

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 เถ้าหนัก

เถ้าหนักที่ใช้ในการศึกษาได้บรรจุในกระสอบนำมาจากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าที่อำเภอแม่เมาะ หน่วยที่ 13 เมื่อวันที่ 18 พฤษภาคม 2548 แล้วนำมาผึ่งให้แห้งและร่อนด้วยตะแกรงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ซม. × 2 ซม. ผสมคลุกเคล้ากันจนทั่วแล้วสุ่มตัวอย่างนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบและสมบัติทางเคมี (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 เถ้าหนักที่ใช้ในการวิจัย

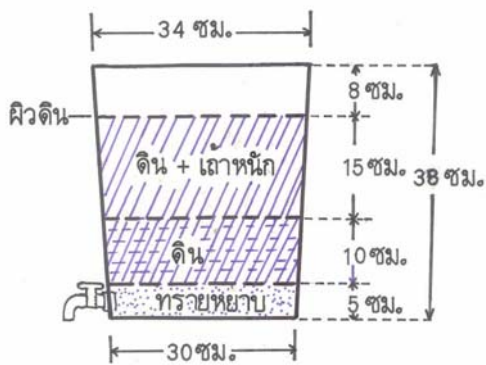
3.2 ดิน

ดินที่ใช้ในการทดลองใช้ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay loam) จากแปลงทดลองในศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ดินดังกล่าวเป็นตัวแทนดินใน Great Group: Paleaquults ซึ่งเป็นดินส่วนใหญ่ที่ใช้ในการเกษตรพบมากในที่ราบลุ่มของจังหวัดเชียงใหม่ (Chiang Mai University, 1980; Wivutvongvana and Jiraporncharoen, 1995) ก่อนบรรจุดินลงกระถางได้ขุดดินจากแปลงทดลอง ลึก 0-15 ซม. นำมาผึ่งให้มีความชื้นประมาณ 10 % ซึ่งเหมาะสมต่อการเตรียมดิน จากนั้นได้ทำการย่อยดินให้ผ่านตะแกรงขนาด 1 ซม. × 2 ซม. ผสมคลุกเคล้ากันจนทั่วสำหรับใช้ในการทดลอง โดยใช้ดิน 30 กก./กระถาง โดยก่อนการปลูกพืช (ก่อนใส่ปุ๋ยและเถ้าหนัก) และหลังการเก็บเกี่ยวพืชแต่ละครั้ง ได้ทำการเก็บตัวอย่างดินในแต่ละกระถางเพื่อวิเคราะห์หา pH, O.M., P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, B และโลหะหนัก Cr, Ni, Co, Pb และ Cd

ก่อนการปลูกพืช 1 วันได้ทำการใส่ปุ๋ยตามอัตราที่กำหนดไว้ในแต่ละกระถาง โดยคลุกเคล้ากับหน้าดินลึก 15 ซม. หลังจากนั้นทำการใส่ปุ๋ย 16-20-0 และ 16-16-16 เป็นปุ๋ยรองพื้นในอัตรา 5 กรัม/กระถาง สำหรับข้าวและข้าวโพดตามลำดับ โดยคลุกกับหน้าดินลึก 10 ซม.

3.3 กระถางที่ใช้ทำการทดลอง

กระถางที่ใช้ในการทดลองเป็นถังพลาสติก (PVC) สูง 38 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางด้านบนและด้านล่างเท่ากับ 34 และ 30 ซม. ตามลำดับ โดยที่ด้านข้างส่วนล่างของถังเจาะเป็นรูที่มีท่อ PVC ปิด-เปิดไว้สำหรับเก็บตัวอย่างสารละลายที่ชะล้างลงสู่ส่วนล่าง (leachate) (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 ภาพจำลองของกระถางและกระถางที่ใช้จริงในการทดลอง

3.4 เวลาและสถานที่ทำการทดลอง

เพื่อความละเอียดถูกต้องในข้อมูลพื้นฐาน การศึกษาอิทธิพลของเจ้าหน้าที่ได้ทำการทดลองในกระถางตั้งไว้กลางแจ้งในแปลงทดลองของศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2549

3.5 วิธีการดำเนินการทดลอง

แผนการทดลองประกอบด้วย 6 อัตราของเถ้านักดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 ใน randomized complete block จำนวน 4 ซ้ำ (replication)

ตารางที่ 1 อัตราของเถ้านัก (treatment) ที่ใช้ในการทดลองในกระถาง

Treatment	อัตราเถ้านัก	
	(กรัม/น.ดิน 30 กก.)	(ตัน/ไร่) ^{1/}
T ₁	0	0
T ₂	50	0.5
T ₃	100	1.0
T ₄	200	2.0
T ₅	400	4.0
T ₆	1,600	16.0

^{1/} คำนวณโดยประมาณจากน้ำหนักดิน 1 ไร่ ชั้นไผพรวน (300,000 กก./ไร่)

ในการศึกษาอิทธิพลของเถ้านัก ได้ใช้ข้าว (*Oryza sativa* L.) และข้าวโพด (*Zea mays* L.) เป็นพืชทดสอบปลูกติดต่อกัน 2 ครั้ง ดังต่อไปนี้

3.5.1 การปลูกข้าวและข้าวโพดในกระถางครั้งที่ 1

ก่อนการปลูกพืช 1 วัน ได้ทำการใส่เถ้านักตามอัตราที่กำหนดในแต่ละกระถาง โดยคลุกเคล้ากันอย่างทั่วถึงกับหน้าดินลึก 0-15 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 1 หลังจากนั้นได้ใส่ปุ๋ย 16-20-0 และ 16-16-16 กระถางละ 5 กรัม ก่อนการปลูกข้าวและข้าวโพดตามลำดับ การใส่ปุ๋ยใส่โดยการคลุกเคล้ากับหน้าดินลึก 0-10 ซม.

ได้ทำการปลูกข้าว (พันธุ์ปทุมธานี 60) เมื่อวันที่ 29 มิถุนายน 2548 โดยการย้ายกล้า (เพาะกล้าเมื่อวันที่ 6 มิถุนายน 2548) กระถางละ 2 จับ (กอบ) จับละ 2 ต้น ห่างกัน 15 ซม. ปิดก๊อกร PVC ด้านล่างให้น้ำท่วมขังและรักษาระดับน้ำเหนือผิวดิน 5 ซม. ตลอดระยะเวลาของการเจริญเติบโต

เมื่อต้นข้าวเริ่มตั้งท้อง ได้ทำการเก็บเกี่ยวต้นข้าว 1 กอในแต่ละกระถาง เมื่อวันที่ 10 สิงหาคม 2548 (ประมาณ 6 สัปดาห์หลังการย้ายกล้า) เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารและโลหะหนักในต้นพืช ส่วนอีก 1 กอที่เหลือ ได้ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อวันที่ 6 ตุลาคม 2548 (อายุ 120 วันนับจากวันเพาะเมล็ด) เพื่อชั่งน้ำหนักและวิเคราะห์หาความเข้มข้นของโลหะหนักในเมล็ดข้าว

ทำการหยอดเมล็ดข้าวโพด(พันธุ์ CPD888) เมื่อวันที่ 13 กรกฎาคม 2548 กระจายละ 10 เมล็ด ทั้งนี้เพื่อใช้ศึกษาความสามารถในการงอกและโผล่เหนือผิวดินของต้นกล้า(seedling emergence)วิธีการหยอดเมล็ดได้ใช้แผ่นไม้กลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.5 ซม. มีเดือขนาดแท่งดินสอยาว 2.5 ซม.ติดที่ขอบโดยมีระยะห่างที่เท่ากันจำนวน 10 เดือ (รูปที่3) เมื่อกดแผ่นไม้ดังกล่าวลงบนผิวดินจะได้หลุมสำหรับทำการหยอดเมล็ดซึ่งจะทำให้หลุมที่ได้มีความสม่ำเสมอของระยะห่างและความลึกเท่าๆกันสำหรับหยอดเมล็ด หลังจากหยอดเมล็ดได้ 10 วันทำการนับจำนวนต้นกล้าข้าวโพดที่โผล่เหนือผิวดินแล้วถอนต้นกล้าออกให้เหลือต้นที่แข็งแรงกระจายละ 2 ต้น โดยจะให้น้ำกระจายละ 3 ลิตร(ประมาณ field capacity)โดยใช้ภาชนะตวง ในกรณีของข้าวโพดนั้นที่ด้านล่างได้ทำการเปิดก๊อก PVC ตลอดระยะเวลาของการเจริญเติบโต



รูปที่ 3 แสดงแผ่นไม้สำหรับการหยอดเมล็ดของข้าวโพดและวิธีการหยอดเมล็ดข้าวโพด

ในทำนองเดียวกัน ข้าวโพดที่ปลูกจำนวน 2 ต้น/กระจายเมื่อวันที่ 13 กรกฎาคม 2548 ได้ทำการเก็บเกี่ยว 1 ต้น เมื่ออายุ 6 สัปดาห์เมื่อวันที่ 23 สิงหาคม 2548 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารและโลหะหนักในใบพืช สำหรับอีก 1 ต้นที่เหลือได้ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อข้าวโพดแก่เต็มที่ เมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2548 (อายุ 100 วัน) เพื่อหาน้ำหนักและความเข้มข้นของโลหะหนักในเมล็ด

วิธีการเก็บ leachate จากกระถางปลูกข้าวและข้าวโพด เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชและโลหะหนัก จะได้กล่าวในหัวข้อถัดไป การปลูกพืชทดสอบครั้งที่ 1 นี้ ได้ทำการเก็บ leachate ทุก 3 สัปดาห์ รวม 5 ครั้งจากกระถางพืชแต่ละชนิด (รวมทั้งหมด 10 ครั้งสำหรับพืชทั้ง 2 ชนิด) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2 โดยการเก็บครั้งที่ 1,3, และ 5 ได้ทำการวิเคราะห์ pH, EC (electrical conductivity), ธาตุอาหารพืชและโลหะหนัก ส่วนการเก็บครั้งที่ 2 และ 4 วิเคราะห์เฉพาะ pH และ EC

ตารางที่ 2 เวลาที่ทำการเก็บ leachate จากกระถางข้าวและข้าวโพดเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ธาตุอาหารพืชและโลหะหนัก ในการปลูกพืชทดสอบครั้งที่ 1

ครั้งที่	กระถางข้าว	กระถางข้าวโพด	การวิเคราะห์หา
1	4 ก.ค. 48	1 ส.ค. 48	pH, EC, ธาตุอาหารพืชและโลหะหนัก
2	25 ก.ค. 48	22 ส.ค. 48	pH และ EC
3	15 ส.ค. 48	12 ก.ย. 48	pH, EC, ธาตุอาหารพืชและโลหะหนัก
4	5 ก.ย. 48	3 ต.ค. 48	pH และ EC
5	3 ต.ค. 48	17 ต.ค. 48	pH, EC, ธาตุอาหารพืชและโลหะหนัก

ในกรณีของข้าวซึ่งปลูกในสภาพน้ำขัง ได้ทำการวัดค่า redox potential (Eh) และ pH โดยตรงในกระถางลึกจากผิวดินประมาณ 5 ซม. เมื่อวันที่ 1 กันยายน 2548 (ระยะเริ่มออกดอก) และวันที่ 3 ตุลาคม 2548 (ก่อนการเก็บเกี่ยว) ในการวัด Eh ได้ใช้ combined electrode ซึ่งประกอบด้วย platinum electrode ควบคู่กับ silver/silver chloride electrode อ่านโดย pH-meter ซึ่งสามารถทำงานได้โดยใช้แบตเตอรี่

3.5.2 การปลูกข้าวและข้าวโพดในกระถางครั้งที่ 2

หลังจากที่ได้เก็บเกี่ยวข้าวและข้าวโพดที่ปลูกในกระถางครั้งแรก ได้ทำการคลุกเคล้าดินและเก็บตัวอย่างดินในแต่ละกระถางเพื่อการวิเคราะห์ทางเคมี หลังจากนั้นได้ใส่ปุ๋ยรองพื้น (16-20-0 สำหรับข้าวและ 16-16-16 สำหรับข้าวโพด) และเจ้าหน้าที่ตามอัตราเดิมที่กำหนดไว้ในแต่ละ treatment (T₁-T₆) ในกรณีของข้าวนอกจากใส่ปุ๋ย 16-20-0 รองพื้นแล้วยังได้ใส่ KCl กระถางละ 3 กรัม ทั้งนี้เนื่องจากผลการวิเคราะห์ดินพบว่าความเป็นประโยชน์ของ K ในดินอยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำ วิธีการใส่เจ้าหน้าที่และปุ๋ยรวมทั้งการปลูกข้าวและข้าวโพด ได้ปฏิบัติเช่นเดียวกันกับที่ได้กระทำในครั้งแรก อย่างไรก็ตามในการปลูกพืชทดสอบในครั้งที่ 2 นี้ ได้ทำการย้ายกล้า (อายุ 25

วัน) ปลูกเพียง 1 จับ (2 ต้น) ต่อกระถางเมื่อวันที่ 18 ตุลาคม 2548 และปลูกข้าวโพด 1 ต้น/กระถาง เมื่อวันที่ 27 ตุลาคม 2548

ผลจากการศึกษาในการปลูกพืชทดสอบในครั้งแรก ในการปลูกพืชครั้งที่ 2 นี้ ได้ กำหนดการเก็บ leachate จำนวน 2 ครั้ง ในแต่ละพืชตามเวลาที่แสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เวลาที่ทำการเก็บ leachate จากกระถางข้าวและข้าวโพดในการทดลองครั้งที่ 2 เพื่อ วิเคราะห์สมบัติทางเคมี

ครั้งที่	อายุพืช	กระถางข้าว	กระถางข้าวโพด
1	6 สัปดาห์ ^{1/}	28 พ.ย. 48	6 ธ.ค. 48
2	ก่อนเก็บเกี่ยว	20 ก.พ. 49	30 ม.ค. 48

1/ ก่อนการเก็บ leachate ได้วัดค่า redox potential (Eh) ของดินสภาพน้ำขังในกระถาง โดยตรง

3.6 การเก็บ leachate

ในกรณีของกระถางที่ปลูกข้าว ดินอยู่ในสภาพน้ำขังโดยมีน้ำท่วมขัง 5 ซม. เหนือระดับผิวดิน สามารถเก็บ leachate ได้ทันทีโดยการเปิดก๊อกด้านล่างของกระถาง และใช้ภาชนะ (แกลลอนพลาสติก) รองรับจนน้ำระบายออกจนหมด ซึ่งจะได้ leachate ประมาณ 5 ลิตร สำหรับในกรณีของข้าวโพด เมื่อจะทำการเก็บ leachate ต้องปิดก๊อกด้านล่างก่อนแล้วทำให้ดินอึดตัวด้วยน้ำ แล้วจึงเติมน้ำให้ได้ระดับ 5 ซม. เหนือผิวดิน หลังจากดินอึดตัวด้วยน้ำ 1 ชั่วโมง จึงเปิดก๊อกด้านล่างเพื่อรองรับ leachate เมื่อน้ำระบายออกจนหมดจะได้ leachate ประมาณ 5 ลิตร เช่นเดียวกันกับในกรณีของข้าว

3.7 การวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์ทางเคมีของตัวอย่างดิน ตัวอย่างพืช และ leachate ได้ดำเนินการโดยห้องปฏิบัติการ 3 แห่งดังนี้

1. ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ :
วิธีการวิเคราะห์ได้สรุปไว้ในตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4 วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี

	วิธีการวิเคราะห์
pH	ดิน:น้ำ 1:1 วัดด้วย pH meter
EC	ดิน:น้ำ 1:1 วัดด้วย EC meter
O.M.	Walkey & Black method

ตารางที่ 5 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

ตัวอย่างดิน	วิธีการวิเคราะห์
<u>Macronutrient</u>	
Extractable P	Bray I method
Extractable K	1 M NH ₄ OAc; pH 7.0 extraction with flame photometer
Extractable Ca	1 M NH ₄ OAc; pH 7.0 extraction with atomic absorption
Extractable Mg	
<u>Micronutrient</u>	
Extractable Fe	
Extractable Mn	0.005 M DTPA; pH 7.3 extraction with atomic absorption
Extractable Zn	
Extractable Cu	

ตารางที่ 6 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช

ธาตุอาหารพืช	วิธีการวิเคราะห์
P	Vanadomolybdate (Barton) method
K	HNO ₃ : HClO ₄ 6:1 digestion with flame photometer
Ca	HNO ₃ : HClO ₄ 6:1 digestion with atomic absorption
Mg	
Fe	
Mn	
Zn	
Cu	

2. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ :
วิเคราะห์โบรอน (B) ด้วยวิธี azomethine-H

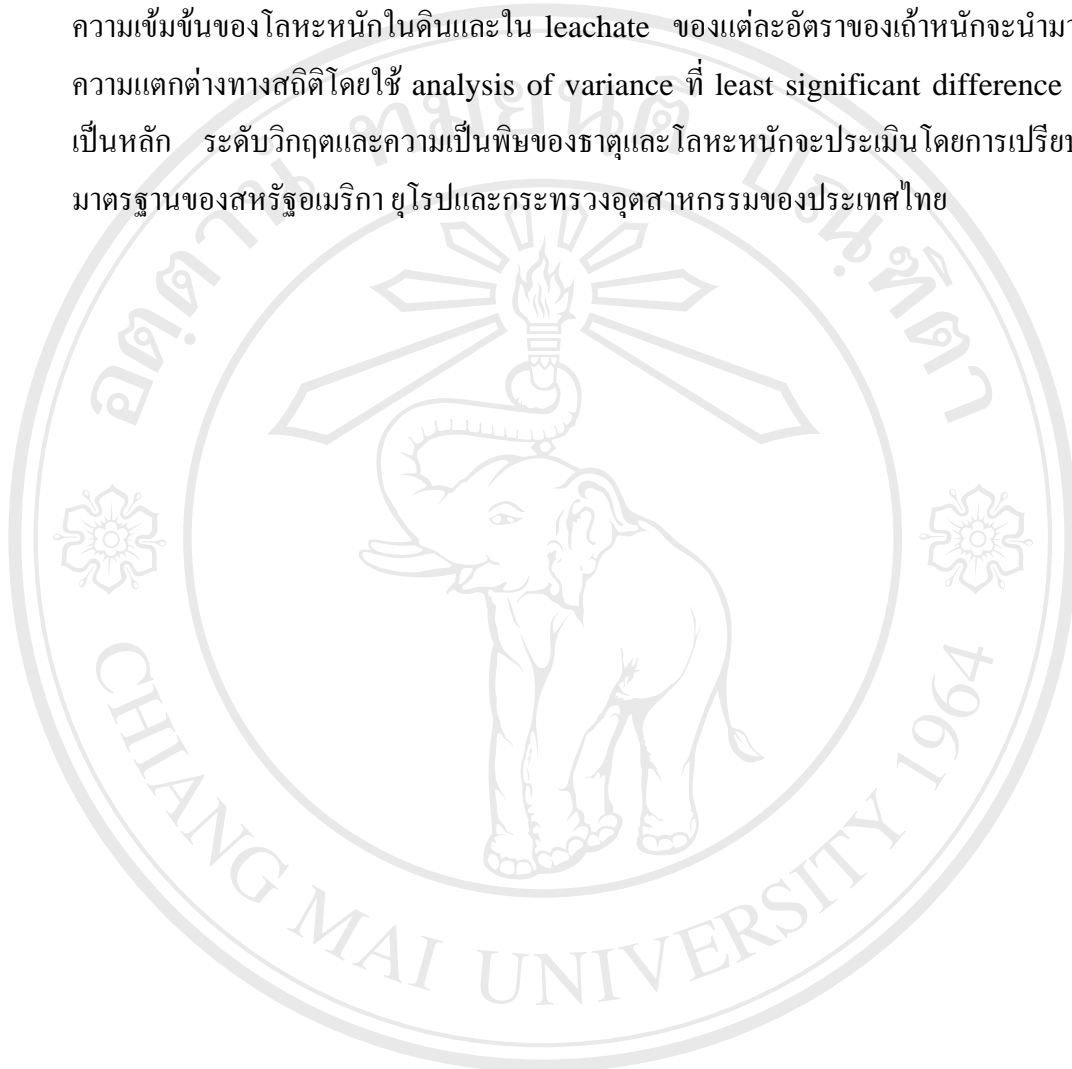
3. สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต 3 ในบริเวณมหาวิทยาลัยเชียงใหม่:
วิเคราะห์โลหะหนัก (heavy metal) ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 วิธีการวิเคราะห์โลหะหนัก

Heavy metal	วิธีการวิเคราะห์
Cr	Acid digestion / solution with inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy
Cd	
Ni	
Co	
Pb	

3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล

การเจริญเติบโตของพืช(ความสูง การแตกกอ) ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร ผลผลิตพืช ความเข้มข้นของโลหะหนักในดินและใน leachate ของแต่ละอัตราของถ้ำหนักจะนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ analysis of variance ที่ least significant difference (LSD_{0.05}) เป็นหลัก ระดับวิกฤตและความเป็นพิษของธาตุและโลหะหนักจะประเมินโดยการเปรียบเทียบกับมาตรฐานของสหรัฐอเมริกา ยุโรปและกระทรวงอุตสาหกรรมของประเทศไทย



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved