

Recyklowany polietylen niskiej gęstości (LDPE), powszechnie wykorzystywany w rolnictwie (np. w postaci folii ściółkującej lub osłon na tunele foliowe), zyskuje na znaczeniu jako materiał przyjazny środowisku. Wdrażany jest szeroko w ramach strategii gospodarki o obiegu zamkniętym, której celem jest ograniczenie zużycia surowców pierwotnych oraz zmniejszenie ilości odpadów tworzyw sztucznych. Mimo pozornego potencjału ekologicznego, dotychczasowe badania nie dostarczają jednoznacznych danych na temat długofalowego bezpieczeństwa takich materiałów dla środowiska. W przeciwieństwie do tzw. czystych polimerów, recyklaty LDPE powstają z różnorodnych źródeł, co skutkuje dużą zmiennością składu chemicznego. Mogą zawierać pozostałości dodatków, takich jak stabilizatory UV czy plastyfikatory, produkty degradacji termicznej powstałe w czasie wcześniejszego użytkowania oraz ślady zanieczyszczeń środowiskowych. Substancje te, początkowo uwięzione w strukturze polimeru, mogą być uwalniane do otoczenia, szczególnie podczas mechanicznego rozpadu tworzywa i jego fragmentacji do postaci mikroplastików. Wówczas mikroplastiki stają się aktywnym nośnikiem związków toksycznych, które mogą oddziaływać z organizmami glebowymi, wodnymi, a także z uprawami rolnymi.

Projekt badawczy zakłada kompleksową i wieloaspektową ocenę oddziaływań mikroplastików pochodzących z recyklowanego LDPE na środowiska wodne i glebowe, z uwzględnieniem typowych warunków ekspozycji. Szczególny nacisk położono na analizę składu chemicznego tych cząstek, ich zdolności sorpcyjnych wobec zanieczyszczeń rolniczych oraz potencjalnego wpływu na organizmy żywe. Badania obejmą zarówno świeże, jak i postarzone mikroplastiki, co pozwoli uchwycić zmiany właściwości materiału w czasie i odzwierciedlić ich realistyczny cykl życia. W eksperymentach zostaną wykorzystane wybrane zanieczyszczenia reprezentujące główne grupy zagrożeń w rolnictwie: herbicydy oparte na glifosacie i związkach o charakterze powierzchniowo-czynnym (adiuwantach), antybiotyki (tetracyklina i/lub ampicylina) oraz metale ciężkie o wysokim priorytecie środowiskowym (Cd i/lub Pb). Celem jest określenie czy obecność mikroplastików z recyklatów może zwiększać lub zmniejszać toksyczność tych substancji, zmieniać ich mobilność, zdolność do bioakumulacji oraz wpływać na ich przyswajalność przez organizmy glebowe i rośliny.

Do oceny skutków biologicznych posłużą drobnoustroje (*Pseudomonas putida* i/lub *Bacillus subtilis*) oraz rośliny uprawne (*Brassica napus* i/lub *Sorghum*), wybrane ze względu na znaczenie rolnicze i różnice we wrażliwości. Analizie zostaną poddane takie parametry jak poziom stresu oksydacyjnego, zmiany w składzie lipidów błon komórkowych (profilach kwasów tłuszczowych), profilach aminokwasów komórek oraz hamowanie wzrostu. W przypadku roślin badany będzie rozwój biomasy, zawartość barwników fotosyntetycznych, oraz aktywność enzymów antyoksydacyjnych. Ponadto, przy użyciu nowoczesnych technik biologii molekularnej (sekwencjonowanie genu 16S rRNA) zostanie przeanalizowana różnorodność mikroorganizmów w strefie korzeniowej i potencjalne zaburzenia funkcji ekosystemowych. Dodatkowo, zastosowanie związków znakowanych izotopem węgla <sup>13</sup>C umożliwi precyzyjne śledzenie losów zanieczyszczeń w środowisku – ich sorpcji, biodegradacji, transportu oraz wbudowywania do struktur biologicznych. Dzięki temu możliwe będzie rozróżnienie pomiędzy zanieczyszczeniami związanymi jedynie powierzchniowo z cząstkami a tymi rzeczywiście przyswojonymi przez organizmy.

Projekt wnosi nowatorskie i zintegrowane podejście do oceny zagrożeń środowiskowych wynikających z obecności mikroplastików pochodzących z recyklingu LDPE. W odróżnieniu od wcześniejszych badań, które koncentrowały się głównie na prostych testach toksyczności w środowisku wodnym, proponowane badania obejmują również długoterminowe efekty w realistycznych warunkach glebowych, z uwzględnieniem złożonych interakcji roślina–mikrob–zanieczyszczenie. Uzyskane wyniki pozwolą na identyfikację kluczowych mechanizmów odpowiedzialnych za zakłócenie współpracy roślina–mikrobiom oraz ograniczenie zdolności tych układów do detoksykacji środowiska. Projekt dostarczy także podstaw do opracowania nowych wskaźników ryzyka środowiskowego oraz zaleceń regulacyjnych dotyczących stosowania tworzyw sztucznych z recyklingu w praktyce rolniczej. Wnioski płynące z badań przyczynią się do bardziej świadomego wdrażania zasad gospodarki o obiegu zamkniętym, uwzględniającej nie tylko ograniczenie odpadów, ale także realne zagrożenia ekologiczne. Wyniki mogą również posłużyć jako podstawa do rozwoju strategii minimalizujących niepożądany wpływ recyklatów na środowisko - zarówno poprzez opracowanie skuteczniejszych metod oceny ich bezpieczeństwa, jak i wskazanie bardziej zrównoważonych alternatyw materiałowych dla sektora rolniczego. W efekcie badania te pomogą odpowiedzieć na jedno z kluczowych pytań zrównoważonego rozwoju: czy recykling tworzyw sztucznych faktycznie służy ochronie środowiska, czy też stwarza nowe, niedocenione zagrożenia.