



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-10

УДК 631.171.075.3

Л. Ю. Бондаренко, к.т.н.

ORCID: 0000-0001-5858-7375

І. Р. Тетервак, аспірант

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: illia.tetervak@tsatu.edu.ua, тел.: (068)2450815

## ОГЛЯД АГРЕГАТІВ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ КИСНЕВОГО БАЛАНСА КОМПОСТНОЇ СУМІШІ

*Анотація.* У статті розглянуто шляхи покращення процесу компостування тріски зрізаних гілок плодових дерев. Висвітлено проблему забруднення навколишнього середовища та порушення ряду стандартів та законів через спалювання викидів (листя, зрізані гілки). Докладно викладено причини поганого розвитку технологій компостування та відповідної техніки вітчизняних виробників. Оптимальним пристроєм для якісного протікання процесу компостування є використання аераторів компостної суміші. Розглянуто сучасні аератори європейських, китайських та українських виробників. Недоліком використання європейських аераторів є їх велика вартість. Для вітчизняного виробництва доцільно використовувати українські аналоги. Але питання щодо їх використанні у садівництві практично не вивчено. Розглянуто два біологічних методи переробки органічних відходів. Встановлено, що аеробний метод має значні переваги над анаеробним. Процес розкладання органічних матеріалів та перехід форми азоту у найбільш доступну для рослин відбувається швидше, при більш високих температурах і без запаху.

*Ключові слова:* аерація, компост, агрегат, суміш, добриво, ґрунт.

*Постановка проблеми.* На сьогоднішній день існує проблема спалювання різних відходів полей та садів таких, як зрізані гілки, залишки соломи, сухої трави та опалого листя, що призводить до забруднення навколишнього середовища та порушення норм «Органік стандарт» та GLOBALG.A.P [1,2]. Це відбувається через недостатній контроль держави та покарання у вигляді невеликих штрафів, а також через незнання фермерів та підприємців. Основними факторами які заважають цій технології розвиватися є:

- відсутність повної та достовірної інформації про



- компостування, а саме його переваги, особливості і недоліки;
- відсутність скоординованих дій державних екологічних служб;
  - відсутня практика створення якісної органічної речовини.

Як і будь-яка технологія компостування потребує грошових витрат та витрат часу. Через відсутність достатньої інформації багато підприємців не знає, що процес створення компостування з надходженням прибутку можна налагодити, як для підприємств великої, так і малої потужності.

Для підвищення ефективності процесу компостування тріски необхідно дослідити вплив аераторів компостної суміші на процес її перетворення.

*Аналіз останніх досліджень.* Деревні відходи садівництва на даний час є викидами, але використання їх у виробництві для отримання енергопродукту створює підстави для організації безвідходного виробництва продукції садівництва. Аналіз наукових матеріалів, статей, інтерв'ю різних українських агропідприємців, а також аналіз наявності агрегатів для компостування від українських та європейських виробників вказує на те, що дане питання вивчено недостатньо та потребує проведення досліджень [3–11].

Усі варіанти перероблення органічних відходів поділяють на дві категорії: біологічні та термічні. Розглядаючи біологічні методи до них можна віднести аеробний і анаеробний методи [12–15]. Аеробний передбачає компостування, перетворення вихідної органіки у гумусоподібну речовину. Істинна цінність компостування полягає у отриманні компосту – вискоєфективного органічного добрива з високим вмістом поживних речовин. Не всі знають, що компост потрібен не лише рослинам, а й мікроорганізмам, які живуть у ґрунті. Серед способів інтенсифікації аеробних процесів можна виділити: вдосконалення природної аерації, проведення механічної аерації або примусової подачі повітря в середовище гноєкомпостної суміші [13]. Основна мета заходів – покращення кисневого забезпечення мікроорганізмів, які при масовому їх збільшенні активізують процеси життєдіяльності.

*Формулювання мети статті.* Визначити доцільність використання аераторів для покращення процесу компостування тріски зрізаних гілок плодкових дерев.

*Основна частина.* Аератори застосовують в технологічному процесі аеробного компостування для насичення сировини киснем.

Головною вимогою органічного землеробства є заборона використання синтетичних хімікатів. При цьому у господарстві не лише з'являється можливість перетворити відходи у добрива, але й покращити якісні властивості своїх ґрунтів. Передовий досвід показує, що вирішити це цілком реально. Згідно з обмеженнями «Органік



стандарт», за ведення органічного землеробства основними компенсаторами внесення поживних речовин у ґрунт є гній від тварин і птахів [16]. Проте використання гною згідно з постановою Кабінету Міністрів України має певні обмеження. Значним недоліком свіжого гною є великий вміст у ньому насіння бур'янів, що може призвести до небажаного результату, а також засміченість яйцями й личинками гельмінтів [2,3]. Тому використовувати свіжий гній в органічному землеробстві забороняється – попередньо треба вжити засоби для усунення названих вище недоліків. Найпростішим способом є виготовлення компосту. Вітчизняні заводи майже не виготовляють техніку для компостування, тому альтернативи зазвичай шукають у закордонних виробників (європейських або китайських). Проте коштує таке обладнання досить дорого й застосовувати його не доцільно для масштабного виробництва.

Є декілька способів компостування: один з них анаеробний, або так зване холодне компостування. Цей спосіб часто використовується на фермах, та на сьогодні вважається недоцільним і непрофесійним, та шкідливим. Аеробний спосіб є найкращим, адже при його використанні усуваються більшість недоліків попереднього методу, хоча він є і дорожчим на стартовому етапі через необхідність додаткової техніки [12–15]. Схема способу представлена на рисунку 1. В цьому випадку необхідно забезпечити доступ повітря. За процес розкладання органіки відповідають аеробні бактерії. В процесі переробки додається кисень та, за потребою, волога, глина, солома чи торф [2]. За правильного компостування потрібно чітко розуміти якість органічних відходів на даний момент.

Щоб обирати техніку, потрібно мати чітке розуміння, що процес аеробного компостування базується на заміщенні вуглекислого газу киснем. Тобто компостування аеробним способом має здійснюватися не ворушаркою, не навантажувачем, а за допомогою спеціальної техніки – причіпних або самохідних перетрушувачів компосту, відомих як аератори [13,14]. В аераторах передбачено спеціально розроблену конструкцію барабанів із лопатками, яка подрібнює та розмішує матеріал. Для перероблення відходів у великих обсягах найкраще підходять самохідні агрегати. Причіпні агрегати, здатні переробляти середні та менші обсяги, вони дешевші, але потребують нарахування трактора відповідної потужності [17,18]. Завдяки цим пристроях пришвидшується процес ферментації, біодобриво дозріває швидше та більш рівномірно. Продуктивність роботи аератора задовольнить потреби будь-якого підприємства, незважаючи на кількість відходів.

Вибір аераторів на європейському ринку різноманітний і представлений компаніями з різних країн наприклад бельгійська компанія «Menart»(рис.2, а), або австрійська «IWKMetall-

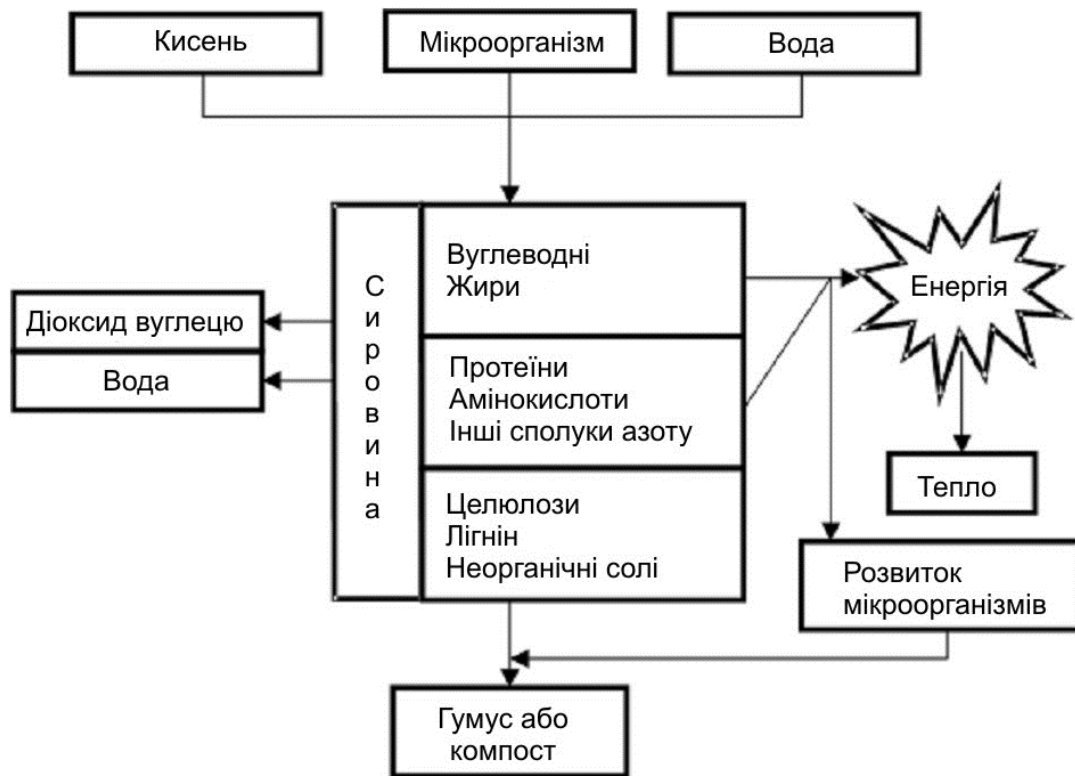


Рисунок 1 Схема аеробного компостування



а)



б)

Рисунок 2. Аератори компостної суміші: а) самохідний аератор компанії «Menart»; б) самохідний аератор компанії «IWK Metall- und Maschinenbau GmbH».

und Maschinenbau GmbH» (рис. 2, б) та ін. Аератори від китайський виробників представлені наприклад компанією «Zhengzhou Shunxin Engineering Equipment Co»(рис. 3) [18].



Рисунок 3. Самохідний аератор компостної суміші компанії «Zhengzhou Shunxin Engineering Equipment Co».

В Україні ж наразі єдиним виробником таких аераторів є лише компанія «А.ТОМ», яка наразі вже досягла успіху у цьому напрямку та має великий потенціал для розвитку [17].

Окрім аератора для створення компосту звісно необхідно, ще декілька елементів, а саме має бути окремий централізований майданчик або якась ділянка у полі бажано не далеко від виробництва, щоб зменшити витрати пального і відповідно спростити питання логістики. Також, при створенні буртів треба враховувати розміри аератора, який може бути різний. В середньому розміри бурта повинні бути: довжина – 100 м, ширина 2,5 м, а висота кагату 1,8 м. У роботі [3] було визначено розміри буртів для буртового способу компостування зрізаних гілок плодкових дерев.

Важливо забезпечити наявність джерела води (бажано нехлорованої), тому що в залежності від типу вологості матеріалу ще додають воду під час періоду компостування (5–10 ворущінь) [3]. Якщо, об'єм сировини великий то доцільним є підбір аератора у якого вбудована система зволоження сировини. Обов'язково має бути нахил ділянки де розташовані наші бурти для забезпечення зливу вологи після опадів.

Якщо, проаналізувати аератори на ринку, то можна побачити, що європейські моделі представлені компанією «IWK Metall und Maschinenbau GmbH» (табл.1) є більш розвинуті та мають ширший вибір за рахунок додаткових опцій та самохідних моделей (колісних та гусеничних). Але українські аналоги представлені компанією «А.ТОМ»

(табл.2) хоч і не мають самохідних моделей можуть надати прекрасні моделі для виробництв малої та середньої потужності, які дешевші за європейські аналоги. Це зумовлено рівнем розвитку компостної технології та використанням біопалива та біодобрив [12, 17, 18].

Таблиця 1

## Моделі аераторів компанії «IWK Metall-und Maschinenbau GmbH»

Модель	Рекомендації виробника	Розміри	Фото
<b>Навісні та причіпні моделі (агрегуються з трактором)</b>			
US	Застосовується при наявності в господарстві декількох майданчиків, які мають значну відстань між собою. В транспортувальне становище переводиться шляхом розвороту на 90 град. від робочого стану. Є бюджетною та найбільш продуктивною.	Габаритні розміри тунелю: від 2,5 до 4 м завширшки, висота 1,7 м.	
AK	Дана модель є найбільш зручною в роботі. Переведення в транспортний стан (підйом на 90° відносно робочого становища) відбувається за рахунок гідравліки.	Габаритні розміри тунелю: від 2,5 до 3,3 м завширшки, висота 1,7 м.	
TAK	Застосування цієї моделі є найбільш доречним, коли у трактора немає можливості дообладнати «равликовою» ходюю.	Габаритні розміри тунелю: від 2,5 до 3,3 м завширшки, висота 1,7 м.	
<b>Самохідні моделі</b>			

## Продовження таблиці 1.

HR	Застосовується при наявності значної кількості сировини для компостування. Дас можливість значно економити площу майданчику. Виконана на колісній ході. Є бюджетні моделі без кабіни для оператора.	Робоча ширина 2,7; 3,0; 4,0; 5,0; 6.0 метрів Висота каналу 1,4; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4 метра Діаметр ротора 550; 850; 980; 1160; 1360 мм для різних матеріалів	
RP	Застосовується при наявності значної кількості сировини для компостування. Дас можливість значно економити площу майданчику. Виконана на гусеничній ході.	Робоча ширина 3,0; 4,0; 5,0; 6.0 метрів Висота каналу 1.8; 2,0; 2,2; 2,4 метра Діаметр ротора 850; 980; 1160; 1360 мм для різних матеріалів	

Якщо, проаналізувати обидві таблиці то можна зрозуміти, що самохідні моделі аераторів (на прикладі європейських моделей) не підходять для садівництва, бо розраховані на виробництва з високими потужностями. В умовах саду коли обрізання гілок для формування крони, або видалення хворих та засохлих гілок проходить в середньому два рази на рік, найкращим варіантом буде розглянути навісні та причіпні моделі. Серед них необхідно вже обирати, які підходять для об'єму попередньо визначеної приблизної маси викидів, які плануються переробити в органічні добрива та звернути увагу на те, якої потужності трактор необхідний для аератору. Для отримання кращого органічного добрива можна звернути увагу на аератори, які окрім насичення киснем та перемішуванням можуть одразу зволожувати суміш, хоча такий агрегат і буде дорожчий. Якраз такі аератори може запропонувати наш вітчизняний виробник. З розвитком технології компостування аеробним способом та впровадженням її у садівництві з'явиться і необхідність у

розвитку відповідної техніки та створення техніки спеціально орієнтованої під вимогу садів.

Таблиця 2

## Українські аналоги аераторів компанії «А.ТОМ»

Модель	Рекомендації виробника	Розміри	Фото
<b>А.ТОМ 2000 М</b>	Використовується під малопотужні трактори на 100 к. с. спеціально для перероблення невеликих обсягів відходів (до 10 000 т/рік).	Ширина – 4547 мм. Висота – 1457 мм. Глибина – 1970 мм. Вага – 1277 кг. Робоча ширина – 1,7 м	
<b>А.ТОМ 2000 Н</b>	Використовується під малопотужні трактори на 100 к. с. спеціально для перероблення невеликих обсягів відходів (до 10 000 т/рік).	Робоча ширина – 2 м. Потужність трактора від 50 к. с. Вага – 790 кг. Висота – 1300 мм. Глибина – 1190 мм.	
<b>А.ТОМ 3000</b>	Дані моделі здатні переробляти до 40000 т органічних відходів на рік та агрегуються з тракторами до 150 к. с.	Ширина – 4700 мм. Висота – 1863 мм. Довжина – 5823 мм. Мін. потужність трактора – 120 л.с.	
<b>А.ТОМ 3300</b>		Ширина – 6047 мм. Висота – 2037 мм. Довжина – 4640 мм.	

**Висновки.** Використання та виготовлення біодобрих в Україні потребує розвитку та приділення уваги. Так, як наша країна має великий потенціал для сільгоспвиробництва, використання біодобрих дозволить уникнути ряд екологічних проблем у майбутньому, а саме забруднення навколишнього середовища, поява на ринку неякісних продуктів, спустошення земельного потенціалу через зникання





мікроорганізмів та ін.. Подальші дослідження будуть направлені на розробку сучасної техніки, яка буде доступною для вітчизняного виробника та відповідати світовому рівню якості.

#### Список використаних джерел

1. Global G.A.P. Интегрированная система управления сельскохозяйственным производством [Integrated Farm Assurance Standard (IFA)]. Общий базовый модуль для сельхозпредприятий. Растениеводство. Фрукты и овощи. Контрольные точки и критерии соответствия [Действует с 01.07.2017]. Кельн, 2017. 163 с.

2. Караєв О. Г., Бондаренко Л. Ю., Стручаєв М. І. Використання відновлюваних ресурсів садівництва за вимогами стандарту GLOBALG.A.P. *Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти*. 2019. Вип. 7. С. 92–99.

3. Караєв О. Г., Бондаренко Л. Ю., Стручаєв М. І. Термодинамічна модель отримання добрив з тріски зрізаних гілок плодових дерев. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. Вип. 19, т. 3. С. 105–114.

4. Quazi H. Bari, Albert Koenig Application of a simplified mathematical model to estimate the effect of forced aeration on composting in a closed system. *Waste Management*. 2012. Vol. 31(11). P. 2037–2045.

5. Karaiev A., Tolstolik L., Chyzykhov I., Karaieva T. Defining Stability of Technological Process of Growing Fruit Crop Seedlings. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations*. 2019. Pt. 1. P. 53–62.

6. Гелету́ха Г. Г., Желєзна Т. А., Драгнєв С. В., Баштовий А. І. Перспективи використання біомаси від обрізки та видалення багаторічних сільськогосподарських насаджень для виробництва енергії в Україні. *Промислова теплотехніка*. 2018. Т.40, № 6. С. 68–74.

7. Struchaiev N., Bondarenko L., Vershkov O., Chaplinskiy A. Improving the efficiency of fruit tree sprayers. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations*. 2019. Pt 1. P. 3–10.

8. Lezhenkin A., Halko S., Miroshnyk A., Kovalyshyn, S., Vershkov A., Hryhorenko O. Mathematical simulation of separating work tool technological process. *International Scientific Conference on Progress of Mechanical Engineering Supported by Information Technology, POLSITA*, 22 November 2019. Czajowice, Poland, 2019. Vol. 132. no 155 125.

9. Lattimore, B., Smith, C. T., Titus, B. D., Stupak, I. and Egnell, G. Environmental factors in woodfuel production: Opportunities, risks, and criteria and indicators for sustainable practices. *Biomass and Bioenergy*. 2009. Vol. 33(10). P. 1321–1342.

10. Lezhenkin O., Lezhenkin I., Vershkov O., Kolomiets S. Agrobiological as Well as Mechanical and Technological Framework of



Development of the Harvesting Technology with the Method of Grain Crops Combing in Standing Position. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations*. 2019. Pt. 1. P. 85–90.

11. Гаврилов Т. А., Паталайнен Л. С., Колесников Г. Н. О ресурсосберегающих технологиях экологически безопасной утилизации древесной коры. *Современные научные исследования и инновации*. 2014. Т. 39(7). С. 59–64.

12. Ефективність дії біоагентів для компостування опалого листя. URL:<https://jrn1.nau.edu.ua/index.php/ecobiotech/article/view/13838/19347> (дата звернення 31.10.2022).

13. Guardia A.de, Petiot Ch. Elie, Didier Rogeau, C Druilhe. Influence of aeration rate on nitrogen dynamics during composting. *Waste Managemen*. 2008. Vol. 28(3). P. 575–587.

14. Sundberg C., Jönsson H. Higher pH and faster decomposition in biowaste composting by increased aeration. *Waste Managemen*. 2008. Vol. 28(3). P. 518–526.

15. Павленко С. І. Експериментальні дослідження показників роботи розкидача органічних добрив ПРТ–10 із двобарабанним навісним пристроєм. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*. 2018. Вип. 14. С. 156–163.

16. Органік-стандарт. URL: <https://organicstandard.ua/ua> (дата звернення 09.11.2022).

16. Перетрушувачі компосту причіпні. URL: [https://pack-trade.com/uk/catproducts/voroshiteli\\_komposta\\_pricepnye/#](https://pack-trade.com/uk/catproducts/voroshiteli_komposta_pricepnye/#) (дата звернення 06.11.2022).

17. Аератори. URL:<https://syayvir.com.ua/equipment/technological/> (дата звернення 24.10.2022).

Стаття надійшла до редакції 05.12.2022 р.

**L. Bondarenko, I. Tetervak**  
**Dmytro MotornyiTavria state agrotechnological university**

## **REVIEW OF UNITS TO IMPROVE THE OXYGEN BALANCE OF THE COMPOST MIXTURE**

### ***Summary***

The article is devoted to the review of modern aerators of European, Chinese and Ukrainian companies. Namely, mounted, trailed and self-propelled models of the company "IWK Metall-und Maschinenbau GmbH" and "Zhengzhou Shunxin Engineering Equipment Co", and trailed analogues of the company "A.TOM" (the only company that currently produces aerators in Ukraine). Aerators are used in the technological process of aerobic composting to saturate raw materials with oxygen. Different types of aerators models such as mounted, trailed and self-propelled are



presented. Due to the high cost of European aerators, a number of Ukrainian analogues were given with the manufacturer's recommendations. The dependence between the aerator and the characteristics of the drill bits, as well as the production capacity was described, two lists with model names, recommendations for each model, main dimensions and photos were formed.

About positive and negative changes in the use of aerator in composting technology. Other necessary components for the creation of composting process in different agricultural enterprises are described. The necessity of development of composting technology in accordance with the norms and standards "Organic Standard" and GLOBALG.A.P. is stipulated. Two biological methods of organic waste processing and the advantages of aerobic method over anaerobic are presented, the scheme of aerobic composting is given, as well as methods for improving aerobic processes. The aerobic method is the best, because it eliminates most of the disadvantages of the previous method, although it is more expensive at the initial stage due to the need for additional equipment.

The problem of environmental pollution and violation of a number of standards and laws due to the burning of organic waste (leaves, grass, straw, cut branches) is highlighted. The reasons for the poor development of composting technologies and relevant equipment of domestic producers are described in detail.

**Key words:** aeration, compost, aggregate, mixture, fertilizer, soil.