

Streszczenie

Dużym wyzwaniem, przed jakim staje obecnie ludzkość, jest odpowiedź na pytanie: jak zapewnić zrównoważony rozwój stale powiększającej się populacji bez negatywnego wpływu na środowisko naturalne? Jedną z odpowiedzi na tak postawione pytanie jest wdrażanie zasad tak zwanej gospodarki cyrkularnej, tzn. odzyskiwanie cennych surowców oraz jak najszersze ponowne wykorzystanie odpadów powstających w czasie działalności człowieka. Jedną z dróg, jakimi realizowane są zasady gospodarki cyrkularnej, jest szeroko rozumiana bioremediacja, a ostatnio także będąca jej częścią – entomoremediacja. Proces ten można zdefiniować jako wykorzystywanie wyspecjalizowanych owadów oraz towarzyszących im mikroorganizmów do utylizacji, ekstrakcji, sekwestracji i/lub detoksykacji zanieczyszczeń z gleby, osadów oraz biomasy.

Owady to gromada zwierząt, która jest najbardziej zróżnicowana gatunkowo. Zasiedlają one zarówno środowisko lądowe, jak i wodne we wszystkich strefach klimatycznych. Ich znaczenie przyrodnicze jest trudne do przecenienia. Owady pełnią także bardzo ważne role w gospodarce człowieka i w tym aspekcie można mówić o owadach pożytecznych i szkodnikach. Jakkolwiek należy pamiętać, że gospodarczy punkt widzenia nie musi pokrywać się z przyrodniczym i owad, który jest szkodnikiem dla człowieka, może odgrywać (i zwykle odgrywa) ważną rolę w przyrodzie. W ostatnich latach owady wykorzystywane są do zagospodarowywania odpadów. Dobrym przykładem są używane w tymże celu larwy *Hermetia illucens*, co powiązane jest z ich wysokim wskaźnikiem biokonwersji.

H. illucens, nazywana też czarną muchą lub black soldier fly (BSF), należy do owadów holometabolicznych. Jej cykl rozwojowy składa się z następujących stadiów: jaj, larw, poczwarek oraz osobników dorosłych. *H. illucens* pierwotnie występowała na terenie obu Ameryk. Obecnie gatunek ten można spotkać na terenach o klimacie subtropikalnym, tropikalnym i ciepłym. W kontekście niniejszej rozprawy istotne są larwy, które są saprofitami (żywią się martwą materią organiczną taką jak np.: resztki żywności czy obornik zwierzęcy). Ich biomasa zawiera 32–58% białka oraz 15–39% lipidów w przeliczeniu na suchą masę. Larwy mogą stanowić cenne źródło składników pokarmowych do produkcji pasz np. dla trzody chlewnej, ryb czy drobiu oraz gadów i płazów będących zwierzętami domowymi. Karma dla psów zawierająca białko *H. illucens* jest obecnie dostępna komercyjnie i polecana szczególnie przy występowaniu alergii pokarmowych na białka innych zwierząt, np. drobiu. Egzoszkielety tzw. wylinki pozostające po wylęgnięciu osobnika dorosłego (muchy) z poczwarki mogą stać się alternatywnym źródłem chityny oraz chitozanu. Dodatkowo

wykazano, że peptydy wytwarzane przez larwy *H. illucens* mają właściwości przeciwdrobnoustrojowe.

Niniejsza rozprawa podejmuje temat zagospodarowania uciążliwych odpadów, którymi są komunalne osady ściekowe, przy wykorzystaniu larw *H. illucens*. Badania skupiały się na określeniu stopnia bioakumulacji mikro-, makroelementów i pierwiastków toksycznych w poszczególnych etapach rozwoju owada *H. illucens*, a także w wylince. Rozprawa składa się z trzech prac, z których dwie zostały już opublikowane, a trzecia jest na etapie recenzji. Pierwsza praca dotyczyła określenia potencjału bioakumulacyjnego *H. illucens* hodowanej z użyciem optymalnej dla larw paszy. W badaniach tych po raz pierwszy wykazano zdolność *H. illucens* do bioakumulacji takich pierwiastków jak Ba, Bi i Ga. Bioakumulacja Cu, Fe, Hg, Mg, Mo, Se, Zn występowała we wszystkich stadiach rozwojowych owadów oraz w wylince. Ponadto Ca, Cd, Ga, Mn, P i S były bioakumulowane tylko w niektórych stadiach rozwojowych owada, natomiast *H. illucens* nie wykazywała zdolności do bioakumulacji Al, As, Co, K, Pb i Si.

W drugiej publikacji zaproponowano nowy wskaźnik do określania stopnia bioakumulacji pierwiastków – nazwany indeksem bioakumulacji (bioaccumulation index, BAI). Pomysł ten powstał podczas pierwszych badań, ponieważ szeroko znany wskaźnik bioakumulacji (bioaccumulation factor, BAF) w pewnych przypadkach mógł prowadzić do błędów interpretacyjnych. Zaproponowana miara bioakumulacji bierze pod uwagę początkowe stężenie pierwiastków w młodych larwach wziętych do doświadczeń, dzięki temu pozwala ona określić także sytuację, w której następowało zmniejszenie zawartości danego pierwiastka w organizmie larwy w trakcie jej wzrostu. Dotychczas stosowany wskaźnik – BAF, nie uwzględnia takiej sytuacji.

Trzecia publikacja (będąca na etapie recenzji) zawiera wyniki badań biokonwersji komunalnych, przefermentowanych osadów ściekowych przez larwy *H. illucens*. Sprawdzono również, czy niewielki dodatek karmy optymalnej wpłynie na efektywność utylizacji osadu ściekowego, parametry przeżyciowe larw oraz bioakumulację pierwiastków. Bioakumulacja opisana została dwoma wskaźnikami: tradycyjnym BAF oraz nowym, zaproponowanym w drugiej pracy, BAI. Tylko niewielka liczba pierwiastków w tym: Ag, Ca, Cd, K, Mg i Mn uległa bioakumulacji w larwach *H. illucens*, według wskaźnika BAF. Natomiast BAI wykazał bioakumulację 22 pierwiastków z wyjątkiem: B, Cr, K, Mg, Mn, P, S i Si. Dodatek paszy optymalnej (20%) spowodował około 1,35-krotny wzrost utylizacji odpadu.

słowa kluczowe: czarna mucha, rewaloryzacja, gospodarka cyrkularna, gospodarka odpadami, entomoremediacja, osad ściekowy, bioakumulacja, pierwiastki