

Zastosowanie nanocząstek w nawożeniu roślin uprawnych

Mgr Inż. Lidia Mielcarz-Skalska

Promotor:
dr hab. inż. Beata Smolińska, prof. PŁ

Streszczenie

Nanonawozy - nawozy składające się z nanocząstek lub przez nie wspierane – są potencjalnym rozwiązaniem na problemy współczesnego świata, tj. zwiększanie liczby ludności, przy jednoczesnym zmniejszaniu areałów rolnych, zanieczyszczeniu środowiska, urbanizacji. Dzięki możliwości aktywacji systemu antyoksydacyjnego roślin oraz m.in. wpływowi na pobieranie składników odżywczych, blokowaniu dostępu metali ciężkich do ryzosfery, czy ochrony przed chorobami i pasożytami, nanocząstki będą umożliwiały nie tylko zwiększenie plonowania, ale również ograniczenie wprowadzania do gleby pestycydów i nadmiaru substancji chemicznych. Dodatkowo, stosowanie nanonawozów powoduje zwiększenie biodostępności składników odżywczych, np. azotu czy fosforu. Dzięki możliwości zmniejszenia dawek nawozów konwencjonalnych na rzecz suplementacji nanocząstkami, możliwe będzie również ograniczenie wprowadzania nadmiernych ilości makro i mikroelementów, a co za tym idzie, ryzyka chemizacji wód gruntowych i eutrofizacji wód powierzchniowych.

Celem pracy było opracowanie nowej metody suplementacji gleby – z zastosowaniem nanocząstek nanoZnO i nano zero valent iron. Badania prowadzono na czterech gatunkach roślin: *Lepidium sativum*, *Brassica rapa*, *Raphanus sativus* i *Lolium perenne*. Przeprowadzono szereg eksperymentów, prowadzących do takiego dobrania stężenia nanocząstek nanoZnO i nZVI, aby jak najwydajniej wspomagały nawożenie roślin wybranymi makroelementami. W tym celu najpierw zbadano wpływ samych nanocząstek, w różnych formach i stężeniach na rośliny. Następnie wytypowano takie warianty zawierające nanoZnO i nZVI, które miały korzystny wpływ na rośliny, i przeprowadzono uprawy, w których do gleby dodawano je jednocześnie. Kolejnym, ostatnim etapem pracy, było zbadanie funkcjonowania i plonowania roślin uprawianych na glebie zawierającej same makroelementy: azot, fosfor, magnez i wapń, w trzech różnych stężeniach: niskie ($\frac{1}{2}$ stężenia optymalnego – Makro 1), optymalne (Makro 2) i wysokie ($1 \frac{1}{2}$ stężenia optymalnego – Makro 3) (badanie Makro) oraz te stężenia wybranych makroelementów połączone z nanocząstkami (badanie Nano). Uprawy prowadzono w warunkach kontrolowanych, a następnie rośliny zebrano, zbadano zawartości pierwiastków w glebie i roślinach, zważono plon, zbadano system antyoksydacyjny (zawartość chlorofilu, antocyjanów, karotenoidów, polifenoli, flawonoidów, aktywność dysmutazy ponadtlenkowej, katalazy i peroksydazy pirogallolowej).

Analiza zawartości wybranych pierwiastków w glebie wykazała pozytywne efekty zastosowanych metod uprawy Makro i Nano – dodatek nanocząstek powodował zwiększenie frakcji biodostępnej analizowanych pierwiastków. W częściach nadziemnej i podziemnej roślin uprawianych na glebie z suplementacją nanocząstkami, otrzymano zwiększony pobór fosforu, azotu i magnezu, w porównaniu z roślinami nawożonymi samymi makroelementami.

Badania przeprowadzone na *Lepidium sativum* z zastosowaniem nanoZnO wykazały, że forma <50 nm powodowała spadek biomasy i masy części nadziemnej, natomiast <100 nm poprawiała plonowanie. Dodatek do gleby nanoZnO powodował również przyrost biomasy *Raphanus sativus* i *Brassica rapa*. W przypadku tych dwóch roślin obserwowano również zwiększenie grubości bulwy przy nawożeniu oboma rodzajami nanoZnO. Podobnie, obserwowano stymulację wzrostu części nadziemnej *Lolium perenne*. Najlepsze parametry systemu antyoksydacyjnego obserwowano przy stężeniu 10 mg / kg s.m. gleby nanoZnO w formie <100 nm.

Wszystkie badane w ramach pracy doktorskiej rośliny wykazały wzrost biomasy oraz stymulację plonowania przy suplementacji nZVI nanoFER 25 (oprócz biomasy rzodkiewki białej – inhibicja). Najlepszy efekt, w przypadku masy części podziemnej rzepy i rzodkiewki, otrzymano przy stężeniu 10 mg nanoFER 25 / kg s.m. gleby. Nawożenie gleby nanoFER 25S, w stężeniach 10 i 100 mg / kg s.m. gleby, spowodowało całkowite zahamowanie wzrostu rzepy żółtej, i z tego powodu warianty te zostały wyłączone z dalszych badań. Za najlepszy wariant zostało uznane stężenie 10 mg nanoFER 25 / kg s.m. gleby – otrzymano zarówno wzrost plonowania roślin, jak i poprawę funkcjonowania systemu antyoksydacyjnego.

Rośliny zebrane z gleby wzbogaconej połączonymi związkami w formie nano charakteryzowały się wyższą biomasą w odniesieniu do roślin kontrolnych. Obserwowano zwiększone plonowanie wszystkich gatunków, zarówno w porównaniu z wariantem kontrolnym, jak również z roślinami uprawianymi na pojedynczych nanocząstkach. Wyjątkiem była rzepa żółta, u której nie obserwowano znaczącego wpływu zastosowanych nanocząstek na parametry biometryczne. Również analiza systemu antyoksydacyjnego wykazała pozytywny efekt suplementacji gleby połączonymi nanocząstkami na jego aktywność.

Najwyższe stężenie makroelementów dało najlepsze efekty w przypadku uprawy pieprzycy siewnej, rzepy żółtej i rzodkiewki białej. Z kolei życica trwała miała najlepszy przyrost biomasy w wariacie z optymalnymi stężeniami (wyższe stężenia były prawdopodobnie zbyt wysokie). Badanie systemu antyoksydacyjnego, przeprowadzone na pieprzycy siewnej i rzodkiewce białej, dało najlepsze efekty przy suplementacji gleby wariantem „Makro 2”, u pozostałych gatunków najlepsze parametry obserwowano w wariacie „Makro 3”.

Z kolei ostatnie przeprowadzone badanie wykazało, że dodatek nanocząstek do gleby wzbogaconej określonymi stężeniami makroelementów powoduje porównywalny lub lepszy wzrost badanych roślin, niż w niższych stężeniach. Analiza nieenzymatycznego systemu antyoksydacyjnego pieprzycy siewnej wykazała wzrost stężenia polifenoli i flawonoidów w całej roślinie oraz wzrost zawartości chlorofilu *a*. Nie obserwowano wpływu badania Nano na zawartość pozostałych barwników roślinnych. Uprawa życicy trwałej na glebie suplementowanej nanocząstkami przyniosła zwiększenie zawartości polifenoli w całej roślinie oraz karotenoidów w części nadziemnej (w części podziemnej obserwowano ich spadek w wyższych stężeniach). Pozostałe parametry nie uległy znaczącej zmianie w porównaniu z roślinami kontrolnymi. Rzodkiewka biała zareagowała na zastosowane warunki stymulacją produkcji obu chlorofilów we wszystkich wariantach, zwiększeniem zawartości karotenoidów w liściach (spadek w korzeniach) i antocyjanów w korzeniach (spadek w części nadziemnej). Po analizie systemu antyoksydacyjnego rzepy żółtej można jednoznacznie wskazać, że tylko wariant „Nano 2” miał pozytywny wpływ na funkcjonowanie zarówno enzymatycznego, jak i nieenzymatycznego systemu antyoksydacyjnego.

W przypadku pozostałych roślin nie ma tak jednoznacznej odpowiedzi na zastosowane metody uprawy. Aktywność dysmutazy ponadtlenkowej wzrosła w części korzeniowej pieprzycy siewnej, w pozostałych wariantach i u pozostałych gatunków roślin nie obserwowano wpływu. Aktywność peroksydazy spadła w całym *L. sativum*, wzrosła we wszystkich częściach życicy trwałej i w częściach nadziemnych *B. rapa* i *R. sativus*. Aktywność katalazy wzrosła w części nadziemnej pieprzycy siewnej, rzodkiewki białej i w najwyższym stężeniu podczas uprawy życicy trwałej. Spadła natomiast w części podziemnej *L. perenne* i *B. rapa*.

Otrzymane wyniki sugerują, że suplementacja gleby nanocząstkami jest obiecującym rozwiązaniem (potwierdzają to również najnowsze doniesienia

literaturowe). Zwiększa plonowanie roślin, poprawie ulegają parametry biometryczne i fizjologiczne. Dodatkowo zwiększona aktywność systemu antyoksydacyjnego może przygotować rośliny na nadejście potencjalnych stresów abiotycznych i chorób.

Zastosowana metoda pozwoliła zmniejszyć zużycie nawozu konwencjonalnego o około połowę (jedynie w przypadku *Brassica rapa* była to niewielka różnica). Jednocześnie obserwowano zwiększenie plonu i poprawę funkcji biologicznych roślin.

