

KONCEPTUALIZACJA ZASTOSOWANIA PRYZMY KOMPOSTU JAKO NISKOTEMPERATUROWEGO ŹRÓDŁA CIEPŁA W PRODUKCJI WARZYW

Piotr Sołowiej

Katedra Elektrotechniki i Energetyki Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie: Artykuł przedstawia koncepcję zastosowania pryzmy kompostu jako niskotemperaturowego źródła ciepła do podgrzewania gleby w szklarni lub tunelu foliowym. Proponowane rozwiązanie łączy w sobie takie korzyści jak: utylizacja odpadów organicznych występujących w produkcji ogrodniczej w znaczących ilościach, uzyskania darmowego źródła ciepła, które może przyczynić się do zwiększenia masy produkowanych warzyw jak i skrócenia czasu ich wegetacji. Prostota całej instalacji wpływa na obniżenie kosztów całego systemu ogrzewania, a także zwiększenie opłacalności produkcji warzyw w miesiącach jesiennych i wiosennych. Powstały kompost stanowić może pełnowartościowy nawóz organiczny.

Słowa kluczowe: kompost, odzysk energii cieplnej, ogrzewanie gleby

Wprowadzenie

W produkcji warzyw powstają znaczne ilości odpadów organicznych które stanowią mechanicznie uszkodzone warzywa, ich niewykorzystywane części (nać selera, marchwi czy też pietruszki, uszkodzone liście kapusty lub sałaty). Duże ilości tych odpadów w większości przypadków była oddawana dla hodowców bydła lub trzody chlewnej jako dodatek do paszy. Ostatnio wydane przepisy dotyczące reżimów żywieniowych dla bydła i trzody chlewnej spowodowały, że odpady z produkcji warzywniczej nie mogą być tu stosowane. Ilość odpadów w takich gospodarstwach dochodzi w przypadku niektórych warzyw do 20% plonów. Na przykład plony kapusty białej dochodzą do 90 ton z jednego hektara, co przy 20% odpadów daje około 1800 kg masy organicznej z jednego hektara. Przy większych arealach ilość tych odpadów wzrasta proporcjonalnie do powierzchni. W znanych mi przypadkach odpady są wywożone na pole, gdzie składowane w pryzmach w formie nieprzerobionej stanowią pożywkę dla grzybów i drobnoustrojów chorobotwórczych oraz wydzielają nieprzyjemny odór. W związku z tym stanowią one kłopotliwy odpad, a kompostowanie ich na nawóz jest po prostu nieopłacalne ze względu na stosowaną technologię produkcji warzywniczej.

Regulacje ustawowe nakazują odpowiednie postępowanie podmiotów, których ubocznym efektem działalności jest powstawanie odpadów. W art. 5 ustawy o odpadach, z dnia 27.04.2001 r. zapisano [Dz. U. Nr 62, poz 628, z późn. zm.]:

„Kto podejmuje działania powodujące lub mogące powodować powstawanie odpadów, powinien takie działania planować, projektować i prowadzić tak, aby:

- zapobiegać powstawaniu odpadów lub ograniczać ilość odpadów i ich negatywne oddziaływanie na środowisko przy wytwarzaniu produktów, podczas i po zakończeniu ich użytkowania,
- zapewnić zgodny z zasadami ochrony środowiska odzysk, jeżeli nie udało się zapobiec ich powstaniu,
- zapewniać zgodne z zasadami ochrony środowiska unieszkodliwianie odpadów, których powstaniu nie udało się zapobiec lub, których nie udało się poddać odzyskowi.

Odpady powinny być w pierwszej kolejności poddawane odzyskowi lub unieszkodliwiane w miejscu ich powstawania.

Odpady organiczne takie, jakie powstają w gospodarstwach warzywniczych mogą być utylizowane metodami biologicznymi lub termicznymi. Duża wilgotność tych odpadów powoduje, że do ich przerobu znacznie lepiej nadaje się stosowanie procesów biologicznych niż termicznych.

Możliwość uzyskania energii, którą można wykorzystać przy produkcji warzyw, a dodatkowo w pełni wartościowego nawozu organicznego oraz ustawowe nakazy zagospodarowania odpadów stanowią wystarczający przyczynek do opracowania technologii odzyskiwania ciepła z procesu kompostowania w sposób zezwalający na prawidłowe prowadzenie tego procesu.

Kompost

Nie ma uniwersalnej definicji kompostowania. Proces kompostowania może być zdefiniowany jako kontrolowany, biologiczny rozkład i stabilizacja substratów organicznych w warunkach tlenowych, które prowadzą do wzrostu temperatury materiału do zakresu termofilowego, w wyniku biologicznie produkowanego ciepła. Efektem procesu jest wytwarzanie z odpadów organicznych finalnego produktu, który jest pewny sanitarnie, zasobny w substancje humusowe i biogenne oraz wystarczająco stabilny dla magazynowania i wprowadzania do gruntu bez szkodliwego wpływu na środowisko [Jędrzak, Haziak 2005].

Proces kompostowania wykorzystywany jest bardzo szeroko przy utylizacji organicznych materiałów wyselekcjonowanych z odpadów komunalnych [Tognetti i in. 2007]. Głównym problemem przy kompostowaniu odpadów komunalnych są niejednorodność materiału kompostowanego pod względem składu, oraz zagrożenie zanieczyszczenia związkami chemicznymi mające niekorzystny wpływ na mikroorganizmy biorące udział w procesie kompostowania.

Kompostowanie wykorzystywane jest również przy utylizacji odpadów z rolnictwa [Kulcu i in. 2004, Goyal 2005]. W szczególności prowadzone są badania nad możliwością utylizacji metodą kompostowania najbardziej uciążliwych odpadów w produkcji rolniczej takich jak odchody świń [Zhu i in. 2004] czy też odchody drobiu [Tiquia i in. 2002].

Ilość ciepła wytworzonego w trakcie procesu kompostowania już dawno stała się przedmiotem badań. Tę ilość określano między innymi mierząc wartość opałową próbek kompostu na początku i na końcu procesu. Różnica tych wartości wskazywała na ilość wyprodukowanego ciepła [Guljajew, i in. 1962]. Ilość wyprodukowanego ciepła w kompostowaniu jest w znacznym stopniu zależna od materiału organicznego poddanego temu

procesowi. Podczas kompostowania słomy pszenicznej ilość wyprodukowanego ciepła kształtuje się na poziomie $17,6 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ substancji organicznej, a dla kompostu wykonanego na bazie odchodów drobiu $12,8 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. W przypadku kompostowania odpadów komunalnych uzysk energii sięga wielkości $18,5 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ substancji organicznej [Steppa 1988]. Twierdzi on również, że ze względu na zróżnicowaną podatność na rozkład biologiczny różnych surowców nie opłaca się doprowadzać do ich całkowitego utlenienia. W związku z tym ilość możliwej do odzyskania energii wynosi 50-60% wyżej wymienionej wartości to znaczy w granicach $9-11 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ substancji organicznej. Przyjmując, że wskaźnikiem określającym rozkładalną substancję organiczną jest węgiel organiczny i jego wartość w kompoście wynosi średnio około 25,7-40,5% [Skalmowski 2002] można wyliczyć, że ilość ciepła wyprodukowanego w trakcie kompostowania wynosi $2,31-4,46 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m., a przy wilgotności kompostu zawierającej się w przedziale 40-60% daje to $924-2676 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ [Klejment 2004]. Górna granica tego przedziału sięga 10% wartości opałowej węgla.

Koncepcja wykorzystania ciepła wytwarzanego w pryzmie kompostu jako niskotemperaturowego źródła ciepła.

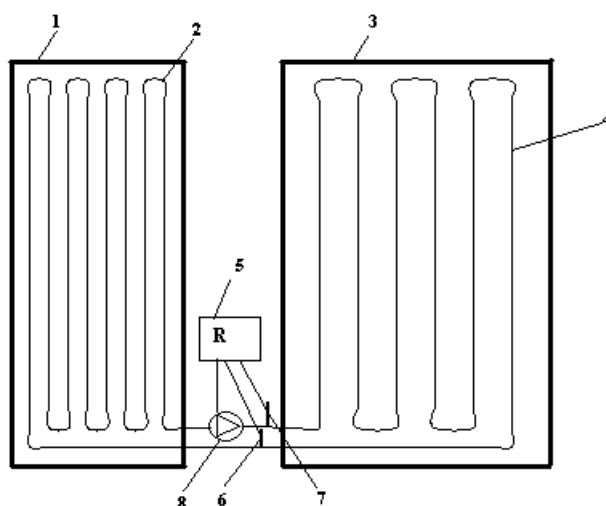
Ogrzewanie gleby w tunelach foliowych przyczynia się do przyspieszenia wegetacji oraz wzrostu plonowania uprawianych roślin. Badania przeprowadzone przez Rosik-Dulewską wykazały przyspieszenie plonowania warzyw średnio o: 8-26 dni w przedplonie, 10-32 w plonie głównym i od 3 do 14 dni w poplonie. Zwyżki plonowania jakie uzyskano w doświadczeniach Rosik-Dulewskiej wynosiły 21,1-66,7% w uprawach przedplonowych, 9,4-29,6% w uprawach poplonowych, i od 20 do 84,5% w przypadku warzyw plonu głównego [Rosik-Dulewska i in. 2001]. Wspomniane ogrzewanie gleby polegało na umieszczeniu polietylenowych rur grzewczych pod powierzchnią gleby i przepuszczanie przez nie wody o temperaturze $30-45^\circ\text{C}$.

W związku z tym, że znana jest przybliżona wartość energii cieplnej, jaką można uzyskać z jednego kilograma substancji organicznej w wyniku kompostowania [Steppa 1988] oraz zapotrzebowanie na energię w produkcji warzyw przy zastosowaniu ogrzewania gleby [Rosik-Dulewska i in. 2001] możliwe jest określenie ilości kompostu, jaka zaspokoi potrzeby energetyczne danej uprawy.

Istota koncepcji wykorzystania pryzmy kompostu jako niskotemperaturowego źródła ciepła do ogrzewania gleby w tunelu foliowym polega na tym, że z pryzmy można w określonych warunkach odbierać ciepło bez szkody dla samego procesu kompostowania. Najprostsza instalacja polegałaby na umieszczeniu w pryzmie kompostu kolektora rurowego odbierającego ciepło i połączeniu go z systemem rur ogrzewających glebę w tunelu foliowym System taki byłby zaopatrzony w pompę obiegową, która wymusi cyrkulację wody w obiegu. Przykład takiego układu jest przedstawiony na rys 1.

Ilość materiału organicznego zużytego do budowy pryzmy kompostu a co za tym idzie wielkość samej pryzmy jest uzależniona od zapotrzebowania na energię systemu ogrzewającego glebę w tunelu foliowym. Analiza literatury dotycząca zapotrzebowania na energię omawianego systemu ogrzewania wykazuje to zapotrzebowanie na poziomie 70 GJ miesięcznie (w okresie wrzesień-kwiecień) dla tunelu o powierzchni 90 m^2 [Rosik-Dulewska i in. 2001], oraz możliwości energetyczne kompostu na poziomie $2,5 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ masy organicznej [Klejment 2004]. Do zaspokojenia potrzeb energetycznych jednego tunelu należa-

łoby zbudować pryzmę kompostu zawierającą co najmniej 30 ton biomasy. Czas trwania fazy termofilnej w procesie kompostowania jest dłuższy niż okres wegetacji niektórych warzyw, co pozwala na wybranie tego rodzaju ogrzewania dla określonego warzywa. Wielkość i strukturę rozłożenia rur ogrzewających glebę jest zależna od rodzaju warzywa uprawianego w tunelu [Rosik-Dulewska i in. 2001]. Ze względu na agresywne środowisko i osiadanie kompostu kolektor odbierający ciepło winien być wykonany z rur z tworzywa sztucznego na przykład polietylenu. Pomiary temperatury czynnika grzewczego (np. wody) na wejściu i na wyjściu z pryzmy energetycznej mają dostarczać sygnał regulatorowi, który poprzez sterowanie pompą powinien zapobiegać zbyt niemu spadkowi temperatury w pryzmie i spowolnieniu lub zatrzymaniu procesu kompostowania.



Rys. 1. Schemat systemu ogrzewania gleby w tunelu foliowym z zastosowaniem pryzmy kompostu jako niskotemperaturowego źródła ciepła gdzie: pryzma kompostu; 2- kolektor odbierający ciepło; 3- tunel foliowy; 4- rura grzewcza zakopana w glebie; 5- układ regulacji; 6, 7- termometry; 8- pompa obiegowa

Fig. 1. Diagram for soil heating system in a foil tunnel using compost prism as a low temperature heat source; where: 1- prism of compost; 2- heat receiving manifold; 3- foil tunnel; 4- heating pipe embedded in soil; 5- control system; 6, 7- thermometers; 8- circulation pump

Prostota opisywanej koncepcji jest podyktowana tym, że proponowane tu źródło energii czyli pryzma kompostu jest obiektem, który po względnie krótkim okresie eksploatacji musi być uprzątnięty aby wykorzystać go do celów nawozowych i przygotowania miejsca na następną pryzmę.

Zastosowanie urządzeń odbierających ciepło z pryzmy kompostu takich jak pompy ciepła, czy też ciepłowody nie znajdzie tu zastosowania ze względów ekonomicznych.

Podsumowanie

Zastosowanie proponowanego systemu ogrzewania gleby w tunelach foliowych wymaga rozwiązania wielu zagadnień od których zależy jego prawidłowe działanie. Najważniejsze z nich to:

- prawidłowe prowadzenie procesu kompostowania poprzez kontrolę temperatury,
- rozwiązanie problemu napowietrzania pryzmy,
- odpowiedni dobór kolektora odbierającego ciepło z pryzmy,
- odpowiednia synchronizacja czasu tworzenia pryzmy kompostu wraz z instalacją odbierającą ciepło a terminem sadzenia, czy też wysiewu warzyw.

Wnioski

Wykorzystanie pryzmy kompostu jako niskotemperaturowego źródła energii cieplnej powinno przyczynić się do:

1. Poprawy rentowności produkcji warzywniczej pod osłonami poprzez znaczne przyspieszenie wzrostu i plonowania warzyw.
2. Oszczędności konwencjonalnych nośników energii, a co za tym idzie ograniczenia zanieczyszczenia powietrza, jakie występuje przy zastosowaniu metod ogrzewania tradycyjnego.
3. Uzyskania korzyści ekologicznych wynikających z utylizacji odpadów organicznych, a nie składowaniu ich na polach.
4. Uzyskania pełnowartościowego nawozu organicznego, który może być przeznaczony na własne potrzeby lub skierowany do sprzedaży.

Bibliografia

- Guljajew N., Szapiro M.** 1962. Określenie ilości energii cieplnej, wydzielanej przez odpady przy biotermicznym unieszkodliwianiu. Sbornik naučných robot. Akademia Kommunalnowo Choziajstwa. XIV, s. 135-141.
- Goyal S., Dhull S.K., Kapoor K.K.** 2005. Chemical and biological changes during composting of different organic wastes and assessment of compost maturity. *Bioresource Technology*, 96 s. 1584-1591.
- Jedrczak. A., Haziak K.** 2005. Określenie wymagań dla kompostowania i innych metod biologicznego przetwarzania odpadów [on line]. [dostęp 20.09.2006]. Dostępny w Internecie http://www.mos.gov.pl/odpady/metody_gospodarowania/okreslenie_wymagan_II.pdf
- Klejment E.** 2004. Ocena efektywności odzyskiwania ciepła w tlenowym procesie kompostowania odpadów komunalnych. Rozprawa Doktorska. Politechnika Warszawska. Wydział Inżynierii Środowiska.
- Kulcu R., Yaldiz O.** 2004. Determination of aeration rate and kinetics of composting some agricultural wastes. *Bioresource Technology*, 93, s. 49-57.
- Rosik-Dulewska C., Grabda M.** 2001. Utilization of low-temperature geothermal waters heat for protected crop production. *Technika Poszukiwań Geologicznych. Geosynoptyka i Geotermia*, Wyd. PAN, 5/2001. s. 163-173.

- Skalmowski K.** 2001. Kompostowanie odpadów komunalnych. Modele rozwiązań technologicznych. OWPW. Prace naukowe Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej zeszyt 39.
- Steppa M.** 1988. Dwie możliwości pozyskiwania energii odpadowej z biomasy. Maszyny i ciągniki rolnicze nr 3. s. 5-6.
- Tiquia S.M., Tam N.F.Y.** 2002. Characterization and composting of poultry litter in forced – aeration piles. *Process Biochemistry*, 37. s. 869-880
- Tognetti C., Mazzarino M.J., Laos F.** 2007. Improving the quality of municipal organic waste compost. *Bioresource Technology*, 98. s.1067-1076.
- Zhu N., Deng C., Xiong Y., Qian H.** 2004. Performance characteristics of there aeration systems in the swine manure composting. *Bioresource Technology* 95. s. 319-326.

CONCEPTUALIZATION FOR APPLICATION OF COMPOST PRISM AS LOW TEMPERATURE HEAT SOURCE IN VEGETABLE PRODUCTION

Summary. The paper presents a concept for application of compost prism as low temperature heat source to heat up soil in a greenhouse or foil tunnel. Proposed solution combines certain advantages, such as utilization of organic waste found in horticultural farms in considerable quantities, acquisition of free heat source contributing to the increase produced vegetable mass as well as reduction of vegetation time. Simplified installation brings decrease of the cost for a whole heating system and also an increase of vegetable production profitability in autumn and spring months. Generated compost may be utilized as a wholesome organic fertilizer.

Key words: compost, heat energy recovery, soil heating

Adres do korespondencji:

Piotr Sołowiej; e-mail: pit@uwm.edu.pl
Katedra Elektrotechniki I Energetyki
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
Ul. Oczapowskiego 11
10-736 Olsztyn