

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้จุลินทรีย์ 3 ชนิด ได้แก่ *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis* และ *Beauveria bassiana* เติมในดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมในการปลูกข้าว เพื่อลดการดูดซับ (uptake) แคดเมียมเข้าสู่ต้นข้าวและเมล็ดข้าว โดยการให้แคดเมียมถูกยึดหรือเกาะติด (immobilization) ในเซลล์จุลินทรีย์ ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

1. การใช้ *Pseudomonas aeruginosa* เติมในดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมในการปลูกข้าวหลังเก็บเกี่ยว 90 วัน พบว่า สามารถลดแคดเมียมที่สะสมในราก ลำต้น เปลือก และเมล็ดข้าว ได้สูงกว่า *Bacillus subtilis* และ *Beauveria bassiana* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p < 0.05$) โดยมีปริมาณแคดเมียมที่สะสมในราก ลำต้น เปลือก และ เมล็ด เท่ากับ 597, 87, 19.5 และ 2.23 mg Cd/kg dry weight ตามลำดับ

2. เมื่อใช้เชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* เติมลงในดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมในการปลูกข้าว จะมีปริมาณแคดเมียมที่เหลือในดินสูงที่สุด เมื่อเทียบกับการใช้เชื้อจุลินทรีย์ชนิด *Bacillus subtilis* และ *Beauveria bassiana* โดยมีปริมาณแคดเมียมที่เหลือในดินหลังจากเก็บเกี่ยวข้าว 90 วัน เท่ากับ 565 mg Cd /kg ดิน จากปริมาณแคดเมียมเริ่มต้น 650 mg Cd /kg soil ขณะที่ *Bacillus subtilis* และ *Beauveria bassiana* มีปริมาณแคดเมียมเหลือในดินเท่ากับ 509 และ 531 mg Cd /kg soil ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า แคดเมียมในดินจะถูกดูดซับด้วย *Pseudomonas aeruginosa* สูงกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่น ดังนั้น แคดเมียมจึงเคลื่อนย้ายจากดิน ไปสู่ ราก ลำต้น เปลือก และเมล็ดได้น้อยกว่าเมื่อเทียบกับการใช้ *Bacillus subtilis* และ *Beauveria bassiana*

3. หลังเก็บเกี่ยว 90 วัน พบว่า การใช้ *Pseudomonas aeruginosa* เติมลงในดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมในการปลูกข้าว จะช่วยให้น้ำหนักของต้นข้าวสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เชื้อจุลินทรีย์ *Bacillus subtilis* และ *Beauveria bassiana* และดินปนเปื้อนแคดเมียมปราศจากการเติมเชื้อจุลินทรีย์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากทั้งนี้อาจเนื่องจาก *Pseudomonas aeruginosa* จัดอยู่ในกลุ่ม

จุลินทรีย์ที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (plant growth promoting rhizobacteria ,PGPR) ผลิตฮอร์โมนพืช (phytohormones) เช่น กรดอินโดล- 3-แอซีติก (indole – 3 - acetic acid, IAA) ไซโตไคนิน (cytokynins) ออกซิน (auxins) จิบเบอเรลลิน (gibberellins) และเอทิลีน (ethylene) ในพืช มีศักยภาพในการตรึงไนโตรเจน และละลายฟอสเฟตได้ดี

4. การเติมเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* ในดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมในการปลูกข้าว จะเพิ่มปริมาณแคดเมียม ในราก ลำต้น ใบ และ เมล็ด หลังเก็บเกี่ยว 90 วัน สูงกว่า *Bacillus subtilis* และ *Beauveria bassiana* โดยมีปริมาณแคดเมียมในราก ลำต้น เปลือก และเมล็ด มีค่าเท่ากับ 21.9, 55.4, 0.60 และ 0.62 mg /kg dry weight ขณะที่ปริมาณของแคดเมียมในราก ลำต้น เปลือก และเมล็ดของข้าว เมื่อเติมเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* จะมีปริมาณแคดเมียมที่สะสมในส่วนต่างๆของข้าวน้อยกว่าเมื่อเติมเชื้อ *Bacillus subtilis* และ *Beauveria bassiana* แสดงให้เห็นว่าแคดเมียมน่าจะช่วยลดความเป็นพิษของแคดเมียมในต้นข้าว โดยปริมาณแคดเมียมจึงลดลงเมื่อมีปริมาณแคดเมียมเพิ่มขึ้นในต้นข้าว แคดเมียมไอออนและแคดเมียมไอออนแย่งจับเข้าในเซลล์รากของพืช (Tian et al., 2011 : Cho, et al, 2012)

5. เชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* จะช่วยให้ปริมาณแมกนีเซียมในราก ลำต้น ใบ และ เมล็ด หลังเก็บเกี่ยว 90 วัน สูงกว่า เมื่อใช้เชื้อชนิด *Bacillus subtilis* และ *Beauveria bassiana* โดยปริมาณแมกนีเซียมในราก ลำต้น เปลือก และเมล็ด มีค่าเท่ากับ 2.44, 2.13, 0.63 และ 0.13 mg / kg dry weight ขณะที่ปริมาณแคดเมียมที่สะสมใน ราก ลำต้น เปลือก และเมล็ดของต้นข้าว เมื่อเติมเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* ในการปลูกข้าวในดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมมีปริมาณน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเติมเชื้อ ชนิดอื่นๆ แสดงว่าแมกนีเซียมจะลดการปริมาณแคดเมียมในต้นข้าว (Naza et al., 2012) สอดคล้องกับการวิจัยของ Kashem and Kawai (2007) ที่รายงานว่าแมกนีเซียมจะช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชเนื่องจากช่วยลดความเป็นพิษจากแคดเมียม โดยประจุ 2+ ของแคดเมียมและแมกนีเซียมจะแย่งกันเพื่อเข้าจับกับเมนเบรอนของพืช (Naza et al., 2012)

6. การใช้เชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* เติมในดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมในการปลูกข้าว และหลังเก็บเกี่ยว 90 วัน พบว่าสามารถเพิ่มซิลิกอนใน ราก และ ลำต้นสูงกว่าเมื่อใช้เชื้อ *Bacillus subtilis* และ *Beauveria bassiana* โดยมีปริมาณซิลิกอน ในราก และลำต้นเท่ากับ 295 และ 270 mg / kg dry weight

7. ระยะเวลาการดูดซับสารละลายแคดเมียมด้วยจุลินทรีย์ พบว่า ปริมาณการดูดซับเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น โดย *Pseudomonas aeruginosa* ดูดซับแคดเมียมได้ 77 mg Cd/g ในระยะเวลา 30 ชั่วโมง และ *Pseudomonas aeruginosa* มีศักยภาพในการดูดซับสารละลายแคดเมียมได้สูงกว่า *Bacillus subtilis* และ *Beauveria bassiana*

8. เมื่อระยะเวลาการดูดซับเพิ่มขึ้น พีเอชจะเพิ่มสูงขึ้น โดยพีเอชสูงสุด ที่ 6.7 เมื่อระยะเวลาดูดซับ 30 ชั่วโมง เมื่อใช้ *Pseudomonas aeruginosa* เป็นตัวดูดซับ จากผลการทดลองแสดงว่าพีเอชเพิ่มขึ้น จะทำให้การดูดซับสารละลายแคดเมียมเพิ่มขึ้นด้วย จึงเป็นไปได้ว่าเมื่อพีเอชสูงขึ้นจะทำให้การเคลื่อนย้ายแคดเมียมเข้าไปในเซลล์จุลินทรีย์ง่ายขึ้น

ข้อเสนอแนะ

เพื่อเป็นการเพิ่มการลดการสะสมแคดเมียมในส่วนต่างๆ ของต้นข้าว ควรทดลองเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่เติมในดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมในการปลูกข้าวให้มากกว่า 2 % (v/v)