# Zmiany metabolomu *Arabidopsis thaliana* i *Hypericum perforatum* w odpowiedzi na oddziaływanie nanocząstek metali

Streszczenie

Nanotechnologia jest jedną z prężniej rozwijających się dziedzin nauki, która ma zastosowanie w wielu aspektach życia i dziedzinach wiedzy. Zastosowanie nanomateriałów, takich jak nanocząstki metali i ich tlenków spotyka się w farmacji (jako nowoczesne nośniki leków), kosmetologii, elektronice i przemyśle chemicznym. Coraz częściej podkreśla się że nowoczesne nanomateriały mogą być stosowane w rolnictwie i biotechnologii. W tym kontekście analizuje się różnego rodzaju nanomateriały jako nawozy, składniki środków ochrony roślin lub stymulatory odporności roślin. Natomiast w biotechnologii wykorzystuje się je jako elicytory, które mogą zwiększać akumulację ważnych metabolitów wtórnych albo jako nowoczesne nośniki konstruktów genowych. Ważnym zagadnieniem pozostaje wpływ elicytacji nanocząstkami na metabolizm komórki roślinnej z uwzględnieniem metabolizmu pierwotnego oraz wtórnego, w tym indukcji istotnych fitoaleksyn. Głównym celem pracy była ewaluacja działania nanocząstek jako stymulatorów odpowiedzi metabolomicznej roślin i poznanie ich potencjalnego mechanizmu działania. W celu śledzenia zmian w profilu metabolomicznym kultur komórkowych ważnej rośliny leczniczej – *Hypericum perforatum* i w siewkach rośliny modelowej – *Arabidopsis thaliana* posłużono się nowoczesną platformą metabolomiczną, jaką jest ultrawysokosprawna chromatografia cieczowa i spektrometria mas.

Działanie nanocząstek metali (Ag, Au, Cu, Pd) i tlenków metali ($CeO_2$, CuO, $TiO_2$, ZnO) było badane na zawiesinie komórkowej *Hypericum perforatum*. Stwierdzono, że nanocząstki Ag i Au indukują akumulację istotnych metabolitów wtórnych z grupy benzofenonów, ksantonów i antrachinonów, które można zaklasyfikować jako fitoaleksyny w tym gatunku. Dla powyższej pary nanocząstek określono również stężenie, które indukuje najwyższy przyrost stężenia badanych metabolitów wtórnych. Jednakże ich odmienny charakter toksyczny, powodował zróżnicowany wpływ na akumulację takich grup związków jak pochodne kwasu benzoesowego, ksantolignany i ksantonoidy. Zaobserwowane trendy w akumulacji metabolitów, świadczą o występowaniu odmiennego mechanizmu działania.

W celu zbadania potencjalnego mechanizmu fitohormonalnego, który towarzyszy zmianom metabolomicznym pod wpływem nanocząstek analizowano ich wpływ na trzy molekuły sygnałowe: kwas abscysynowy, kwas jasmonowy i kwas salicylowy. Działanie nanocząstek Ag i Au silnie zwiększało stężenie kwasu jasmonowego, a obniżało stężenie kwasu abscysynowego w kulturze komórkowej dziurawca zwyczajnego. Natomiast poziom kwasu salicylowego był podwyższony tylko przez traktowanie nanocząstkami Ag po 4 godz. elicytacji. Zmiany w poziomie powyższych fitohormonów korespondują z akumulacją metabolitów wtórnych w kulturach *H. perforatum* i świadczą o tym, że powyższe nanomateriały mogą być efektywnymi elicytorami.

W dalszej części badań przedstawiono wpływ nanocząstek Ag na siewki rośliny modelowej – *A. thaliana*, która jest spokrewniona z gatunkami uprawnymi z rodziny *Brassicaceae*. Badania z zastosowaniem tego modelu doświadczalnego wykazały że nanocząstki Ag są zdolne do indukcji biosyntezy fitoaleksyny kamaleksyny i jej pochodnych. Kamaleksyna to związek o szerokim działaniu przeciwdrobnoustrojowym. Udowodniono, że na poziom tego związku ma wpływ nie tylko stężenie nanocząstek ale również ich wielkość, czas trwania eksperymentu oraz ilość wolnych jonów $Ag^+$. Nanocząstki poprzez swoje właściwości do indukcji akumulacji fitoaleksyn oraz innych istotnych metabolitów wtórnych mogą znaleźć zastosowanie jako potencjalne stymulatory odporności roślin.