จิราพร ชุมพล : ความสามารถของพืชน้ำเจ็ดชนิดในการดูดซึมและเปลี่ยนอิออนโลหะเป็นอนุภาคนาโน (ABILITY OF SEVEN AQUATIC PLANT SPECIES TO ABSORB AND TRANSFORM METAL IONS TO NANOPARTICLES) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.สินีนาฏ ศิริ, 222 หน้า.

พืชน้ำหลายชนิดจัดเป็นพืชที่ฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมปนเปื้อนโลหะหนัก เนื่องจากพืชสามารถดูดซับและสะสมอิออนโลหะหนักไว้ได้ อย่างไรก็ดี โอกาสที่อิออนโลหะเหล่านี้ภายในเซลล์จะเปลี่ยนรูปเป็นอนุภาคนาโนยังไม่ทราบแน่ชัด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาความสามารถของพืชน้ำเจ็ดชนิดในการดูดซับและเปลี่ยนอิออนของทองแดง เหล็ก ตะกั่ว นิกเกิล และเงิน เป็นอนุภาคนาโน ซึ่งพืชเหล่านี้มีการกระจายทั่วประเทศไทย คือ *Azolla pinnata* R.Br. (แหนแดง) *Salvinia molesta* D.S. Mitch. (จอกหูหนู) *Lemna minor* L. (แหนเป็ดเล็ก) *Lemna perpusilla* Torr. (แหนเป็ด) *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid (แหนเป็ดใหญ่) *Wolffia globosa* (Roxb.) Hartog & Plas (ไข่น้ำ) และ *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (ผักตบชวา) ทั้งนี้ความเป็นพิษของอิออนโลหะเหล่านั้นได้วิเคราะห์จากการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของใบ คือ การเหี่ยว และ/หรือ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล โดยการศึกษาการเกิดอนุภาคนาโนโลหะในเซลล์ได้ใช้ความเข้มข้นของสารละลายโลหะที่ความเป็นพิษร้อยละ 10 ผลการวิเคราะห์ธาตุด้วยการเรืองแสงของรังสีเอ็กซ์พบชัดเจนว่าพืชมีการดูดซับอิออนของโลหะในระดับสูงเมื่อเปรียบเทียบกับพืชในชุดควบคุม และยังพบการลดลงของธาตุโพแทสเซียมและแคลเซียมอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งคาดว่าการเปลี่ยนแปลงสมดุลของธาตุเหล่านี้เป็นผลจากสภาวะเครียดของพืชต่ออิออนโลหะ ผลการศึกษาด้วยอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีแบบ attenuated total reflectance พบการเปลี่ยนแปลงการสั่นของหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์ภายใต้สภาวะเครียดจากโลหะ ซึ่งชี้ว่าพืชมีการตอบสนองต่อสภาวะเครียดจากโลหะโดยมีการเพิ่มของสารชีวโมเลกุลที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ ไขมัน การแสดงออกของยีน และการสังเคราะห์โปรตีน จากภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านพบว่ามีการสร้างอนุภาคนาโนในระดับเซลล์ ซึ่งส่วนใหญ่กระจายอยู่ในบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ ทั้งนี้พบว่าการสร้างอนุภาคนาโนที่มีรูปร่างและขนาดที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดพืช และอิออนของโลหะบางชนิดเท่านั้นที่ถูกเปลี่ยนเป็นอนุภาคนาโนได้ โดยพืชที่ศึกษาทั้งหมดไม่สามารถชักนำการสร้างอนุภาคนาโนของนิกเกิลได้ ทั้งนี้แม้ว่าอนุภาคนาโนของโลหะส่วนใหญ่ที่ตรวจพบมีรูปร่างทรงกลม แต่พบว่ามีการสร้างอนุภาคนาโนตะกั่วรูปร่างแท่งในเซลล์รากของ *A. pinnata* R.Br. ได้ ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการกระเจิงของอิเล็กตรอนแบบเลือกพื้นที่ และการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ยืนยันได้ว่าโครงสร้างของอนุภาคนาโนโลหะในเซลล์พืชเป็น อนุภาคนาโนของเงิน (Ag) ทองแดง (Cu และ

CuO) เหล็ก (Fe FeO Fe_2O_3 และ Fe_3O_4) และตะกั่ว (Pb และ PbO) ผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นทิศทางของอิออนโลหะที่ถูกเปลี่ยนเป็นอนุภาคนาโนในเซลล์พืช ซึ่งอาจเป็นอีกทางเลือกในการผลิตอนุภาคนาโนโลหะจากอิออนของโลหะที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมปนเปื้อน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาชีววิทยา ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2562 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

JIRAPORN CHUMPOL : ABILITY OF SEVEN AQUATIC PLANT SPECIES TO ABSORB AND TRANSFORM METAL IONS TO NANOPARTICLES THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. SINEENAT SIRI, Ph.D. 222 PP.

AQUATIC PLANT/BIOGENESIS/DETOXIFICATION/METAL IONS/ NANOPARTICLES/PHYTOREMEDIATION PLANT

Several aquatic plant species are considered as metal-phytoremediation plants as they efficiently uptake and store metal ions. Nevertheless, the possibility of these cellular metal ions to transform into metal nanoparticles (NPs) has remained unclear. Thus, this research aimed to investigate the capability of seven aquatic plant species, commonly distributed in Thailand, to absorb and transform copper (Cu), iron (Fe), lead (Pb), nickel (Ni), and silver (Ag) metal ions into NPs; *Azolla pinnata* R.Br., *Salvinia molesta* D.S. Mitch., *Lemna minor* L., *Lemna perpusilla* Torr., *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid., *Wolffia globosa* (Roxb.) Hartog & Plas and *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. The toxicity of these metal ions was determined by the morphological changes of leaves including witheredness and/or browning and the 10% toxicity concentration was used to study the cellular formation of metal NPs. Energy dispersive X-ray fluorescence (EDXRF) analysis clearly showed the high uptake levels of these metal ions as compared with the control and the reduced levels of potassium and calcium elements suggested the effects of metal-stress on the balances of these cellular ions. The attenuated total reflectance-Fourier transform infrared (ATR-FTIR) results revealed the changes of functional group vibrations of organic compounds under metal-stress conditions. These results suggested the induction of phosphorus-containing biomolecules, lipids, gene expression, and

protein synthesis in response to the metal-stress conditions. Transmission electron microscopy (TEM) images revealed the formation of cellular metal NPs that were dominantly located in the vicinity of plasma membrane. Interestingly, the formation of different shapes and sizes of metal NPs greatly depended on each plant species. Also, only some metal ions were efficiently transformed into NPs. All studied plants were unable to induce the formation of NiNPs. Although spherical NPs were detected in most studied plants, the rod-shaped PbNPs were efficiently formed by root cells of *A. pinnata* R.Br. Selected area electron diffraction (SAED) and energy-display X-ray (EDX) analyses were used to confirm the identity of NPs inside the plant cells in this study. The results confirmed the structure of the cellular metal NPs, which identified to AgNPs (Ag), CuNPs (Cu and CuO), FeNPs (Fe, FeO, Fe_2O_3 and Fe_3O_4), and PbNPs (Pb and PbO). These results have shed light on the fate of metal ions to transform into metal NPs inside the cells, which may suggest the alternative route to produce metal NPs from wasted metal ions in the environment.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Biology

Academic Year 2019

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____