

Streszczenie

Zasadniczym celem niniejszej rozprawy doktorskiej było określenie możliwości zastosowania odpadów pochodzących (tzw. frassu), powstających podczas hodowli owada *Hermetia illucens*, jako bionawozów. Jednakże, z racji, że larwy *H. illucens* można wykorzystywać do procesu entomoremediacji, a więc m.in. zastosowania tych owadów do utylizacji biomasy odpadowej i/lub zanieczyszczonej, niniejsze badania dotyczyły również tego aspektu. Jako substrat pokarmowy do biokonwersji przez larwy użyto pozostałości poprodukcyjnych nasion roślin strączkowych – fasoli oraz grochu oraz skażonych mykotoksynami (zapleśniałych) odpadów fasoli. Podejście to pozwala na recykling składników odżywczych zawartych w odpadowej biomacie poprzez biokonwersję, zarówno do biomasy owadziej, jak i do pozostałości pochodzących w formie frassu.

Pierwsza publikacja (**P1**) jest artykułem przeglądowym, który miał na celu wykazanie możliwości zastosowania owada *H. illucens* w przemyśle i rolnictwie. Praca ta przedstawia wzrost zainteresowania tym gatunkiem w świecie naukowym, na co przekłada się stale rosnąca liczba publikacji, w szczególności od 2018 roku. Hodowla *H. illucens* generuje biomasę, która bogata jest np. w białka, tłuszcze czy chitynę. W szerokim zakresie zastosowań tego owada mieści się produkcja białka i tłuszczu na cele paszowe. Dodatkowo badana jest możliwość pozyskiwania chityny i chitozanu, jak również produkcji biodiesla z tłuszczów oraz biogazu z pozostałości pochodzących (frassu - mieszaniny nieprzejedzonego substratu pokarmowego, odchodów larw, martwych osobników oraz kutikuli larw (zrzucanej po każdym etapie linienia) wzbogaconych w mikroorganizmy związane z larwami). W przeglądzie omówiono również właściwości przeciwdrobnoustrojowe ekstraktów z owada, jak i zdolności larw do utylizacji oraz biokonwersji biomasy odpadowej. Zwiększona produkcja owada na skalę przemysłową powoduje jednocześnie wzrost ilości frassu, który może zostać wykorzystany jako bionawóz. Przegląd artykułów dotyczących frassu jako bionawozu pozwolił na wyznaczenie luk w wiedzy i pomógł w opracowaniu części doświadczalnej badań ujętych w niniejszej rozprawie doktorskiej.

Celem drugiej publikacji (**P2**) było scharakteryzowanie podstawowych cech nawozowych frassu, powstałego po biokonwersji przez larwy *H. illucens* odpadowej frakcji nasion fasoli i grochu, które z powodu niskiej jakości nie nadawały się do innych celów. Ten rodzaj odpadów został wybrany z powodu naturalnie wysokiego poziomu białka (a więc również azotu), co powinno przekładać się na uzyskanie bogatych w azot pozostałości pochodzących.

Dodatkowo frass poddano procesowi przedłużonego dojrzewania (trwającego 10 miesięcy), co miało zapewnić stabilizację jego właściwości. Świeży frass z wariantu fasoli był bogaty w dostępne dla roślin jony NH_4^+ oraz charakteryzował się wysoką całkowitą zawartością N, a także makro- i mikroelementy. Jednakże posiadał również cechy, które mogłyby skutkować efektem fitotoksycznym, mianowicie, zbyt wysokie przewodnictwo elektryczne roztworu (EC - electrical conductivity) i niski stosunek węgla do azotu (C/N). Dojrzewanie frassu z fasoli doprowadziło do korzystnej zmiany tych parametrów. W przypadku świeżego frassu z grochu stwierdzono, że miał on niższą zawartość azotu niż wariant z fasoli, ale lepsze wartości EC i C/N, będące według literatury w optymalnym zakresie. Dojrzewanie frassów z grochu spowodowało, że stosunek C/N zwiększył się znacznie, co może skutkować immobilizacją azotu w środowisku glebowym.

Trzecia publikacja (**P3**) miała na celu wykazanie entomoremediacyjnych cech larw *H. illucens* na substracie naturalnie zanieczyszczonym mykotoksynami wyprodukowanymi przez grzyba *Fusarium* (obecnego w wariacie zapleśniałej fasoli), poprzez zbadanie zmian w stężeniu i różnorodności tych związków w larwach, frassie świeżym oraz frassie po dojrzewaniu. Pomimo obecności mykotoksyn w substracie badania wykazały brak ich akumulacji w ciałach larw. Metoda przetwarzania zanieczyszczonej biomasy larwami pozwala więc na utylizację tego typu odpadu, umożliwiając uzyskanie wolnej od skażenia biomasy larw oraz redukcję stężeń niektórych mykotoksyn. Biokonwersja przez larwy doprowadziła do spadku stężeń poniżej poziomu detekcji deoksyniwalenolu, monoacetoksyscirpenolu, diacetoksyscirpenolu oraz toksyny T-2 we frassie. Zmniejszyło się również stężenie niwalenolu, które po procesie dojrzewania frassu było już niewykrywalne. W przypadku toksyny HT-2 i zearalenonu (oraz jego metabolitów: α -zearalenonu i β -zearalenonu, które nie były obecne w substracie) doszło do wzrostu ich stężeń w świeżym frassie. Dalsze pomiary w dojrzewanym frassie wykazały wyższe stężenie toksyny HT-2 i zearalenonu, w połączeniu z redukcją α - i β -zearalenonu. Wskazuje to prawdopodobnie na dodatkowy rozwój grzybów w warunkach doświadczenia, czemu z kolei można zapobiec poprzez zmianę warunków hodowli lub wstępnej obróbki substratu. Redukcja niektórych mykotoksyn we frassie, w kontekście jego wykorzystania jako bionawozu, jest pozytywną cechą, mimo iż nie istnieją normy prawne dotyczące dozwolonych maksymalnych stężeń mykotoksyn w dodatkach do gleby, jak również, dynamika różnych mykotoksyn w glebie nie jest nadal dobrze zbadany.

Celem czwartej publikacji (**P4**) było sprawdzenie, czy (a jeśli tak to jakie) fitohormony są obecne we frassie po hodowli *H. illucens*. Wyniki przedstawiają szeroko zakrojone opracowanie dotyczące występowania wielu fitohormonów należących do trzech najpowszechniejszych klas tych związków. Odnotowano, że

frass, jak również odcieki uzyskane podczas hodowli larw (z frassu) z odpadu fasoli, charakteryzowały się wysokimi stężeniami takich fitohormonów jak: kwas indolo-3-octowy, hormony stresu roślinnego orazcytokininy. Stężenia te były wyższe niż we frassie z odpadów grochu, z wyjątkiem jednej cytokininy: rybozydu cis-zeatyny. Natomiast odciek z frassu z grochu był bogaty w kwas abscysynowy, kwas jasmonowy, trans-zeatyne, rybozyd trans-zeatyny oraz cis-zeatyne. W porównaniu z wariantami kontrolnymi (bez larw) zawartość fitohormonów była wyższa w wariantach, w których larwy były obecne. Można stwierdzić, że biokonwersja odpadów fasoli i grochu przez larwy *H. illucens* nie tylko pozwala minimalizować ich ilość i uzyskiwać bionawóz w postaci frassu, ale także podnosi jego wartość jako biostymulatora roślin.

Słowa kluczowe: czarna mucha, rewaloryzacja odpadów, bionawóz, biostymulatory, fitohormony, mykotoksyny