

หัวข้อวิจัย                    การประยุกต์ใช้จุลินทรีย์ในการลดการปนเปื้อนของแคดเมียมในข้าว  
 ผู้ดำเนินการวิจัย            ดร.ปารินดา สุขสบาย และ รศ.ดร.ไพฑิพย์ ชีรเวชญาณ  
 หน่วยงาน                      หลักสูตรสิ่งแวดล้อมเมืองและอุตสาหกรรม  
                                          คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต  
 ปีพ.ศ.                            2557

การปนเปื้อนแคดเมียมในข้าวเป็นปัญหาสำคัญในอำเภอ แม่สอด จังหวัดตาก ซึ่งการวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของจุลินทรีย์ในการลดแคดเมียมที่สะสมในต้นข้าว การทดลองจะใช้จุลินทรีย์ *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis* และ *Beauveria bassiana* เติบโตในดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมในการปลูกข้าวปริมาณการเติม 2% (v/v) โดยความเข้มข้นของแคดเมียมที่ปนเปื้อนในดินเริ่มต้น ประมาณ 650 มิลลิกรัม/กิโลกรัมดิน ซึ่งผลการทดลองพบว่า หลังการเก็บเกี่ยวข้าว 90 วัน ต้นข้าวที่ปลูกในดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมและมีการเติมเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* จะมีปริมาณแคดเมียมที่สะสมในราก ลำต้น เปลือก และ เมล็ด ต่ำกว่าการเติมเชื้อ *Bacillus subtilis* และ *Beauveria bassiana* อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยความเข้มข้นของแคดเมียมที่สะสมในราก ลำต้น เปลือก และเมล็ด เท่ากับ 597 87 19.5 และ 2.23 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (dry weight) เมื่อเติมเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* ในดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมในการปลูกข้าว ผลการทดลองยังพบว่า การเติมเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* ในดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมในการปลูกข้าวจะมีแคดเมียมเหลืออยู่ในดินสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การเติมเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่นซึ่งอาจเนื่องจากแคดเมียมอ็อกไซด์ถูกดูดซับด้วย *Pseudomonas aeruginosa* โดยแคดเมียมจะเคลื่อนย้ายเข้าไปในเซลล์ ดังนั้น แคดเมียมจะสามารถอยู่ในดินอย่างมีเสถียร จึงเคลื่อนเข้าไปสะสมในส่วนต่างๆของต้นข้าวได้น้อย การทดลองยังพบว่า การเติมเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* ในการปลูกข้าวในดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมจะให้น้ำหนัก (dry weight) ของต้นข้าวสูงกว่าการใช้เชื้อ *Bacillus subtilis*, *Beauveria bassiana* และการปลูกข้าวโดยปราศจากการเติมเชื้อจุลินทรีย์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้การวิจัยยังศึกษาผลของระยะเวลา และพีเอชในการดูดซับสารละลายแคดเมียมด้วยเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis* และ *Beauveria bassiana* ผลการทดลองพบว่า เมื่อระยะเวลาการดูดซับเพิ่มขึ้นจะทำให้พีเอชเพิ่มขึ้นซึ่งชี้ให้เห็นว่า เมื่อใช้จุลินทรีย์เติมในดินปนเปื้อนแคดเมียมปลูกข้าว พีเอชจะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้แคดเมียมสามารถอยู่ในดินได้อย่างเสถียร ดังนั้น จึงมีแคดเมียมในปริมาณน้อยที่ต้นข้าวสามารถดึงดูดเข้าไปได้ นอกจากนี้ผลการทดลองยังพบว่า แคลเซียม แมกนีเซียม และซิลิกอนสามารถช่วยลดการสะสมแคดเมียมในต้นข้าวได้

**Research Title :** Application of microorganisms for reducing cadmium  
Contaminated in rice plant

**Researcher :** Dr. Parinda Suksabye, Asso. Prof. Dr. Paitip Thiravetyan

**Organization :** Urban and Industrial Environment Program,  
Faculty of Science and Technology, Suan Dusit Rajabhat University

**Year:** 2014

In Thailand, cadmium contamination in rice is a major problem in Mae Sod district, Tak Province. The aim of this research is to study the effects of microorganisms on reducing cadmium accumulation in rice plants. The rice plants were grown in cadmium contaminated soil with the addition of *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis* and *Beauveria bassiana* at 2% (V/V). The cadmium contained in soil samples was around 650 mg kg<sup>-1</sup> soil. The rice plants were harvested after cultivation for 90 days in order to determine the cadmium distribution in the roots, shoots husks and grains. The results showed that addition of *P.aeruginosa* in cadmium contaminated soil can significantly reduce cadmium accumulation in roots, shoots, husks and grains of rice plants more than addition of *Bacillus subtilis* and *B.bassiana*. The cadmium concentrations in the roots, shoots, husks and grains were 597, 87, 19.5 and 2.23 mg Cd kg<sup>-1</sup> dry weight, respectively, when adding *P. aeruginosa*. The results also showed that in the case of adding *P.aeruginosa*, the remaining cadmium concentration in soil was the highest among various conditions. This indicated that cadmium ions might be transported into the cell of *P.aeruginosa*; therefore, it could be stable in the soil. *P. aeruginosa* can significantly increase the dry weight of the rice plant up to 23.64 g/pot more than with addition of *Bacillus subtilis*, *B.bassiana* and without the addition of microorganisms in cadmium contaminated soil (Cd - soil). The influence of pH on cadmium removal by biosorption was also investigated. It indicated that after the microorganisms were grown in the system, the increased pH resulted in the stabilization of Cd in the soil. Therefore, less Cd was taken up by the rice plants. Moreover, the results also showed that calcium, magnesium and silicon enhanced alleviating cadmium accumulation in rice plants.

## กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้สำเร็จด้วยดีผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษา และพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่ได้กรุณาให้ทุนอุดหนุนการวิจัยแก่โครงการวิจัย และขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ที่ให้การประสานงานแก่โครงการทำให้โครงการวิจัยสำเร็จตามวัตถุประสงค์ และนอกจากนี้ขอขอบคุณ รศ.ดร.ไพฑิพย์ ชีรเวชญาณ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนแก้ปัญหาต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติ Remediation สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในการให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และสถานที่ในการทดลองรวมทั้งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ Remediation ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ดร. ปารินดา สุขสบาย

2557

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
<b>บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>4</b>
แคดเมียม	4
ข้าว	7
การดูดตั้งโลหะหนักของพืช	10
ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับแคดเมียมในดินและการดูดตั้งของพืช	11
กลไกที่เกี่ยวข้องกับการดูดซับโลหะหนักทางชีวภาพ	14
ชนิดของมวลชีวภาพที่ใช้เป็นตัวดูดซับโลหะหนัก	17
กระบวนการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชของแบคทีเรียกลุ่ม PGPR	24
แบคทีเรีย <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	29
แบคทีเรีย <i>Bacillus subtilis</i>	32
เชื้อรา <i>Beauveria bassiana</i>	27
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	33
กรอบแนวคิดการวิจัย	36
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย</b>	<b>38</b>
อุปกรณ์ เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย	38
การเตรียมเชื้อแบคทีเรีย	39

การเตรียมต้นกล้า	39
การเตรียมดิน	40
แผนการวิจัย	40
การวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในส่วนต่างๆ ของข้าว	40
การวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมในดิน	41
ศึกษาผลผลิตของข้าวในรูปน้ำหนักแห้งของต้นข้าว	41
การวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในข้าว	41
การวิเคราะห์ปริมาณซิลิกอนในข้าว	42
ศึกษาผลของระยะเวลาในการดูดซับของสารละลายแคดเมียมด้วยเชื้อจุลินทรีย์	42
ศึกษาศักยภาพการละลายฟอสเฟตของจุลินทรีย์	42
ศึกษาศักยภาพการตรึงไนโตรเจนของจุลินทรีย์	43
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	43
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัย</b>	<b>44</b>
การทดสอบจุลินทรีย์ในการตรึงไนโตรเจน	44
การทดสอบจุลินทรีย์ในการละลายฟอสเฟต	45
ผลของจุลินทรีย์ต่อปริมาณแคดเมียมที่สะสมในต้นข้าว	47
ปริมาณของแคดเมียมที่เหลือในดิน	50
ผลผลิตของข้าวในรูปของน้ำหนักแห้งหลังเก็บเกี่ยว	51
ผลของธาตุอาหารต่อปริมาณแคดเมียมที่สะสมในข้าว	53
ผลของ <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ต่อการสะสม Mg, Ca, Si, Cd ในต้นข้าว	62
การดูดซับสารละลายแคดเมียมด้วยจุลินทรีย์	65
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ</b>	<b>68</b>
สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล	68
ข้อเสนอแนะ	70
<b>ผลผลิต</b>	<b>71</b>
<b>รายงานสรุปการเงิน</b>	<b>72</b>

<b>บรรณานุกรม</b>	73
ภาษาต่างประเทศ	73
ภาษาไทย	77
<b>ภาคผนวก ก</b>	79
<b>ภาคผนวก ข</b>	82
<b>ภาคผนวก ค</b>	86
<b>ภาคผนวก ง</b>	92
<b>ภาคผนวก จ</b>	94
<b>ประวัติผู้วิจัย</b>	100

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความเป็นพิษแบบเฉียบพลันของแคดเมียมที่มีต่อมนุษย์โดยการกิน	6
2.2 ชนิดของสารห่วย ราช ยีสต์และแบคทีเรียที่สามารถดูดซับโลหะหนัก	17
2.3 พอลิเมอร์เมทริกซ์ที่ใช้กับมวลชีวภาพในการดูดซับโลหะหนัก	21
4.1 ปริมาณแคดเมียมที่สะสมในส่วนต่างๆของต้นข้าว	47
4.2 ปริมาณแคดเมียมที่เหลือในดินหลังเก็บเกี่ยว 90 วัน	50
4.3 น้ำหนักของต้นข้าวหลังเก็บเกี่ยว 90 วัน	52
4.4 ปริมาณแคลเซียมที่สะสมในต้นข้าวหลังเก็บเกี่ยว 90 วัน	54
4.5 ปริมาณแมกนีเซียมที่สะสมในต้นข้าวหลังเก็บเกี่ยว 90 วัน	55
4.6 ปริมาณซิลิกอนที่สะสมในรากและลำต้นของข้าวหลังเก็บเกี่ยว 90 วัน	61

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แคดเมียม	5
2.2 แผนผังกระบวนการดูดซับทางชีวภาพของโลหะหนัก	16
2.3 เชื้อแบคทีเรีย <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	30
2.4 เชื้อแบคทีเรีย <i>Bacillus subtilis</i>	31
2.5 เชื้อรา <i>Beauveria bassiana</i>	33
2.6 กรอบแนวคิดการวิจัย	37
4.1 ประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในการตรึงไนโตรเจน	44
4.2 ลักษณะของโคโลนีและวงไฮฟาของจุลินทรีย์ที่ละลายฟอสเฟต	45
4.3 ปริมาณฟอสเฟตที่ละลายโดยจุลินทรีย์	46
4.4 ปริมาณของแคดเมียมในราก ลำต้น เปลือก และเมล็ด หลังเก็บเกี่ยว 90 วัน	49
4.5 ปริมาณของแคดเมียมที่เหลือในดิน หลังเก็บเกี่ยว 90 วัน	51
4.6 น้ำหนักของต้นข้าวหลังเก็บเกี่ยว 90 วัน	53
4.7 ปริมาณของแคลเซียมในราก ลำต้น เปลือก และเมล็ด หลังเก็บเกี่ยว 90 วัน	56
4.8 ปริมาณของแมกนีเซียมในราก ลำต้น เปลือก และเมล็ด หลังเก็บเกี่ยว 90 วัน	59
4.9 ปริมาณของซิลิกอนในราก และลำต้น หลังเก็บเกี่ยว 90 วัน	62
4.10 ปริมาณการสะสมแมกนีเซียม แคลเซียม ซิลิกอน และแคดเมียมใน ราก ลำต้น เปลือก และเมล็ดข้าว ที่ปลูกในดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมที่เติมเชื้อ <i>P. aeruginosa</i> และในดินที่ปราศจากการเติมเชื้อจุลินทรีย์หลังเก็บเกี่ยว 90 วัน	65
4.11 ผลของระยะเวลาในการดูดซับสารละลายแคดเมียมด้วยจุลินทรีย์	66
4.12 ผลของพีเอชในการดูดซับสารละลายแคดเมียมด้วยจุลินทรีย์	67