

CZ. 1 Kompostowanie odpadów organicznych

W miastach bardzo niekorzystne warunki życiowe dla drzew i krzewów spowodowane są m.in. degradacją środowiska glebowego. Aby poprawić ten stan, warto wykorzystać odpady z terenów zieleni i przeznaczyć je na kompost, który będzie można zastosować do nawożenia.

Produkcja odpadów organicznych w Polsce jest bardzo wysoka. Udział części organicznych w ogólnej masie odpadów miejskich wynosi od 40 do ponad 60%, w zależności od wielkości miasta i pory roku. Natomiast ich powtórne wykorzystanie jest w kraju bardzo skromne. Szacuje się, że tylko odpady usuwane z terenów zieleni miejskiej stanowią do 18% wszystkich odpadów komunalnych. Rocznie grabi się i wywozi z nich od 1 do 5 ton suchej masy na hektar. Mając na uwadze wielkość miasta oraz ilości wywożonych odpadów, ich utylizacja za pomocą kompostowania jest

Pierwszym z warunków kompostowania jest prawidłowe rozdrobnienie, a także zmiżdżenie i poszarpanie zdrewniałych części roślin.

najbardziej uzasadniona przede wszystkim pod względem ekonomicznym.

Nawożenie kompostami stymuluje rozwój drobnoustrojów glebowych, zwiększa aktywność biologiczną gleby i pulę składników mineralnych dla roślin. Spośród kory, tytoniu, trocin i kompostu, ze stałych odpadów komunalnych, najwięcej substancji organicznych zawierają nawozy z trocin drzewnych. Szacuje się, że w procesie kompostowania odpadów „zielonych”, takich jak drewno, trawy i liście, aż 60-80% ich masy ulega rozkładowi, a 25% przekształca się w część próchniczną.

Gnicie i butwienie

W zależności od warunków tlenowych wyróżniamy dwa rodzaje rozkładu materii organicznej – gnicie i butwie-

nie. Pierwszy z nich jest procesem bez-tlenowym. Brak tlenu może być w tym przypadku spowodowany intensywnym rozwojem mikroorganizmów tlenowych, które szybko zużywają tlen. Obok produktów pełnego utleniania wytwarzany jest np. metan i siarkowodor, które powstają w warunkach beztlenowych. W procesie beztlenowym zwiększanie temperatury w rozkładających się substancjach organicznych nie zachodzi w sposób intensywny. Inaczej wygląda to w przypadku procesu butwienia (przebieg tlenowy), gdyż wzrost temperatury powodowany jest głównie przez bakterie tlenowe. Rozkład substancji organicznych przebiega wtedy przy dostępie tlenu, dając produkty pełnego utleniania: CO_2 , H_2O , H_2O_2 , SO_4 , PO_4 , NO_3 . Tlenowy rozkład odpadów parkowych w postaci drewna, liści i trawy wydatnie przyspiesza ich okresowe przetwarzanie, nawadnianie w okresach suszy oraz mineralne nawożenie. Proces ten trwa od 4 do 6 miesięcy w okresie ciepłego półrocza. Wtedy też następuje zmniejszenie objętości kompostowanych odpadów nawet do 70%. W szóstym miesiącu nierozłożone części przeznaczają się do ponownego kompostowania. Odsiane, grubsze elementy powinny być równomiernie rozsypane i zmieszane z masą nowo usypanej przyzmy. Warto w tym kontekście zwrócić uwagę na tempo rozkładu poszczególnych grup roślin – od najszybciej do najwolniej ulegających rozkładowi. Szereg roślinny w kolejności malejącej przedstawia się następująco: rośliny motylkowe, trawy, zioła, krzewy liściaste, drzewa liściaste, drzewa szpilkowe i inne.

Warunki kompostowania

Prawidłowy przebieg rozkładu materii organicznej wymaga odpowiednich warunków tlenowych, wodnych, chemicznych oraz termicznych. Przyzmy kompostowe po-

winny być założone w miejscu zacienionym. W miejscach otwartych hałdy należy usypywać zawsze w kierunku z północy na południe, by słońce nie wypalało ich południowych ścian. Przyzma w przekroju powinna przyjąć kształt trapezu z wklęsłym grzbietem (wierzchołkową), aby mogła przechwytywać skąpe opady atmosferyczne i zatrzymywać wodę w trakcie jej podlewania. Ze względów praktycznych zaleca się usypywanie przyzm do wysokości 3 m. Zazwyczaj szerokość jej podstawy jest dwukrotnością wysokości, gdzie a – równa się $2h$ (a – podstawa, h – wysokość). Przede wszystkim poprawny i intensywny przebieg kompostowania w przyzmach wymaga zapewnienia określonych warunków, w tym m.in. zapewnienia odpowiednio rozdrobnionej struktury o średnicy kompostowanego surowca od ok. 1,5 do 4 cm. Ponadto utrzymania proporcji C:N jak 20(40):1 (konieczny jest dodatek azotu) oraz zachowania wilgotności w granicach 45-65% (maksimum 75%) oraz dostępu tlenu (ogólnie powietrza) do rozkładającej się materii organicznej.

Pierwszym z warunków kompostowania jest prawidłowe rozdrobnienie, a także zmiżdżenie i poszarpanie zdrewniałych części roślin, które wydatnie zwiększa powierzchnię mikrobiologicznej aktywności i powoduje jej szybszy rozkład.

Rola azotu

Kolejnym czynnikiem dla prawidłowego kompostowania jest azot. Pierwiastek ten jest niezbędny do mikrobiologicznego rozkładu części organicznych. Odgrywa też istotną rolę w końcowym stadium rozkładu celulozy i jej humifikacji. Decyduje on o szybkości wzrostu drobnoustrojów i jest także podstawowym składnikiem białek, które stanowią 50% suchej masy komórek bakterii. Brak azotu jest czynnikiem hamującym mikrobiologiczny rozkład

kompostu. Optymalna wartość wskaźnika C:N wynosi ok. 30:1, przy wahaniach od 20:1 do 40:1. Przy wyższych wartościach wskaźnika C:N następuje unieruchomienie azotu, a poniżej jego mineralizacja, czyli przechodzenie w formę przyswajalną dla roślin. Przy wartości C:N mniejszej niż 15 nadmierna ilość uwalnianego azotu amonowego może być toksyczna dla roślin. Wartości wskaźnika C:N dla słomy wynoszą od 80:1 do 100:1 (na tonę słomy dodajemy 10 kg N), drewna od 300:1 do 500:1 (zaw. 50% C i 0,1% N), liści drzew 100:1 (C 75%, N 0,8%) oraz dla suchej i mokrej trawy od 70:1 do 100:1.

Inne rodzaje materii organicznej, np. łodygi roślin zielnych, tzw. łęty, także zawierają dużo błonnika (celulozy), a bardzo mało azotu i fosforu. Liście dębów i olch mają z kolei znaczne ilości garbników. Jeśli składowane są one w dużej masie, mogą wpływać niekorzystnie na jakość kompostu i rozwój roślin. We wszystkich tych materiałach występuje deficyt azotu, niezbędne jest więc jego dodanie, np. w postaci nawozów mineralnych. Zaleca się dawkę od 1,5 do 2 kg (a nawet do 5 kg) nawozu azotowego na 1 m³ kory lub drewna, w zależności od długości procesu kompostowania. Taka ilość azotu podana w kilku dawkach powinna całkowicie zaspokoić wymagania pokarmowe drobnoustrojów. Nawozem zawierającym azot zarówno w formie amonowej NH₄, jak i azotanowej (saletrzanej) NO₃ jest saletra amonowa (97% związku NH₄ NO₃ – w przeliczeniu: 34% czystego N). Ze względu na bardzo wysoki iloraz C:N w drewnie w pierwszych dwóch cyklach nawożenia można zaproponować dwukrotne stosowanie tego nawozu, każdorazowo w ilości 1 kg/m³ zrębków drewna (0,68 kg N/m³). Obok kawałków drewna surowcem poddanym kompostowaniu mogą być także liście przywożone z terenu miasta. Liście drzew i krzewów na terenie miast zawierają nadmierną ilość chloru oraz bardzo wysoki procent wapnia. Natomiast pierwiastkiem wiążącym jony wapnia i jednocześnie wypierającym jony chloru z kompleksu sorpcyjnego gleby jest siarka, która stanowi niezbędny składnik odżywczy dla roślin. Dlatego też w kolejnych dwóch cyklach kompostowania można zastosować siarczan amonu (NH₄)₂SO₄, zawierający 20% N i ok. 28% S, każdorazowo w ilości 1 kg

nawozu/m³ kompostowanej masy przyzmy. W ten sposób azot podtrzyma intensywny rozkład biologiczny, a siarka zapewni „zneutralizowanie” wysokiego poziomu jonów wapnia i chloru. Przed comiesięcznym przerabianiem organicznej masy przyzmy dodajemy nawóz mineralny, nie dłużej jednak niż do czwartego miesiąca trwania procesu (przyjmując sześciomiesięczne trwanie kompostowania). Ostatnie tygodnie (dwa miesiące) są wówczas czasem chemicznej i biologicznej stabilizacji kompostu. W przypadku braku wcześniejszego nawożenia mineralnego, w procesie kompostowania zaleca się dawkę do 3 kg NPK na m³ nawozu, w trakcie ostatniego przerabiania przyzmy. Przy braku opisanego nawożenia może dojść do znacznego wydłużenia procesu kompostowania nawet do ponad dwóch lat.

Woda i powietrze

Równie ważnym czynnikiem dla prawidłowego kompostowania jest woda. Optymalna jej zawartość w kompostowanej masie powoduje właściwą proporcję wilgotności i napowietrzenia masy. Warto wiedzieć, że większość żywych organi-

zmów, biorących udział w biologicznym rozkładzie wymaga środowisk średnio wilgotnych. Ponadto korzystna zawartość wody jest czynnikiem sprzyjającym prawidłowemu wzrostowi i przebiegowi temperatury w poszczególnych fazach kompostowania. Optymalna wilgotność kompostowanego materiału wynosi od 45 do 65% (na podłożu przepuszczalnym może osiągać maksymalnie do 75%). Przyzmy należy podlewać przy ich każdorazowym przerabianiu, a w okresach upałów nawet co tydzień. O olbrzymich możliwościach retencji wody świadczy fakt, że 1 m³ suchych zrębków drewna o gęstości nasypowej 288 kg/m³, nasycony wodą do wilgotności 60% może zaabsorbować aż 434 kg wody. W ostatnim miesiącu zaprzestajemy podlewania, aby wilgotność spadła do 25-35%. Wartość ta jest zalecana dla dojrzałego kompostu. Przy tym wskazana jest kontrola wilgotności, przynajmniej raz w tygodniu. W pierwszym miesiącu kompostowania konieczne jest utrzymanie wysokiej temperatury, która niszczy organizmy chorobotwórcze. W następnych miesiącach należy, w miarę potrzeby, schładzać materiał w przyzmach, podlewając go. Optymalna temperatura dla procesów biologicznych wynosi 20-25 (30)°C, a maksymalna szybkość rozkładu mikrobiologicznego przez promieniowce przebiega w temperaturze do 50-55°C. Stąd temperatura w przyzmy od drugiego miesiąca kompostowania nie powinna przekraczać ok. 40°C.

Ostatnim z warunków kompostowania jest zapewnienie dostępu powietrza. Przerabianie przyzmy stanowi warunek niezbędny, gdyż w procesie rozkładu zużywane są olbrzymie ilości świeżego powietrza. Jednocześnie kilkakrotne jej przekładanie powoduje samoczynne natlenianie. Całkowite zapotrzebowanie na tlen w procesie kompostowania odpadów wynosi ok. 2 dm³ powietrza/g świeżych odpadów lub 0,68 m³ powietrza/kg odpadów w temp. 25°C. Przyjmuje się, że dobowe zapotrzebowanie kompostu na tlen wynosi od 25 do 75 dm³ powietrza/kg s.m. Stwierdzono, że najbardziej efektywne przerabianie przyzmy uzyskuje się przy jej przerzucaniu i napowietrzaniu minimum co cztery tygodnie.

dr Szymon Łukasiewicz
Ogród Botaniczny UAM, Poznań

Warto wiedzieć

W obrębie śródmieść i wzdłuż tras komunikacyjnych gleby są radykalnie zniszczone przez utwardzoną nawierzchnię. Asfalt, beton, bruk, płyty itp. stanowią pozostałości po różnego rodzaju inwestycjach. W wyniku tego zdegradowane i odizolowane podłoże zawiera minimalne zasoby pokarmowe i jest nadmiernie zagęszczone. Stosowanie sztucznych nawierzchni obniża zwierciadło wód podziemnych. Do postępującej degradacji gleb miejskich przyczyniają się także jony chloru i sodu, rozsypywane jako NaCl podczas zimowej akcji zwalczania gołoledzi oraz wszechobecne jony wapnia, uwalniane z gruzu budowlanego. Jedynym racjonalnym rozwiązaniem dla prawidłowego rozwoju nowych nasadzeń na takich zniszczonych siedliskach jest wymiana podłoża do głębokości 50-70 cm dla krzewów i 100 cm dla drzew. Podłoże takie winno zawierać dostateczną ilość zarówno makro-, jak i mikroelementów, przy zapewnieniu stosownej jego wilgotności. Podstawowym warunkiem utrzymania struktury i żyzności gleby, jest zastosowanie pod drzewami nieutwardzonej powierzchni, zapewniającej napowietrzanie podłoża. Z pomocą przychodzi także nawożenie kompostami.

cz. 2 Kompostowanie odpadów organicznych

Proces kompostowania zależy od wielu czynników, które warunkują rozkład materiału organicznego. Tereny zieleni można nawozić kompostem dopiero wtedy, gdy nastąpi w nim rozkład związków toksycznych.

Warunki niezbędne do właściwego przebiegu procesu kompostowania zostały omówione w części pierwszej artykułu (patrz „Zieleń Miejska”, 6/2009, s. 38). W całym cyklu kompostowania można wyróżnić trzy fazy biotermiczne.

Fazy kompostowania

Faza I. Podczas tego etapu kompostowania zachodzi bardzo intensywny rozkład substancji organicznej, któremu

Zawartość składników pokarmowych*

Makroelementy	mg 100 g ⁻¹ s.m. gleby
N-NH ₄ +N-NO ₃	2,5-5,0
P	3,0-6,0
K	5,0-8,0
Ca	25,0-40,0
Mg	3,0-6,0
S-SO ₄	1,0-3,0
Mikroelementy	ppm w s.m. gleby
Fe	75,0-120,0
Mn	25,0-40,0
Zn	3,0-6,0
Cu	1,0-4,0
Mo	0,1-1,4
Zanieczyszczenia**	mg 100 g ⁻¹ s.m. gleby
Na	< 5,0
Cl	< 5,0
Wskaźnik zasolenia EC (mS cm ⁻¹)	< 0,5

Źródło: Komosa A., Stafecka A.: Zawartości wskaźnikowe składników pokarmowych dla gleb sadowniczych analizowanych metodą uniwersalną. Roczn. AR Poznań, Ogrodn. 35: 105-116, 2003.

*Zawartości wskaźnikowe składników pokarmowych dla gleb sadowniczych analizowanych metodą uniwersalną (wyciągi 0,03 M CH₃ COOH i Lindsay).

**Przekroczenia wartości wskaźnikowych dla poszczególnych pierwiastków wymagają, po konsultacji z gleboznawcami, nawożenia korygującego w celu zrównowoczenia składu chemicznego dojrzałego kompostu.

towarzyszy wzrost temperatury do 60-75°C. Powyżej 60°C ilość i różnorodność bakterii drastycznie maleje, a powyżej 75°C procesy biologiczne praktycznie już nie przebiegają. Pomimo tego utrzymanie wysokiej temperatury w tej fazie jest konieczne dla zniszczenia chorobotwórczych ustrojów (bakterii i wirusów), niebezpiecznych dla ludzi i zwierząt. Wysoka temperatura intensyfikuje biochemiczne procesy destrukcji masy roślinnej, niszczy chorobotwórcze organizmy oraz nasiona chwastów. W konsekwencji przyspiesza rozkład białek, tłuszczów i celulozy, które są głównymi składnikami strukturalnymi

roślin. Długość trwania tego etapu wynosi ok. 2-3 miesiące.

Faza II. Podczas drugiego etapu kompostowania zachodzi intensywny, lecz malejący w czasie rozkład substancji organicznej. W tym okresie następuje także sukcesywny spadek temperatury do 30-40°C. Antybiotyki wytwarzane przez pleśń zarówno w tej, jak i następnej niskotemperaturowej fazie kompostowania dodatkowo przyczyniają się do biologicznej sanacji kompostu. Ten etap rozkładu części roślinnych trwa ok. 1-2 miesięcy.

Faza III. W ostatnim etapie dochodzi do spowolnienia rozkładu substancji organicznych i stopniowego spadku temperatury kompostowanej masy organicznej do temperatury otoczenia (tzw. dojrzewanie kompostu). Faza ta trwa zazwyczaj od 4 do 6 tygodni. Po zakończeniu całego procesu kompost powinien być stabilny i dojrzały. Występowanie form bardziej stałych oraz brak pojawiających się odorów świadczą o wysokim stopniu utlenienia substancji organicznej. Taki stabilny kompost, w którym nie ma fitotoksycznych kwasów organicznych, nadaje się do wykorzystania. Jego dojrzałość natomiast sprawdza się za pomocą prostych metod bioindykacyjnych, np. obserwując w ciągu siedmiu dni rozwój rzeżuchy i sałaty wysianych na tackach z pobranym kompostem.

Od początku usypywania przyzmy następuje rozkład toksycznych związków. Proces ten ulega intensyfikacji w efekcie mineralnego nawożenia. Termiczną miarą rozkładu jest utrzymywanie się temperatury wewnątrz przyzmy poniżej 45°C. Tem-

peratura poniżej 30°C wskazuje na bardzo wysoki bądź zakończony proces rozkładu. Niedojrzałe komposty mogą dawać efekt toksyczny, gdy czas nawożenia jest zbyt krótki, a w trakcie kompostowania zachodziły procesy beztlenowe, przy których nie było warunków do przebiegu nitrifikacji. Toksyczność ta przypisywana jest wówczas obecności amoniaku, kwasu octowego i masłowego, tlenku etylenu i innych.

Rozmiar oczek siatki do końcowego przesiewania kompostu powinien mieć średnicę 2-3 cm. Umożliwia to oddzielenie drobnych frakcji dojrzałego kompostu od nierozłożonych części szkieletowych (strukturalnych), które powinny być powtórnie kompostowane.

Nawożenie kompostem

W warunkach ogrodowych dojrzały kompost nanosić należy w ilości do 100 dm³ na 1 m² powierzchni. Otrzymaną w ten sposób warstwę ok. 10 cm należy przekopać z 20 cm profilem glebowym lub wymieszać przy użyciu glebogryzarki.

Na terenach zdegradowanych lub powierzchniach bezglebowych użyźniającą dawkę kompostu powinna zawierać co najmniej 25 t s.m. organicznej, czyli do 100 t świeżej masy na hektar. Optymalna dawka kompostu to 250 t s.m./ha, a więc ok. 500 ton kompostu na hektar, który należy równomiernie wymieszać z podłożem do głębokości 30 cm. Zabiegami agrotechnicznymi polecanymi w takim przypadku będą: głęboka orka oraz minimum dwukrotne wymieszanie gleby przy użyciu glebogryzarki.

Na początku procesu kompostowania masa zgromadzonych odpadów 1 m³ surowego kompostu waży zazwyczaj ok. 400 – 500 kg. Po okresie nawożenia, masa dojrzałego kompostu o barwie ciemnobrązowej lub czarnej i ziemistym zapachu waha się w granicach od 500 do 900 kg/m³.

dr Szymon Łukasiewicz
Ogród Botaniczny UAM, Poznań

Źródła

1. Komosa A., Stafecka A.: Zawartości wskaźnikowe składników pokarmowych dla gleb sadowniczych analizowanych metodą uniwersalną. Roczn. AR Poznań, Ogrodn. 35: 105-116, 2003.
2. Kowalik P.: Ochrona środowiska glebowego. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001.

Dopuszczalne zawartości metali ciężkich

Zawartość tzw. metali ciężkich w komposcie I klasy nie powinna przekraczać (w nawiasie wg wymogów niemieckich) w ppm, tj. mg/kg s.m.

ołów < 100 (< 200)

kadm < 3 (< 5)

cynk < 1500 (< 500)

miedź < 400 (200)

nikiel < 30 (< 50)

chrom < 100 (200)

Źródło: Kowalik P.: Ochrona środowiska glebowego. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001.

Zieleń Miejska 7/8/2019