} съответно при компост с *B. subtilis* TS 01 и компост с *B. subtilis* TS 01 и видове от р. *Azotobacter.* В контролата броят на бактериите достига $3{,}8.10^{12}$ кое g^{-1}. И при трите проби компост броят на микроорганизмите нараства с развитието на процеса, с малко по-бавни темпове в 72 h. Резултатите от изследванията са представени графично на фигура 3, като броят на микроорганизмите е изразен с $\log_{10}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработена е подходяща бактериална добавка в два варианта – *B. subtilis* TS 01 самостоятелно и в комбинация с азотфиксиращи бактерии от р. *Azotobacter*. Физичните, химични и микробиологични параметри на компостирането в пробите с бактериална добавка са с по-добри показатели в сравнение с пробата без добавка. И в двете проби с бактериална добавка се съдържат по-голям брой микроорганизми в сравнение с контролата, което позволява да се достигнат оптималните температури през активната термофилна фаза на процеса, и се ускорява и съкращава времето за нейното протичане.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Бешков,М.Н., Е.А.Карова, И.Мургов. Ръководство за упражнения по микробиология. София: Земиздат, 1986.

[2] Влахов,С. Микробиологични методи за пречистване на околната среда. София: Академично издателство „Марин Дринов”, 2003.

[3] Гущеров,Г., П.Андонов, Ц.Тодоров, Л.Коминков, М.Гинчева-Старчева. Практикум по микробиология с вирусология. София: Наука и изкуство, 1977.

[4] Каров,С. Компостирането – важна практика при биологичното земеделие. Online: http://aez-ecofarm.zona.bg/product/26706/06.-

[5] Медарева,М. Технология на компостирането – превод от италиански. София: Издателство “Книжен тигър”, ISBN 954-8853-59-0

[6] Рачева,Ц. Интензивно производство на печурки. София: Земиздат, 1989.

[7] Тотев,Т., П.Грибачев, Х.Нечев, Н.Артинова. Ръководство за упражнения по почвознание. София: Земиздат, 1991.

[8] Amner,W., A.J.McCarthy, C.Edwards. Survival of a plasmid-bearing strain of *Bacillus subtilis* introduced into compost. Journal of General Microbiology, 1991, 137, 1931-1937.

[9] Blanc,M., L.Marilley, T.Beffa, M.Aragno. Thermophilic bacterial communities in hot composts as revealed by most probable number counts and molecular (16SrDNA) methods. FEMS Microbiology Ecology, 1999, 28/2, 141-149.

[10] Jenkins,J. The humanure handbook a guide to composting human manure, 3rd edition, 2005, Available online at: http://humanurehandbook.com/

[11] Marriott,E., Ed.Zaborski. Making and Using Compost for Organic Farming. Organic Agriculture-eXtension, 2013, June 19, Available online at: http://www.extension.org/pages/18567/making-and-using-compost-for-organic-farming#.UmEVDhD6FZv

[12] Maynard,A.A. Compost: the process and research. The Connecticut Agricultural Experiment Station, Bulletin n. 966, Luglio, 2000, 14.

[13] Phae,C.-G., M.Sasaki, M.Shoda, H.Kubota. Characteristics of Bacillus subtilis isolated from composts suppressing phytopathogenic microorganism. Soil Science and Plant Nutrition, 1990, 36/4, 575-586.

[14] Todorova,S., L.Kozhuharova. Characteristics and antimicrobial activity of *Bacillus subtilis* strains isolated from soil. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 2010, 26/7, 1207-1216.

[15] Xu,Z., L.L.Zhang, F.H.Zhang, J.Li. Effects of microbial inoculation on composting in a bioreactor. Huan Jing Ke Xue, 2009, 30/11, 3409-3413.

За контакти:

Гл. ас. д-р Севдалина Тодорова, Катедра “Биотехнологии и хранителни технологии”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, Филиал Разград, тел.: 0879115770, e-mail: stodorova@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран