

Wielofunkcyjne nawozy poprawiające retencję wody w glebie o kontrolowanym czasie uwalniania substancji odżywczych na bazie polimerów pochodzenia naturalnego i niewykorzystywanej wełny owczej

Zmiany klimatyczne i gospodarcze coraz silniej wpływają na rolnictwo, co widoczne jest także w Polsce – według danych Głównego Urzędu Statystycznego w 2024 roku powierzchnia upraw zmniejszyła się o 2,3% w porównaniu z 2020 rokiem, a produkcja zbóż spadła o 4,5%. Rolnicy muszą mierzyć się z niestabilną pogodą i suszami, co wymusza większe zużycie wody i nawozów, co pogarsza jakość gleby i szkodzi środowisku. Tradycyjne nawozy, oparte głównie na prostych solach mineralnych i tworzywach sztucznych, coraz częściej ustępują miejsca nowym, bardziej zaawansowanym materiałom. Szczególnie dużym zainteresowaniem cieszą się nawozy o kontrolowanym uwalnianiu (CRFs), które działają dłużej i precyzyjniej dzięki procesom takim jak dyfuzja czy biodegradacja. Dzięki zastosowaniu biodegradowalnych powłok, składniki odżywcze mogą być stopniowo przekazywane do gleby, co minimalizuje straty i wpływ na środowisko. Z kolei obecnie rozwijane materiały hydrożelowe pozwalają na lepsze zarządzanie wilgotnością gleby. Jednocześnie rośnie zainteresowanie wykorzystaniem odpadów organicznych i produktów ubocznych z przemysłu spożywczego jako surowców do produkcji nawozów. Dzięki temu można obniżyć koszty ich wytwarzania i ograniczyć ilość odpadów. Jednym z takich materiałów jest wełna owcza – zawiera ona azot niezbędny roślinom, po wyczyszczeniu może chłonić wodę, jest lokalnie dostępna i poza przemysłem tekstylnym stanowi odpad. Dobór i optymalizacja takich materiałów oraz opracowanie nawozu, którego struktura pozwoli na stopniowe uwalnianie składników odżywczych i wody wymaga podejścia interdyscyplinarnego, który połączy wiedzę z inżynierii materiałowej, inżynierii procesu oraz chemii i fizyki z elementami inżynierii środowiska i rolnictwa.

Ten projekt badawczy ma posłużyć do opracowania w pełni degradowalnego nawozu z wykorzystaniem odpadowej wełny owczej i skupia się na połączeniu między użytym procesem produkcji, otrzymaną strukturą i w konsekwencji sposobem i skutecznością działania. Celem projektu jest optymalizacja procesu wytwarzania i składu kompozytu z biodegradowalną matrycą polimerową z wykorzystaniem odpadowego włókna wełnianego i nieorganicznych składników odżywczych, tak aby mógł służyć jako nawóz CRF podczas jego degradacji w glebie. Projekt posłuży do określenia cyklu życia materiału i zbadania procesu wprowadzania włókien wełny i soli nawozowych jako składników aktywnych. Nacisk położony jest nie tylko na właściwości użytkowe nawozu lub na strukturę materiałową kompozytu ale poszerza to o optymalizację procesu wytwarzania i degradację, czyli ostatni etap cyklu życia materiału, a dodatkowo poszerza proces o wprowadzenie odpadowego włókna do produkcji, co wymaga jej odpowiedniego dopasowania, ze względu na rozrzut w właściwościach materiałów odpadowych.

Na początku projektu szczegółowo scharakteryzowane zostaną surowce – zarówno wełna przed i po wyczyszczeniu, a także na różnym poziomie rozdrobnienia, jak i polimery biodegradowalne (takie jak PLA, skrobia termoplastyczna czy materiały hydrożelowe, np. alginiany) oraz łatwo rozpuszczalne sole nawozowe zawierające azot, fosfor i potas, które są kluczowymi pierwiastkami dla rozwoju roślin. Kolejnym krokiem będzie opracowanie metod wytwarzania kompozytów z dodatkiem wełny i składników odżywczych, różne w zależności od rodzaju matrycy, tak aby zapewnić ich skuteczne połączenie oraz wprowadzić optymalną ilość nieorganicznych soli nawozowych. Wytworzone kompozyty zostaną następnie poddane badaniom fizykochemicznym, które pozwolą określić ich porowatość, stabilność oraz zdolność do magazynowania wody (w przypadku matryc chłonących wodę). Wykorzystane zostaną nowoczesne techniki badawcze, takie jak spektroskopia w podczerwieni (FTIR), analiza termiczna (TG, DSC), mikroskopia elektronowa (SEM) czy analiza dyfrakcyjna (XRD). W kolejnej fazie przeprowadzone zostaną testy degradacji w glebie oraz pomiary szybkości uwalniania składników nawozowych – zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i w doniczkach z roślinami w warunkach środowiskowych. Obserwowane będą zmiany struktury materiału, ilość zatrzymywanej wody i skuteczność nawożenia. Ostatni etap projektu poświęcony będzie analizie, jak zastosowane składniki i proces produkcji wpływają na tempo rozkładu kompozytu i efektywność nawożenia. Będą polegać one na porównaniu właściwości fizykochemicznych materiału po, w trakcie i sprzed degradacji. Pomoże to określić kinetykę degradacji i powiązać ją z składem materiału i ilością wprowadzonego w procesie wytwarzania włókna.

Wynikiem projektu będzie nie tylko stworzenie materiału nawozowego o ściśle kontrolowanym czasie działania, ale także lepsze zrozumienie wpływu włókien naturalnych na materiały polimerowe i tempo ich degradacji w środowisku. W rezultacie opracowane zostanie nowe podejście do zaawansowanego, inżynierskiego planowania procesów wytwarzania nawozów w zgodzie z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym i rosnącą świadomością ekologiczną.