

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

#### สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

การทดลองใช้วัสดุเพื่อปรับปรุงดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมในการปลูกข้าว 4 ชนิดได้แก่ซังข้าวโพด (Corn cob, CC) ขุยมะพร้าว (Coir pith, CP) ขุยมะพร้าวที่ปรับสภาพด้วย 0.1 M NaOH (CPm) และ เปลือกส้ม (Orange peel, OP) ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

1. การศึกษาผลของชนิดของสารปรับปรุงดินต่อปริมาณการคายน้ำของต้นข้าวที่ปลูกในดินที่ไม่มีการปนเปื้อนแคดเมียม พบว่าเมื่อใช้ซังข้าวโพด (CC) เป็นวัสดุปรับปรุงดินในการปลูกข้าวพบว่าซังข้าวโพดมีผลให้ปริมาณการคายน้ำ (transpiration) ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับปลูกข้าวในดินธรรมชาติโดยปราศจากการใส่วัสดุปรับปรุงดิน (N) ส่วนการเติมขุยมะพร้าว (CP) และขุยมะพร้าวที่ปรับสภาพด้วยต่าง (CPm) ไม่มีผลทำให้ปริมาณการคายน้ำลดลงโดยปริมาณการคายน้ำยังคงมีค่าใกล้เคียงกับการปลูกข้าวในดินธรรมชาติโดยปราศจากการใส่วัสดุปรับปรุงดิน (N) สำหรับการปลูกข้าวในดินที่ใช้เปลือกส้มเป็นวัสดุปรับปรุงดิน (OP) ข้าวจะคายภายใน 5 วัน ทั้งนี้เนื่องจาก ในเปลือกส้มมีสารไลโมนีน (Limonene) เป็นน้ำมันหอมระเหยชนิดหนึ่ง ซึ่ง Ibrahim *et al* (2004) พบว่าสารไลโมนีนจะทำให้การสะสมของสารอาหาร (biomass) ที่จะเข้าสู่รากและลำต้นลดลงซึ่งสัมพันธ์กับการลดลงของคลอโรฟิลล์ และอัตราการไหลของน้ำออกจากปากใบ (stomatal conductance)

2. การศึกษาผลของการสะสมของแคดเมียมในส่วนต่างๆ ของต้นข้าวที่ปลูกในดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมต่ำ ที่ 4 mg Cd/kg Soil และการคายน้ำของต้นข้าวเมื่อใช้วัสดุปรับปรุงดินต่างชนิดกัน ผลการศึกษาพบว่า

-การใช้ซังข้าวโพด (CC) เป็นวัสดุปรับปรุงดินจะทำให้ปริมาณการคายน้ำของต้นข้าว (transpiration) ลดลงส่วนการเติมขุยมะพร้าว (CP) ในดินปนเปื้อนแคดเมียมปริมาณการคายน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมที่ไม่เติมสารปรับปรุงดิน สำหรับการเติมส่วนขุยมะพร้าวที่ปรับสภาพด้วยต่าง (CPm) จะปริมาณการคายน้ำสูงที่สุดและสูงกว่าดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมที่ไม่เติมสารปรับปรุงดิน

-เมื่อพิจารณาปริมาณแคดเมียมที่สะสมในรากข้าวเมื่อใช้วัสดุการปรับปรุงดินต่างกันจากปริมาณสูงไปต่ำ พบว่า ดินปนเปื้อนแคดเมียมต่ำที่ไม่เติมสารปรับปรุงดิน (low Cd) = ดินที่เติมขุยมะพร้าว (CP) > ดินที่เติมขุยมะพร้าวที่ปรับสภาพด้วยต่าง CPm = ดินที่เติมซังข้าวโพด (CC) และจากผลการทดลองยังพบว่าปริมาณการคายน้ำ (transpiration) ของต้นข้าวลดลง จาก 1176.67±5.00 mL เหลือเพียง 751.67±100.54 mL เมื่อใช้ซังข้าวโพดเป็นวัสดุปรับปรุงดิน แสดงให้เห็นว่าปริมาณการคายน้ำของต้นข้าวมีความสัมพันธ์กับปริมาณแคดเมียมที่สะสมในรากโดยเมื่อพีชมีการคายน้ำต่ำ จะทำให้การสะสมของแคดเมียมในรากต่ำด้วย

-ส่วนปริมาณแคดเมียมที่สะสมในลำต้นและเมล็ดข้าวพบว่าเมื่อใช้ซังข้าวโพดเป็นวัสดุปรับปรุงดินจะทำให้ปริมาณแคดเมียมที่สะสมในลำต้นและเมล็ดข้าวมีค่าต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ขุยมะพร้าวและขุยมะพร้าวที่ปรับสภาพด้วยต่างเป็นวัสดุปรับปรุงดิน โดยในเมล็ดข้าวเมื่อใช้ซังข้าวโพดเป็นวัสดุปรับปรุงดินมีปริมาณแคดเมียมเพียง 0.15 mgCd/kg dry weight ซึ่งก็จัดว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของแคดเมียมในเมล็ดข้าวซึ่งตามมาตรฐาน ของ Codex Committee on Food Additives and Contaminants (CCFAC) (Simon et al, 2005) กำหนดไว้ไม่เกิน 0.2 mgCd/kg)

-การศึกษาน้ำหนักแห้ง (dry weight) ของต้นข้าวในวันที่ 40 เมื่อใช้วัสดุปรับปรุงดินต่างชนิดกัน พบว่าน้ำหนักแห้งของต้นข้าวเมื่อใช้ซังข้าวโพด (CC) เป็นวัสดุปรับปรุงดินน้ำหนักจะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับปลูกพืชที่ไม่มีแคดเมียมปนเปื้อน (N+P) และปลูกพืชในดินที่มีแคดเมียมปนเปื้อน โดยไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน (low Cd+P) แต่น้ำหนักแห้งของต้นข้าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับปลูกข้าวโดยใช้ขุยมะพร้าวที่ปรับสภาพด้วยต่างเป็นวัสดุปรับปรุงดิน

3. การศึกษาผลของการสะสมของแคดเมียมในส่วนต่างๆ ของต้นข้าวที่ปลูกในดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมสูงที่ 145 mg Cd/kg Soil และการคายน้ำของต้นข้าวเมื่อใช้วัสดุปรับปรุงดินต่างชนิดกัน ผลการศึกษาพบว่า

-เมื่อใช้วัสดุปรับปรุงดินต่างกันอัตราการคายน้ำของต้นข้าวก็แตกต่างกัน โดยมีปริมาณการคายน้ำจากสูงไปต่ำ ดังนี้ ปลูกข้าวในดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมสูงที่ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน (high Cd) > ขุยมะพร้าวที่ปรับสภาพด้วยต่าง (CPm) ≥ ขุยมะพร้าว (CP) ≥ ซังข้าวโพด (CC) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของปริมาณการคายน้ำของต้นข้าวเมื่อปลูกในที่มีแคดเมียมต่ำ (4 mgCd/kg soil)

-ผลการสะสมของแคดเมียมในรากพบว่าปริมาณแคดเมียมในรากข้าวที่ใช้เป็นขุยมะพร้าวเป็นวัสดุปรับปรุงดิน (CP) ≥ ขุยมะพร้าวที่ปรับสภาพด้วยต่างเป็นวัสดุปรับปรุงดิน (CPm) ≥ ดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมสูงแต่ไม่ได้ใส่วัสดุปรับปรุงดิน (high Cd) > เป็นซังข้าวโพดเป็นวัสดุปรับปรุงดิน (CC) โดยต้นข้าวที่ปลูกโดยใช้ซังข้าวโพดเป็นวัสดุปรับปรุงดิน จะมีปริมาณแคดเมียมในรากต่ำสุด ที่ 594.32±40.59 mg Cd/kg Dry Weight) และปริมาณการคายน้ำของต้นข้าวก็ต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้วัสดุอื่นๆ เป็นวัสดุปรับปรุงดิน

-ผลของปริมาณแคดเมียมในลำต้นของต้นข้าวเมื่อใช้วัสดุปรับปรุงดินต่างๆ กัน ซึ่งผลการทดลองพบปริมาณแคดเมียมจากสูงไปต่ำดังนี้ high Cd > CPm ≥ CP ≥ CC โดยการใส่ซังข้าวโพดเป็นวัสดุปรับปรุงดินจะทำให้แคดเมียมที่สะสมในลำต้นข้าวน้อยที่สุดเหลือเพียง 11.07 ± 3.70 mg Cd kg<sup>-1</sup> DW ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณการคายน้ำเมื่อใช้ซังข้าวโพดเป็นสารปรับปรุงดินมีค่าต่ำสุด เหลือเพียง 154.45 ± 12.52 mL แสดงว่าการคายน้ำมีผลต่อปริมาณแคดเมียมที่สะสมในลำต้นโดยตรง

-ผลของปริมาณแคดเมียมในเปลือกข้าวเมื่อใช้วัสดุในการปรับปรุงดินแตกต่างกัน ผลการทดลองพบว่า CPm=high Cd > CP > CC และปริมาณการคายน้ำสะสมของต้นข้าวมีความสัมพันธ์กับปริมาณการสะสมแคดเมียมในเปลือกข้าวโดยพบว่าเมื่อปริมาณแคดเมียมในเปลือกข้าวต่ำ ปริมาณการคายน้ำก็ต่ำด้วย ซังข้าวโพดเป็นวัสดุปรับปรุงดินจะทำให้แคดเมียมที่สะสมในเปลือกข้าวต่ำที่สุด

เหลือเพียง  $2.47 \pm 0.82 \text{ mg Cd kg}^{-1} \text{ DW}$  และพบปริมาณแคดเมียมในเปลือกข้าวเมื่อใช้ขุยมะพร้าวที่ปรับสภาพด้วยต่าง (CPm) จะมีค่าสูงสุด คือ  $15.63 \pm 3.10 \text{ mg Cd kg}^{-1} \text{ DW}$

-ผลของน้ำหนักแห้งของต้นข้าว (dry weight) ที่อายุ 50 วัน เมื่อใช้วัสดุการปรับปรุงดินที่แตกต่างกัน พบว่าน้ำหนักแห้งของต้นข้าวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ข้าวก็สามารถเจริญเติบโตได้ดีแต่เมื่อถึงเวลาเก็บเกี่ยวข้าวจะไม่มีเมล็ดการทดลองจึงวิเคราะห์เฉพาะเปลือกข้าวเท่านั้น

-เมื่อใช้ขี้ข้าวโพดเป็นวัสดุเหลือทิ้งปรับปรุงดินพบว่าปริมาณแคดเมียมที่เหลืออยู่ในดินหลังจากปลูกข้าวได้ 40 วัน มีปริมาณแคดเมียมประมาณ  $1.23 \pm 0.08 \text{ mg Cd/kg dry weight}$  ซึ่งค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับใช้วัสดุอื่นเป็นสารปรับปรุงดิน จึงทำให้โอกาสที่แคดเมียมเข้าไปสะสมในส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ราก ลำต้น และเมล็ด ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับใช้วัสดุตัวอื่นในการปรับปรุงดิน

-การศึกษาค่าพีเอชของน้ำในการปลูกข้าว เมื่อใช้วัสดุขี้ข้าวโพด (CC) ขุยมะพร้าว (CP) ขุยมะพร้าวที่ปรับสภาพด้วยต่าง (CPm) พบว่าเมื่ออายุของต้นข้าวในวันที่ 30 ค่าพีเอชมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งนี้อาจเนื่องจาก พวก organic ligands และ inorganic ligands ที่อยู่บริเวณรากพืช เช่น  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  จะจับกับแคดเมียมทำให้มีผลต่อค่าพีเอชเพิ่มขึ้น

### ข้อเสนอแนะ

-ควรจะมีการนำพันธุ์ข้าวที่หลากหลายชนิดมาทำการปลูกในดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมเพื่อจะทำการเปรียบเทียบการสะสมแคดเมียมใน ราก ลำต้น และเมล็ด เมื่อสายพันธุ์แตกต่างกัน

-ควรจะนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดอื่น ๆ ตลอดจนไบโอชาร์ (biochar) มาเป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อเปรียบเทียบการลดการปนเปื้อนของแคดเมียมในส่วนต่างๆ ของข้าว