

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย -
2. โครงการวิจัย การศึกษาติดตามตรวจสอบมลพิษทางดินและเทคโนโลยีบำบัดดินในพื้นที่
พื้นที่ ปนเปื้อน
กิจกรรม -
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) การศึกษาเทคโนโลยีบำบัดดินเพื่อลดการดูดซึมธาตุแคดเมียมของข้าวในพื้นที่การเกษตรที่ปนเปื้อนแคดเมียม
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) Study of soil remediation technology to reduce cadmium absorption of rice crop in cadmium contaminated agricultural area
4. คณะผู้ดำเนินงาน
หัวหน้าการทดลอง นางสาวแววตา พลกุล กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
ผู้ร่วมงาน นางสาววนิดา โนบรรเทา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
นางสาวศราริน กลิ่นโพธิ์กลับ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
นายอนันต์ ทองภู กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

5. บทคัดย่อ

ศึกษาเทคโนโลยีบำบัดดินเพื่อลดการดูดซึมธาตุแคดเมียมของข้าวในพื้นที่การเกษตรที่ปนเปื้อนแคดเมียม โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างดินนาข้าวที่ปนเปื้อนแคดเมียม อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ที่มีปริมาณแคดเมียม 13.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่อนุญาตให้พืชมักได้ในดินทำการเกษตรคือ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นำมาทดลองในกระถางและปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นพืชทดลอง โดยใส่สารแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) อัตรา 3 6 9 และ 12 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการทดลอง พบว่า การใส่สารแมกนีเซียมออกไซด์สามารถลดการดูดซึมแคดเมียมเข้าไปสะสมในเมล็ดลงได้ โดยมีปริมาณแคดเมียมในเมล็ดข้าวเฉลี่ย 0.35-0.42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานของ Codex ที่ยอมให้ปนเปื้อนในเมล็ดข้าวไม่เกิน 0.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และพบว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่สารแมกนีเซียมออกไซด์ให้ผลผลิตข้าวสูงสุดคือ 21.3 กรัมต่อกระถาง รองลงมาคือการใส่สารแมกนีเซียมออกไซด์ 3 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิต 20.4 กรัมต่อกระถาง ซึ่งทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ และได้เลือกอัตราของแมกนีเซียมออกไซด์ไปดำเนินการทดลองในแปลงที่อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB 4 กรรมวิธีๆ ละ 5 ซ้ำ โดยใส่แมกนีเซียมออกไซด์อัตรา 9 12 และ 14 กิโลกรัมต่อไร่ และไม่ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ พบว่า การใส่แมกนีเซียมออกไซด์ทุกอัตรา มีปริมาณแคดเมียมในเมล็ดข้าวอยู่ในช่วง 0.062-0.083 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ และพบว่าปริมาณแคดเมียมมีการสะสมสูงสุดในส่วนราก รองลงมาคือส่วนฟาง ส่วนเมล็ดและส่วนกลบตามลำดับ

Abstracts

Study of soil remediation technology to reduce cadmium absorption of rice crop in cadmium contaminated agricultural area. The experiment was carried out by collecting cadmium

contaminated soil samples. In Mae Sot district, Tak province with the cadmium content of 13.2 mg/kg Which exceeds the standard allowed in agricultural soil is 3 mg/kg. The experiment was carried out in pots and cultivated in Khao Dawk Mali 105 rice varieties using MgO at the rate of 3, 6, 9 and 12 kg/rai.

The results showed that adding MgO can reduce the absorption of Cd. Can accumulate in the seeds. The Cd content in rice grains was an average of 0.35-0.42 mg/kg. The Codex benchmark, which sets the acceptable level of cadmium in rice grains, is 0.4 mg/kg. The method that did not add MgO to rice production was 21.3 g/pot. Followed by adding 3 kg MgO/rai and yielding 20.4 g/pot. Which all processes were not statistically different.

And selected the MgO rates for field trials in Mae Sot District, Tak Province, with RCB 4 experimental design, 5 treatments each with 9, 12 and 14 kg/rai. And do not add MgO. It was found that every MgO application and without the seeds contained low cadmium in the range of 0.062-0.083 which was lower than the Codex standard and found that the Cd had the highest accumulation in the roots. Followed by the straw, Seed and rice husk respectively.

6. คำนำ

พื้นที่ทำการเกษตรที่ปนเปื้อนแคดเมียมในประเทศไทยส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจกรรมของเหมืองแร่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของแคดเมียมในดิน มีการสำรวจเบื้องต้นเกี่ยวกับการปนเปื้อนของธาตุโลหะหนักในประเทศไทย พบว่าแคดเมียมเป็นหนึ่งในธาตุที่สะสมอยู่ในดินและผลผลิตของพืชค่อนข้างสูงจนอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของดินและคุณภาพของผลผลิตพืชที่เป็นอาหาร (พิชิตและสุรสิทธิ์, 2542) และจากการเก็บตัวอย่างดินและเมล็ดข้าวในพื้นที่ปลูกข้าวที่ปนเปื้อนแคดเมียมสูง เป็นพื้นที่เฉพาะแห่งที่มีการสลายตัวของสังกะสี พบว่า ความเข้มข้นของแคดเมียมในตัวอย่างดินอยู่ในช่วง 3.77-284.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณสะสมในเมล็ดข้าวอยู่ในช่วง 0.05- 4.38 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (พิชิตและคณะ, 2546) ซึ่งแคดเมียมในตัวอย่างดินเกินเกณฑ์มาตรฐานที่อนุญาตให้พืชมักได้ในดินทำการเกษตรคือ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ปริดาและคณะ, 2541) และปริมาณแคดเมียมในข้าวสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของ Codex ที่ยอมให้ปนเปื้อนในเมล็ดข้าวไม่เกิน 0.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การบริโภคข้าวที่มีแคดเมียมปนเปื้อนอยู่ อาจทำให้เป็นโรคเรื้อรังหรือเฉียบพลัน เช่น โรคอิตา-อิตา (Hagino, 1958; Yoshioka, 1964)

แนวทางหลักสำหรับการบำบัดหรือฟื้นฟูพื้นที่ที่ปนเปื้อน แบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ การบำบัดในพื้นที่ (In situ) และการบำบัดภายนอกพื้นที่ (Ex situ) (Peng *et al.*, 2009) การบำบัดดินในพื้นที่ปนเปื้อนมีจุดประสงค์ในการเพิ่มความคงสภาพของสารมลพิษ มีข้อดีคือ กระบวนการบำบัดไม่ยุ่งยากและใช้ต้นทุนค่อนข้างต่ำ แต่มีข้อเสียเนื่องจากเป็นเพียงการเปลี่ยนแปลงสภาพการละลายของสิ่งปนเปื้อนให้อยู่ในรูปที่มีการละลายต่ำและไม่ปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม จึงไม่ได้เป็นการกำจัดอย่างแท้จริง และอาจมีการปลดปล่อยสู่สภาพแวดล้อมอีกครั้งเมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป ส่วนการนำดินออกไปบำบัดนอกพื้นที่ปนเปื้อน เป็นการสกัดหรือแยกสารมลพิษออกด้วยวิธีทางเคมี ทางกายภาพหรือทางชีวภาพ โดยมีข้อดีคือ สามารถกำจัดโลหะหนักที่เคลื่อนย้ายได้

ง่ายออกเกือบทั้งหมด แต่มีข้อเสียคือ เรื่องต้นทุนที่สูง ซึ่งไม่เหมาะสมกับพื้นที่ปนเปื้อนที่มีพื้นที่บริเวณกว้าง การใช้วัสดุปรับปรุงดินโดยส่วนใหญ่จะเน้นเรื่องการลดการแพร่กระจายของแคดเมียมโดยการลดการเคลื่อนย้าย (immobilization) โดยกระบวนการดูดซับ (absorption) กระบวนการตกตะกอน (precipitation) หรือการเปลี่ยนสภาพเป็นรูปของแข็ง (solid-phase transformation) กับวัสดุปรับปรุงดินตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ทำให้แคดเมียมอยู่ในรูปที่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ วัสดุปรับปรุงดินที่ใช้มีหลายชนิด เช่น วัสดุฟอสฟอต (อะพาไทต์ หินฟอสเฟต ปุ๋ยฟอสเฟตและกรดฟอสฟอริก) (Nzihou and Sharrock, 2010) ปูนขาว (Gray et al., 2006) อินทรียวตถุ (Park et al., 2011) และแร่ซีโอไลต์ (Friesl et al., 2003) ซึ่งสามารถหาซื้อได้ง่ายและราคาไม่สูงมากนัก โดยการใช้วัสดุดังกล่าวเหล่านี้เพื่อปรับปรุงสภาพดินปนเปื้อนถือเป็นวิธีทางเลือกที่เป็นไปได้ในเชิงปฏิบัติ

ดังนั้นจึงได้ทำงานวิจัยนี้เพื่อให้ได้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการลดการดูดซึมธาตุแคดเมียมของข้าวในพื้นที่ตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของแคดเมียมในดิน เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคข้าวและเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาการปนเปื้อนของแคดเมียมในดินและข้าวต่อไป

7. วิธีดำเนินการ

7.1 อุปกรณ์

1. เมล็ดข้าว พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105
2. แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)
3. กระจกทดลองขนาด 14 นิ้ว
4. อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างดิน ได้แก่ จอบ ท่อเจาะดินสแตนเลส กระจกสแตนเลส พลั่วมือสแตนเลส

ค้อนทองแดง ถุงพลาสติก ถังพลาสติก

5. อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างพืช เช่น ถุงกระดาษ ถุงตาข่าย กรรไกรตัดตัวอย่าง
6. ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) และปุ๋ยสูตร 16-20-0
7. วัสดุวิทยาศาสตร์ ได้แก่ หลอดแก้วย่อยตัวอย่าง ปีกเกอร์แก้ว หลอดพลาสติกสกัดตัวอย่าง
8. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ดินและพืช ได้แก่ กรดซัลฟูริก กรดไนตริก กรดเปอร์คลอริก กรดไฮโดรคลอริก

สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ทองแดง สังกะสี ตะกั่ว แคดเมียม สารหนู แก๊สอาร์กอนและแก๊สไนโตรเจน

9. เครื่องมือวิเคราะห์ ได้แก่ เครื่อง ICP-OES สำหรับวิเคราะห์โลหะหนักและปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง เครื่องวัดการดูดกลืนแสง

7.2 วิธีการ

1. ทดลองในเรือนทดลอง

สุ่มเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ปลูกข้าว อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก จำนวน 2 แปลงที่มีประวัติการปนเปื้อนแคดเมียมในเมล็ดข้าวสูง วิเคราะห์ปริมาณแคดเมียม และคัดเลือกแปลงที่ดินมีการปนเปื้อนแคดเมียมสูง โดยเก็บตัวอย่างดินนำมาทดลองปลูกข้าวในกระถาง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCB) 5 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำ ประกอบด้วย

1. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 2 mole : 1 mole Cd (3 กก./ไร่)
2. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 4 mole : 1 mole Cd (6 กก./ไร่)
3. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 6 mole : 1 mole Cd (9 กก./ไร่)
4. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 8 mole : 1 mole Cd (12 กก./ไร่)
5. ไม่ใส่สาร

เก็บดินจากแปลงนาข้าวเกษตรกร หมู่ที่ 4 ตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก มาผึ่งดินให้แห้งในที่ร่ม บดย่อยดิน และชั่งดิน 10 กิโลกรัม ผสมคลุกเคล้าสารแมกนีเซียมออกไซด์อัตราตามกรรมวิธีทดลองใส่กระถางทดลอง ทิ้งไว้ก่อนปลูกข้าว 1 เดือน รักษาให้ดินมีความชื้นอยู่เสมอ

เพาะเมล็ดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และย้ายต้นกล้าเมื่ออายุ 1 เดือน ปักดำเมื่อวันที่ 26 สิงหาคม 2560 ปักดำในกระถางๆ ละ 4 ต้น ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำของกรมการข้าว สูตร 16-20-0 อัตรา 25 กก. /ไร่ หลังปักดำ 7 วัน และใส่ปุ๋ยยูเรีย ในช่วงข้าวตั้งท้อง อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ รักษาระดับน้ำให้สูงจากดินประมาณ 5 เซนติเมตร

เก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว วันที่ 24 พฤศจิกายน 2560 โดยแยกเป็นส่วนของเมล็ด ต้นข้าว และราก และเก็บตัวอย่างดินในกระถาง สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมและคัดเลือกอัตราแมกนีเซียมออกไซด์ที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพไปทดลองในแปลง

2. ทดลองในแปลงทดลอง

คัดเลือกอัตราของแมกนีเซียมออกไซด์ที่มีประสิทธิภาพจากการทดลองในเรือนทดลอง ไปทดลองในพื้นที่ปลูกข้าวที่ปนเปื้อนแคดเมียม ตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB 4 กรรมวิธีๆ ละ 5 ซ้ำ ประกอบด้วย

1. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 6 mole : 1 mole Cd (9 กก./ไร่)
2. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 8 mole : 1 mole Cd (12 กก./ไร่)
3. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 10 mole : 1 mole Cd (14 กก./ไร่)
4. ไม่ใส่สาร

แมกนีเซียมออกไซด์ที่ใช้ในการทดลองมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 11.43 ค่าการนำไฟฟ้า 228 เดซิซีเมนต่อเมตร และมีปริมาณแคดเมียมทั้งหมด 0.056 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สมบัติทางเคมีของแมกนีเซียมออกไซด์ที่ใช้ในการทดลอง

สมบัติทางเคมี	ค่าวิเคราะห์
pH 1:2	11.43
EC 1:5 (dS/m)	228
Total Cd (mg/kg)	0.056
Total K (mg/kg)	139
Total Mg (mg/kg)	320,467

เตรียมแปลงทดลองขนาด 4x5 เมตร เก็บตัวอย่างดินก่อนทดลองสำหรับวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ผสม แมกนีเซียมออกไซด์อัตราต่างๆ ตามกรรมวิธีทดลอง ที่ไว้ก่อนปักดำ 1 เดือน เตรียมแปลงกล้าโดยเพาะเมล็ดพันธุ์ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปักดำเมื่อต้นกล้าอายุ 1 เดือน วันที่ 3 กรกฎาคม 2561 ระยะปักดำ 25 x 25 เซนติเมตร อัตราปลูก 3 ต้นต่อกอ ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำของกรมการข้าว สูตร 16-20-0 อัตรา 25 กก./ไร่ หลังปักดำ 7 วัน และใส่ปุ๋ยยูเรีย ในช่วงข้าวตั้งท้อง อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่

เก็บเกี่ยวผลผลิตข้าววันที่ 13 พฤศจิกายน 2561 โดยแยกเป็นส่วนของเมล็ด ต้นข้าว และราก และเก็บ ตัวอย่างดินหลังเก็บเกี่ยวสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมในดินและในส่วนต่างๆของต้นข้าว

วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินก่อนปลูกและหลังเก็บเกี่ยวข้าว ได้แก่ วิเคราะห์เนื้อดินโดยวิธี Hydrometer ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก(CEC) สกัดด้วยสารละลาย 1N NH₄OAc, pH 7 (DOA, 2010) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ใช้อัตราส่วนดิน:น้ำ เท่ากับ 1:1 (Peech, 1965) วัดโดยเครื่อง pH meter ค่าการนำไฟฟ้า ใช้อัตราส่วนดิน:น้ำ เท่ากับ 1:5 วิเคราะห์อินทรีย์วัตถุด้วยวิธี Walkley and Black (Nelson and Sommers, 1982) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ สกัดดินด้วยน้ำยา Bray II และโพแทสเซียมที่ แลกเปลี่ยนได้ สกัดดินด้วย 1N NH₄OAc, pH 7 (กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน, 2544) และวัดปริมาณโพแทสเซียม ด้วยเครื่อง Inductively Couple Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES , Perkin Elmer Optima 5300 DV) เทียบกับสารละลายมาตรฐาน

วิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในดิน และส่วนต่างๆของข้าว ด้วยวิธี aqua regia (3:1 HCl : HNO₃) ในหลอดย่อยตัวอย่างแบบเปิด (McGrath and Cunliffe, 1985) วัดปริมาณของโลหะหนักที่สกัดได้ในดินและพืช เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนด้วยเครื่อง Inductively Couple Plasma - Optical Emission Spectrometry (ICP-OES, Perkin Elmer Optima 5300 DV)

วิเคราะห์โลหะหนักในดินในรูปที่พืชดูดซึมได้ (availability forms) โดยน้ำยาสกัด DTPA (Diethylene Triamine Penta Acetic acid pH 7.3) และวิเคราะห์รูปที่แลกเปลี่ยนได้ของแคดเมียม ด้วยน้ำยาสกัด 1N NH₄OAc, pH 7

การบันทึกข้อมูล

1. ผลวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินก่อนและหลังการทดลอง ได้แก่ เนื้อดิน ความเป็นกรด-ด่าง อินทรีย์วัตถุ ค่าการนำไฟฟ้า ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

2. บันทึกข้อมูล ความสูง การแตกกอ จำนวนรวงต่อกอ และ ผลผลิต

3. ข้อมูลผลวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในดินและในส่วนต่างๆของข้าว เพื่อนำมาประเมินประสิทธิภาพ ประสิทธิภาพของสารและวิธีที่เหมาะสมในการลดการดูดซึมแคดเมียมของข้าว

- เวลาและสถานที่

ระยะเวลา (เริ่มต้น-สิ้นสุด)

ตุลาคม 2560 - กันยายน 2562

สถานที่

1. แปลงเกษตรกร อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก พิกัดที่ตั้งแปลง 47Q 458161^E 1843045^N
2. ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร
3. เรือนทดลองกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

8.1 การทดลองในเรือนทดลอง

1. สมบัติดินก่อนการทดลอง

ผลวิเคราะห์สมบัติดินที่ทำการทดลองก่อนปลูกที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่า เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว (Clay loam) ดินเป็นด่างเล็กน้อย (pH 7.7) มีค่าการนำไฟฟ้า (EC) 0.188 เดซิซีเมนต่อเมตร อยู่ในระดับไม่เค็ม ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับปานกลาง (2.80%) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) อยู่ในระดับสูง 26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) อยู่ในระดับสูงเท่ากับ 165 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีแคดเมียมสะสมในดินบนสูงถึง 13.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 2) ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานที่อนุญาตให้พืงมีได้ในดินทำการเกษตร 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ปรีตาและคณะ, 2541) และยังพบว่าการสะสมของแคดเมียมในดินมีปริมาณลดลงตามลำดับชั้นความลึก (ตารางที่ 3) เนื่องจากโดยทั่วไปโลหะที่ปนเปื้อนเนื่องจากอากาศหรือน้ำเสียมักสะสมอยู่ในดินชั้นไทรพรวนซึ่งมีความลึกประมาณ 20 เซนติเมตร จากผิวดิน

ตารางที่ 2 สมบัติดินก่อนปลูกข้าวในกระถางทดลอง

แควตเมียมทั้งหมด (mg/kg)	pH ^{1/} (1:1)	OM ^{2/} (%)	EC 1:5 (dS/m)	Available P (BrayII) ^{3/} (mg/kg)	Exchangeable.K ^{4/} (mg/kg)	Sand %	Silt %	Clay %	เนื้อดิน ^{5/}
13.2	7.7	2.80	0.188	26	165	25.1	40.2	34.7	ร่วนเหนียว

^{1/} Peech (1965) อัตราส่วนดินต่อน้ำ = 1 ต่อ 1

^{2/} Walkley and Black (1934)

^{3/} Bray and Kurtz (1945)

^{4/} Thomas (1992)

^{5/} Bouyoucos Hydrometer method (1962)

ตารางที่ 3 สมบัติดินก่อนทดลองตามระดับชั้นความลึก

ชั้นความลึก (ซม.)	pH (1:1)	CEC (cmol/kg)	OM (%)	แควตเมียม (mg/kg)
0-15	7.7	17.4	2.80	13.2
15-30	8.0	24.3	1.68	8.1
30-50	7.9	16.2	0.81	3.2
50-70	7.9	25.4	0.58	1.2

2. การเจริญเติบโตและผลิตข้าว

การใส่แมกนีเซียมออกไซด์ในอัตราที่สูงขึ้นมีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูง โดยความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวระยะเก็บเกี่ยวอยู่ในช่วง 146-153 เซนติเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการแตกกอของข้าวมีจำนวนต้นตอกเฉลี่ยอยู่ในช่วง 14-15 ต้นตอก จำนวนรวงตอกเฉลี่ย 10-11 รวงตอก ผลผลิตเฉลี่ย 17.9-21.3 กรัมตอก (ตารางที่ 4) ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4 ผลของการใส่แมกนีเซียมออกไซด์อัตราต่างๆ ในดินที่มีการปนเปื้อนแควตเมียมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวชาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในกระถางทดลอง

กรรมวิธี	ความสูงระยะเก็บเกี่ยว (ซม.)	จำนวนต้น/กอ	จำนวนรวง/กอ	น้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก (กรัม/กอ)
1. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 3 กก./ไร่	147	12.0	10	20.4
2. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 6 กก./ไร่	153	11.8	9	20.3
3. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 9 กก./ไร่	146	11.5	10	20.3
4. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 12 กก./ไร่	153	12.0	9	17.9
5. ไม่ใส่สาร	150	10.5	9	21.3
เฉลี่ย	150	11.6	9	20.0
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V.%	1.7	11.6	10.4	10.2

หมายเหตุ ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

กรรมวิธีที่ไม่ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ให้น้ำหนักแห้งเฉลี่ยรวมทุกส่วนสูงสุดคือ 67.51 กรัมต่อกอ รองลงมา คือ การใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 3 กิโลกรัมต่อไร่ ได้น้ำหนักแห้งเฉลี่ยรวมทุกส่วน 65.46 กรัมต่อกอ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยในส่วนต่างๆ ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในกระถางทดลอง

กรรมวิธี	น้ำหนักแห้ง (กรัม/กอ)				รวมทั้งหมด
	เมล็ด	ราก	แกลบ	ฟาง	
1. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 3 กก./ไร่	20.41	2.42	9.39	33.24	65.46
2. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 6 กก./ไร่	20.30	3.50	7.16	33.75	64.71
3. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 9 กก./ไร่	20.29	2.85	8.26	29.88	61.28
4. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 12 กก./ไร่	17.93	3.20	7.74	35.49	64.36
5. ไม่ใส่สาร	21.29	3.15	7.84	35.23	67.51

3. ปริมาณแคดเมียมในส่วนต่างๆ ของข้าว

จากการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในส่วนต่างๆ ของข้าว พบว่า การใส่แมกนีเซียมออกไซด์ในทุกอัตรา มีปริมาณแคดเมียมในส่วนต่างๆ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยในเมล็ดมีปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.35-0.046 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมาตรฐาน Codex (Codex Committee on Food Additives and Contaminants : CCFAC) ยอมให้ปนเปื้อนในเมล็ดข้าวไม่เกิน 0.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Simmons et al., 2005) นอกจากนี้ยังพบว่า การสะสมของแคดเมียมส่วนใหญ่จะสะสมในส่วนรากมากที่สุด รองลงมาคือส่วนฟางข้าวและแกลบ ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ซึ่งความเข้มข้นของแคดเมียมที่ค่อนข้างสูงในใบและต้นข้าว บ่งชี้ถึงความเสี่ยงต่อความเป็นพิษของแคดเมียมต่อข้าว ซึ่งอาจมีผลทำให้ผลผลิตลดลงถึง 40% (Ito and Iimura, 1976; Koshino, 1973) ซึ่งคิดเป็นปริมาณการดูดดึงแคดเมียมเข้าไปสะสมในเมล็ดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.0068-0.0097 มิลลิกรัมต่อกอ โดยกรรมวิธีที่ใส่แมกนีเซียมออกไซด์อัตรา 12 กิโลกรัมต่อไร่ เมล็ดมีการดูดดึงแคดเมียมน้อยที่สุดคือ 0.0068 มิลลิกรัมต่อกอ แต่ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีอื่นทางสถิติ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 6 ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในส่วนต่างๆ ของต้นข้าว(น้ำหนักแห้ง) ที่ปลูกในกระถางทดลอง

กรรมวิธี	ปริมาณแคดเมียมทั้งหมด (มก./กก.)			
	เมล็ด	ราก	แกลบ	ฟาง
1. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 3 กก./ไร่	0.39	26.38	0.19	1.51
2. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 6 กก./ไร่	0.35	31.31	0.16	1.26
3. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 9 กก./ไร่	0.42	25.57	0.21	1.40
4. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 12 กก./ไร่	0.39	35.93	0.17	1.32
5. ไม่ใส่สาร	0.46	34.26	0.18	1.59
เฉลี่ย	0.40	30.69	0.18	1.42
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	32.9	36.4	43.3	23.2

หมายเหตุ ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 7 ปริมาณการดูดดึงแคดเมียมเข้าไปสะสมในส่วนต่างๆ ของต้นข้าว(น้ำหนักแห้ง) ที่ปลูกในกระถางทดลอง

กรรมวิธี	เมล็ด (มก./กอ)	ราก (มก./กอ)	แกลบ (มก./กอ)	ฟาง (มก./กอ)
1. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 3 กก./ไร่	0.0082	0.0666	0.0017	0.0499
2. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 6 กก./ไร่	0.0072	0.1125	0.0012	0.0442
3. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 9 กก./ไร่	0.0084	0.0744	0.0018	0.0414
4. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 12 กก./ไร่	0.0068	0.1170	0.0013	0.0476
5. ไม่ใส่สาร	0.0097	0.1362	0.0014	0.0557
เฉลี่ย	0.0080	0.1013	0.0015	0.0478
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	32.1	87.8	40.7	32.8

หมายเหตุ ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

4. สมบัติดินหลังเก็บเกี่ยวข้าว

สมบัติทางเคมีของดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร หลังเก็บเกี่ยวข้าว พบว่า ทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.18-8.06 ปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.47-3.83 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินก่อนทดลอง ส่วนค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.149-0.163 เดซิซีเมนต่อเมตร ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยอยู่ในช่วง 21.4-23.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าอยู่ในช่วง 109-130 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 8)

การใส่แมกนีเซียมออกไซด์อัตราต่างๆ ไม่มีผลต่อปริมาณแคดเมียมในดิน โดยปริมาณแคดเมียมทั้งหมดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 11.5-12.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แคดเมียมรูปที่แลกเปลี่ยนได้เฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.320-1.387 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและแคดเมียมรูปที่พืชดูดซึมได้เฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.185-4.420 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 8 ผลของการใส่แมกนีเซียมออกไซด์อัตราต่างๆในดินที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมต่อสมบัติทางเคมีของดิน หลังเก็บเกี่ยวข้าวที่ปลูกในกระถางทดลอง

กรรมวิธี	pH (1:1)	OM (%)	EC 1:5 (dS/m)	Available P (Bray II) (mg/kg)	Exchangeable.K (mg/kg)
1. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 3 กก./ไร่	7.98	3.59	0.158	23.0	123 ab
2. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 6 กก./ไร่	7.99	3.61	0.163	22.7	109 a
3. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 9 กก./ไร่	7.99	3.47	0.149	22.5	122 ab
4. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 12 กก./ไร่	8.06	3.61	0.160	23.3	123 ab
5. ไม่ใส่สาร	8.06	3.83	0.152	21.4	130 b
เฉลี่ย	8.01	3.62	0.156	22.6	122
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V.%	1.1	11.5	8.7	6.6	8.9

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดย วิธี DMRT
ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 9 ปริมาณแคดเมียมรูปต่างๆ ในดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวที่ปลูกในกระถางทดลอง

กรรมวิธี	แคดเมียมทั้งหมด (มก./กก.)	รูปที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)	รูปที่พืชดูดซึมได้ (มก./กก.)
1. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 3 กก./ไร่	11.5	1.320	4.274
2. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 6 กก./ไร่	11.6	1.387	4.185
3. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 9 กก./ไร่	12.4	1.357	4.420
4. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 12 กก./ไร่	11.5	1.326	4.208
5. ไม่ใส่สาร	11.9	1.369	4.329
เฉลี่ย	11.8	1.352	4.283
F-test	ns	ns	ns
C.V.%	5.5	5.4	3.4

หมายเหตุ ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

8.2 ผลการทดลองในสภาพแปลงทดลอง

1. สมบัติดินก่อนทดลอง

ผลวิเคราะห์สมบัติดินก่อนปลูกในสภาพแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยอยู่ในช่วง 8.12-8.21 เป็นด่างปานกลาง ค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.105-0.111 เดซิซีเมนต่อเมตร อยู่ในระดับไม่เค็ม มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.17-3.31 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 9.12-9.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ อยู่ในช่วง 23.7-25.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 10) มีปริมาณแคดเมียมทั้งหมด 12.2-12.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 11) ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานที่อนุญาตให้พืชมักมีได้ในดินทำการเกษตรคือ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ปริดาและคณะ, 2541)

ตารางที่ 10 สมบัติทางเคมีของดินก่อนทดลองในสภาพแปลงทดลอง ตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด

จังหวัดตาก						
กรรมวิธี	pH (1:1)	OM (%)	EC 1:5 (dS/m)	Available P (Bray II) (mg/kg)	Exchangeable.K (mg/kg)	
1. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 9 กก./ไร่	8.14	0.108	3.31	9.24	23.7	
2. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 12 กก./ไร่	8.21	0.105	3.17	9.35	24.1	
3. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 14 กก./ไร่	8.20	0.111	3.24	9.18	24.2	
4. ไม่ใส่สาร	8.12	0.107	3.23	9.12	25.5	
เฉลี่ย	8.17	0.108	3.24	9.22	24.4	
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	
C.V.%	1.2	5.5	6.7	9.1	12.0	

หมายเหตุ ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 11 ปริมาณแคดเมียมรูปต่างๆ ในดินก่อนทดลองที่ปลูกในแปลงทดลองตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

กรรมวิธี	แคดเมียมทั้งหมดในดิน (มก./กก.)	แคดเมียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)	แคดเมียมที่พืชดูดซึมได้ (มก./กก.)
1. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 9 กก./ไร่	12.2 a	0.362	3.987
2. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 12 กก./ไร่	12.3 ab	0.366	4.114
3. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 14 กก./ไร่	12.7 b	0.378	4.219
4. ไม่ใส่สาร	12.6 ab	0.376	4.256
เฉลี่ย	12.4	0.371	4.144
F-test	ns	ns	ns
C.V.%	2.3	7.9	4.7

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT
ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

2. การเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว

ความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวระยะเก็บเกี่ยวที่ปลูกในแปลงทดลองอยู่ในช่วง 151-153 เซนติเมตร ส่วนการแตกกอของข้าวมีจำนวนต้นต่อกอค่าเฉลี่ย 11-12 ต้นต่อกอ และจำนวนรวงต่อกอเฉลี่ย 10-11 รวงต่อกอ ส่วนผลผลิตข้าวที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยอยู่ในช่วง 831-881 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 12) กรรมวิธีที่ไม่ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ให้ผลผลิตสูงสุดคือ 881 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับน้ำหนักแห้งเฉลี่ย ที่พบว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ให้น้ำหนักแห้งรวมทุกส่วนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 2,182 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 12 ผลของการใส่แมกนีเซียมออกไซด์อัตราต่างๆในดินที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว ที่ปลูกในแปลงทดลอง ตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

กรรมวิธี	ความสูงระยะเก็บเกี่ยว (ซม.)	จำนวนต้น/กอ	จำนวนรวง/กอ	ผลผลิต กก./ไร่ (ความชื้น 14%)
1. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 9 กก./ไร่	153	11	10	831
2. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 12 กก./ไร่	153	12	11	864
3. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 14 กก./ไร่	151	12	10	834
4. ไม่ใส่สาร	154	12	11	881
เฉลี่ย	153	12	11	853
F-test	ns	ns	ns	ns
CV%	2.5	8.5	10.0	6.2

หมายเหตุ ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 13 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยในส่วนต่างๆ ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในแปลงทดลอง ตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอมะสอย จังหวัดตาก

กรรมวิธี	น้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)				รวมทั้งหมด
	เมล็ด	ราก	แกลบ	ฟาง	
1. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 9 กก./ไร่	583	49	163	1,092	1,887
2. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 12 กก./ไร่	704	53	210	1,210	2,178
3. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 14 กก./ไร่	612	59	183	1,136	1,989
4. ไม่ใส่สาร	699	70	208	1,204	2,182

3. ปริมาณแคดเมียมในส่วนต่างๆ ของต้นข้าว

จากการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในส่วนต่างๆ ของต้นข้าว (ตารางที่ 14) พบว่า ปริมาณแคดเมียมในเมล็ดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานในทุกกรรมวิธี รวมถึงกรรมวิธีที่ไม่ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ และไม่แตกต่างกันทางสถิติ จึงไม่สามารถบอกได้ว่า การใส่สารแมกนีเซียมออกไซด์สามารถลดการดูดซับแคดเมียมเข้าไปสะสมในเมล็ดได้ ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในเมล็ดข้าวเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.062-0.089 ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานของ Codex ที่ยอมให้ปนเปื้อนในเมล็ดข้าวกล้องได้ไม่เกิน 0.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งแตกต่างจากการทดลองในกระถาง (ตารางที่ 6) ที่พบว่า ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยในเมล็ดสูงถึง 0.46 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ขณะที่ปริมาณแคดเมียมในดินที่ใช้ทดลองในกระถางและในแปลงทดลองมีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยช่วงที่ทำการทดลองระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม มีฝนตกในพื้นที่ ปริมาณน้ำฝนที่วัดจากสถานีอุตุนิยมวิทยาแม่สอย อำเภอมะสอย จังหวัดตาก พบว่า ปริมาณน้ำฝนมีปริมาณมาก วันที่ 27 กรกฎาคม 2561 มีฝนตกหนัก วัดได้สูงถึง 105 มิลลิเมตร (ภาพที่ 1) ส่งผลให้เกิดน้ำหลากและน้ำล้นคันกันระหว่างแปลงย่อย ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลการทดลองในทุกกรรมวิธี ไม่มีความแตกต่างกัน จำเป็นต้องมีการทดลองซ้ำ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง

ตารางที่ 14 ปริมาณแคดเมียมในส่วนต่างๆ ของข้าว ที่ปลูกในแปลงทดลอง ตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอมะสอย จังหวัดตาก

กรรมวิธี	แคดเมียม	แคดเมียม	แคดเมียม	แคดเมียม
	ทั้งหมดในเมล็ด (มก./กก.)	ทั้งหมดในแกลบ (มก./กก.)	ทั้งหมดในฟาง (มก./กก.)	ทั้งหมดในราก (มก./กก.)
1. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 9 กก./ไร่	0.076	0.053	0.348	7.37
2. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 12 กก./ไร่	0.062	0.039	0.267	8.02
3. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 14 กก./ไร่	0.083	0.053	0.326	7.25
4. ไม่ใส่สาร	0.089	0.070	0.288	7.13
เฉลี่ย	0.077	0.054	0.307	7.45
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	45.0	53.3	41.5	10.4

หมายเหตุ ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 15 ปริมาณการดูดดึงแคดเมียมเข้าไปสะสมในส่วนต่างๆ ของต้นข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในแปลงทดลอง ตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

กรรมวิธี	เมล็ด (กรัม/ไร่)	ราก (กรัม/ไร่)	แกลบ (กรัม/ไร่)	ฟาง (กรัม/ไร่)
1. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 9 กก./ไร่	0.2050	0.3585	0.0083	0.0997
2. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 12 กก./ไร่	0.1872	0.4503	0.0080	0.0751
3. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 14 กก./ไร่	0.1942	0.4209	0.0090	0.0937
4. ไม่ใส่สาร	0.1980	0.4957	0.0149	0.1073
เฉลี่ย	0.1961	0.4313	0.01	0.0939
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	38.1	17.5	63.8	42.5

หมายเหตุ ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

4. สมบัติดินหลังเก็บเกี่ยวข้าว

การใส่แมกนีเซียมออกไซด์อัตรา 9-14 กิโลกรัมต่อไร่ไม่ส่งผลให้สมบัติทางเคมีของดินมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 16) รวมถึงปริมาณแคดเมียมรูปต่างๆในดิน ก็ไม่มีความแตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับผลวิเคราะห์ดินก่อนทดลอง (ตารางที่ 10) ก็พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 16 ผลของการใส่แมกนีเซียมออกไซด์อัตราต่างๆในดินที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมต่อสมบัติทางเคมีของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าว ที่ปลูกในแปลงทดลอง ตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

กรรมวิธี	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (%)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)
1. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 9 กก./ไร่	8.11	0.141	2.98	8.83	24.48
2. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 12 กก./ไร่	8.12	0.137	2.92	9.15	23.76
3. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 14 กก./ไร่	8.12	0.142	3.07	8.69	24.50
4. ไม่ใส่สาร	8.13	0.145	3.0	9.25	25.19
เฉลี่ย	8.12	0.141	2.99	8.98	24.48
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V.%	1.1	5.6	7.8	6.2	10.4

หมายเหตุ ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 17 ปริมาณแคดเมียมรูปต่างๆ ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าว ที่ปลูกในแปลงทดลอง ตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

กรรมวิธี	แคดเมียมทั้งหมดในดิน (มก./กก.)	แคดเมียมที่ แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)	แคดเมียมที่พืชดูดซึมได้ (มก./กก.)
1. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 9 กก./ไร่	12.55 a	0.358	4.226 a
2. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 12 กก./ไร่	12.72 a	0.359	3.849 a
3. ใส่แมกนีเซียมออกไซด์ 14 กก./ไร่	12.98 a	0.380	4.014 a
4. ไม่ใส่สาร	12.80 a	0.362	4.053 a
เฉลี่ย	12.76	0.365	4.035
F-test	ns	ns	ns
C.V.%	4.5	5.9	8.4

หมายเหตุ ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. การทดลองปลูกข้าวในกระถางโดยการใส่แมกนีเซียมออกไซด์ อัตรา 3-12 กิโลกรัมต่อไร่ ในดินที่มีปริมาณแคดเมียม 13.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สามารถลดการดูดซึมแคดเมียมเข้าไปสะสมในเมล็ดข้าวได้ 0.35-0.42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และแคดเมียมมีการสะสมสูงสุดในส่วนราก รองลงมาคือในส่วนฟาง เมล็ดและแกลบ ตามลำดับ

2. การปลูกข้าวในแปลงทดลองโดยการใส่สารแมกนีเซียมออกไซด์อัตรา 9-14 กิโลกรัมต่อไร่ ในดินที่มีปริมาณแคดเมียม 12.2-12.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีปริมาณแคดเมียมสะสมในเมล็ดข้าวที่ต่ำอยู่ในช่วง 0.062-0.083 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของ Codex ที่ยอมให้ปนเปื้อนในเมล็ดข้าว ไม่เกิน 0.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุมที่ไม่มีการใส่สารแมกนีเซียมออกไซด์

3. แคดเมียมมีการสะสมสูงสุดในดินบน และมีปริมาณลดลงตามลำดับชั้นความลึก

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

นักวิจัยและผู้สนใจสามารถนำข้อมูลการบำบัดดินโดยใช้แมกนีเซียมออกไซด์ เพื่อลดการดูดซึมธาตุแคดเมียมเข้าไปสะสมในเมล็ดข้าว ไปใช้ในการพัฒนางานวิจัยและทำการศึกษาวิจัยต่อไปในด้านการลดมลพิษทางดินในพื้นที่การเกษตรได้

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี)

ผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สำนักงานเกษตรอำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ที่สนับสนุนข้อมูลและช่วยประสานงานกับเกษตรกรในพื้นที่ที่ดำเนินการทดลองในครั้งนี้

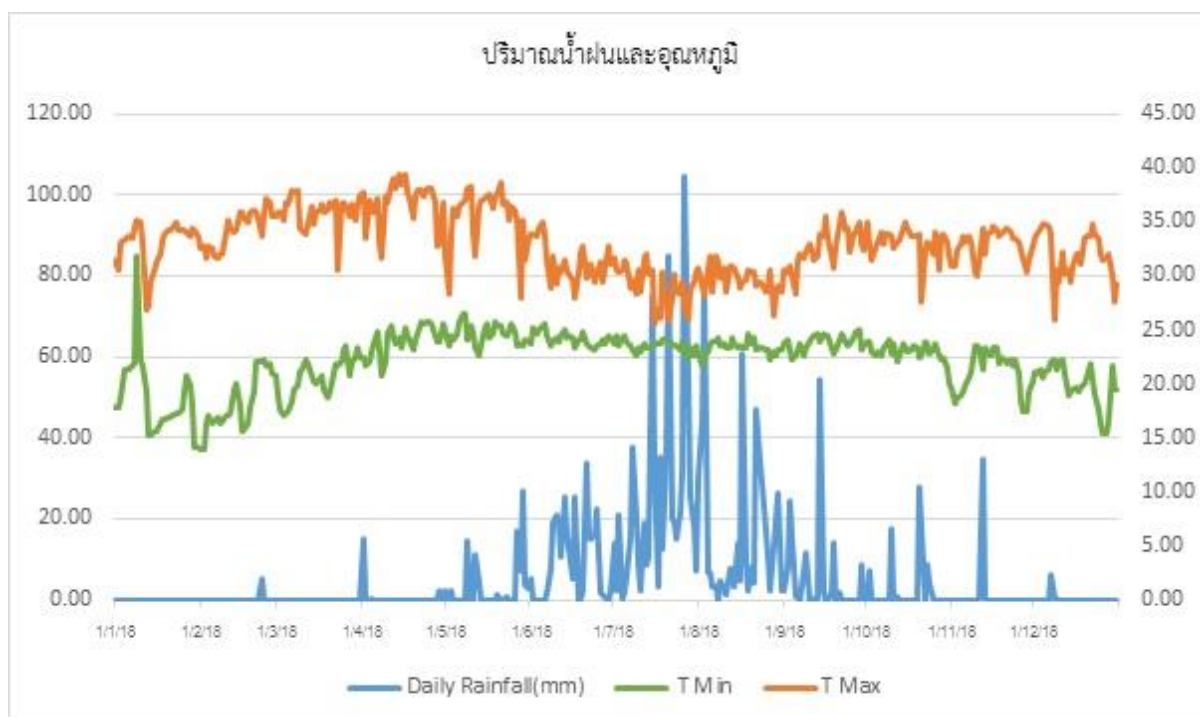
12. เอกสารอ้างอิง

กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน. 2544. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. เอกสารวิชาการ กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพฯ. 164 หน้า.

- ปรีดา พากเพียร อภิลิทธิ เอี่ยมหน่อ ไอนซ์ เอ็การ์ตท และธวัชชัย ณ นคร. 2541. โลหะหนัก: แหล่งที่มา ค่ามาตรฐาน และการทำปฏิกิริยากับดิน. วารสารดินและปุ๋ย. 20: 41-49.
- พิชิต พงษ์สกุล และ สุรสิทธิ์ อรรถจารุสิทธิ์. 2542. การประเมินความปนเปื้อนของธาตุโลหะหนักในดิน. วารสารดินและปุ๋ย. 21: 71-82.
- พิชิต พงษ์สกุล Robert Simmons วนิตา โนบรรเทา และสุรทิน แก้วโรจน์. 2546. ความเข้มข้นของสังกะสี เหล็กและแคดเมียมในข้าวและถั่วเหลืองที่ปลูกในดินที่มีสังกะสีและแคดเมียมสูง. วารสารดินและปุ๋ย. 25: 86-102.
- Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agronomy Journal* 54:464-465.
- Bray, R.H., and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus In soils. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- Friest, W., E. Lombi, O. Horak, and W. Wenzel. 2003. Immobilization of heavy metals in soils using inorganic amendments in a greenhouse study. *Journal of Plant nutrition and soil Science* 166: 191-196.
- Grant W. Thomas 1982. Exchangeable Cations. P. 159-161 In A.L. Page et al. (ed) *Method of soil analysis. Part 2*. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA, Madison, WI.
- Gray, C.W., S.J. Dunham, P.G. Dennis, F.J. Zhao, and S.P. McGrath. 2006. Field evaluation of in situ remediation of a heavy metal contaminated soil using lime and red-mud. *Environmental Pollution* 142: 530-539.
- Hagino, N. 1968. Study of Itai-itai disease, 13th Annu. Meet. Toyama Med. Soc.(J) Cited in Kitagishi, K. and Yamane, I., Eds., *Heavy metal pollution in soils of Japan*, Japan Science Society Press, Tokyo.
- Ito, H. and K., Iimura, 1976. The absorption and translocation of cadmium in rice plants and its influence on their growth in comparison with zinc. *Bull. Hokuriku Natl. Agric. Exp. Stn.*, 19:71-139 ZJ, e)
- Koshino, M., 1973. Cadmium uptake by rice plant and wheat as affected by the application of phosphate and several metal elements. *Bull. Natl. Inst. Agric. Sci., Ser. B*, 24:1-51.
- Nelson, D. W. and Sommer, L. E. 1982. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic matter. pp 539-579. In *Method of soil analysis, part 2. Chemical and Microbiology Properties. Agronomy Monograph 9 (2nd) ASA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA.*
- Nzihou, A., and P. Sharrock. 2010. Role of phosphate in the remediation and reuse of heavy metal polluted wastes and sites. *Waste Biomass* 1: 163-174.

- Park, J.H., D. Lamb, P. Paneerselvam, G. Choppala, N.Bolan, and J.W.Chung. 2011. Role of organic amendments on enhanced bioremediation of heavy metal(loid) contaminated soils. *Journal of Hazardous Materials* 185: 549-574.
- Peech, M. 1965. Soil pH by grass electrode pH meter, pp 914-925. In C.A. Black, D.D. Evans, R.L. White, L.E.Ensminger, F.E. Clack, and R.C. Dinsuer (eds). *Method of soil analysis part 2: Physical and Menerological Propertics, Inching Statistics of Measurement and Sampling* American Society of Agronomy Inc., Publisher Madison, USA.
- Peng, J.F., Y. Song, P. Yuan, X Cui, and G. Qie. 2009. The remediation of heavy metals contaminated sediment. *Journal of Hazardous Materials* 161: 633-640.
- Simmons R.W., P. Pongsakul., D. Saiyisitpanich., and S. Klinphoklap, 2005. Elevated levels of Cd In rice grain downstream of a zinc mineralized area in Thailand : Implications for public health. *Environmental. Geochemistry and Health* 27: 501-511.
- Walkley,A. and J.A. Black. 1934. An examination of the degtijaiieff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38.
- Yoshioka, K., 1964. Epidemiological study on the relationship between Itai-itai disease and mining nuisance, *Yamaguchi Med. J.*, 13, 146-170.

13. ภาคผนวก



ภาพที่ 1 ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิอากาศ ที่สถานีอุตุนิยมวิทยาแม่สอด อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ระหว่าง เดือนมกราคม - ธันวาคม 2560