

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การทดลองนี้ได้ดำเนินการในภาคสนามที่สถานีวิจัยการเกษตรเขตชลประทานศูนย์วิจัย เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และเก็บรวบรวมข้อมูลที่ห้องปฏิบัติการความอุดมสมบูรณ์ของดิน ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระยะเวลาทำการทดลองตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 – ธันวาคม พ.ศ. 2549

3.1 ยิปซัม (FGD-Gypsum)

ยิปซัม (FGD-Gypsum) ที่ใช้ในการทดลอง เป็นยิปซัมที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตกระแสไฟฟ้าจากถ่านหินลิกไนต์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย อ. แม่เมาะ จ. ลำปาง มีลักษณะเป็นผงสีขาวละเอียด และมีการนำไปหึ่งให้แห้ง ร้อนผ่านตะแกรงขนาด 1×2 มม.² ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันก่อน ทำการสูบลมตัวอย่างไปวิเคราะห์ห้องค้ำประกอบทางเคมี และชั่งน้ำหนักตัวอย่างตามกรรมวิธีทดลอง เตรียมไว้ใช้งานต่อไป (ภาพที่ 15)



ภาพที่ 15 การหึ่ง FGD-Gypsum ให้แห้งก่อนนำมาใช้ในการทดลอง

3.2 ดิน

ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินชุดสันทราย (San Sai series) อยู่ในอันดับ Alfisols กลุ่มดินหลัก Tropaqualfs เป็นดินที่พบมากในที่ราบลุ่ม จ.เชียงใหม่ ลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินทรายปนดินร่วน สีน้ำตาลเข้มปนเทา น้ำตาลปนเทาหรือเทาปนชมพู มีจุดประสีน้ำตาลแก่หรือสีเหลืองปนน้ำตาล มีสภาพพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบ เป็นดินลึก มีการระบายน้ำค่อนข้างเร็ว ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดแก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 4.5 - 5.5 บริเวณดังกล่าวส่วนใหญ่ในอดีตเคยปลูกข้าว โดยทั่วไปศักยภาพของชุดดินสันทราย เหมาะที่จะใช้ในการทำนาเนื่องจากสภาพพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบมีน้ำขังในช่วง

ฤดูฝน แต่สามารถปลูกพืชไร่หรือพืชผักเช่น ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ข้าวโพด กระเทียม มะเขือเทศ ฯลฯ ก่อนและหลังการปลูกข้าวถ้ามีน้ำชลประทานหรือมีแหล่งน้ำธรรมชาติ

ดินชุดสันทรายจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 22 พบทั่วทุกภาคของประเทศไทยแต่พบมากในบริเวณภาคเหนือ โดยกลุ่มชุดดินดังกล่าวครอบคลุมอาณาเขตภาคเหนือทั้งหมด 286,182 ไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541)

3.3 พันธุ์ข้าว

พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลอง คือพันธุ์ปทุมธานี 60 (ภาพที่ 16) เป็นข้าวเจ้าสูงประมาณ 159 ซม. เป็นพันธุ์ที่ไวต่อช่วงแสง ปลูกได้เฉพาะนาปี ลำต้นและใบสีเขียว มีขนบนใบ รวงแน่น กระจุกยาว เมล็ดยาวเรียว ท้องใบน้อย ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 5 สัปดาห์ มีกลิ่นหอมคล้ายข้าวดอกมะลิ 105 แต่หุงสุกแล้วไม่ละ ด้านทานโรคกาบใบเน่า และโรคใบหงิกในสภาพธรรมชาติแต่ไม่ต้านทานโรคไหม้ โรคใบสีส้ม และโรคขอบใบแห้ง หากมีการให้ปุ๋ยในโตรเจนมากเกินไปต้นจะล้มง่าย ผลผลิตประมาณ 517 กก. ไร่⁻¹ (สถาบันวิจัยข้าว, 2546)



ภาพที่ 16 ระยะการเจริญเติบโตและพัฒนาการทางการสร้างเมล็ดของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 60

3.4 พันธุ์ถั่วเหลือง

พันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้ในการทดลองเลือกใช้พันธุ์เชียงใหม่ 60 (ภาพที่ 17) มีใบสีเขียว กว้างหนา ลำต้น ที่ส่วนโคนสีเขียว มีขนสีน้ำตาล ไม่ทอดยอด ความสูงของต้นเฉลี่ยประมาณ 61 ซม. ลักษณะทรงต้น แดงกิ่งน้อย ดอกสีขาว ฝักเมื่อแก่จัดมีสีน้ำตาลเข้ม เมล็ดสีเหลืองกลม ตาสีน้ำตาล น้ำหนัก 100 เมล็ด 14.5 กรัม อายุถึงวันออกดอก 35 วัน อายุถึงวันเก็บเกี่ยว 97 วัน ผลผลิตประมาณ 246 กก. ไร่⁻¹ (ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวเชียงใหม่, 2549)



ภาพที่ 17 ลักษณะทางกายภาพของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60

3.5 พันธุ์ถั่วลิสง

พันธุ์ถั่วลิสงที่ใช้ในการทดลองใช้พันธุ์กาฬสินธุ์ 2 (ภาพที่ 18) มีลักษณะเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง ลำต้นสีเขียว มีขนน้อย ทรงพุ่มแคบ ใบรูปหอกสีเขียว ใบยอดมีขนค่อนข้างน้อย ดอกสีเหลืองเข้ม ฝักเป็นกระจุกที่โคนต้น เปลือกฝักเป็นร่องลึกชัดเจน เยื่อหุ้มเมล็ดสีชมพูลายขีดสีม่วง อายุออกดอก 30 - 35 วัน อายุเก็บเกี่ยวฝักสด 90-95 วัน ฝักแห้ง 100-115 วัน ขนาดฝัก 4x1.4 ซม.² จำนวน 3 เมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด 38.9 กรัม ผลผลิตฝักสด 651 กก.ไร่⁻¹ ฝักแห้ง 204 กก. ไร่⁻¹ (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2547)



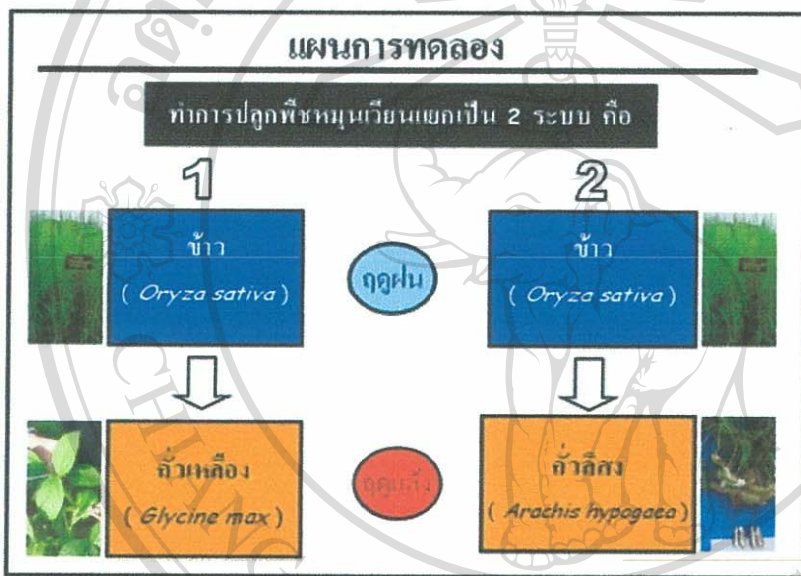
ภาพที่ 18 ลักษณะใบและเมล็ดของถั่วลิสง พันธุ์กาฬสินธุ์ 2

3.6 การวางแผนการทดลอง

การศึกษาได้ดำเนินการในแปลงทดลองที่สถานีวิจัยการเกษตรเขตชลประทาน ศูนย์วิจัย เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยใช้ระบบการปลูกพืช เป็นพืชทดสอบ คือ

1. ข้าว (*Oryza sativa*) - ถั่วเหลือง (*Glycine max*)
2. ข้าว (*Oryza sativa*) - ถั่วลิสง (*Arachis hypogaea*)

เริ่มจากการปลูกข้าวในฤดูฝน ตามด้วย ถั่วเหลือง และ ถั่วลิสงในฤดูแล้ง (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 19 แสดงแผนการทดลองระบบการปลูกพืชที่มีข้าวเป็นพืชหลัก

แผนการทดลองของทุกพืชในแต่ฤดูเหมือนกันคือประกอบด้วยยิปซัม (FGD-Gypsum) 4 อัตรา (treatment) คือ 0 (control), 500, 1000 และ 2000 กก. ไร่⁻¹ (ตารางที่ 10) โดยใช้แผนการทดลองแบบ RCB (randomized complete block design) จำนวน 4 ซ้ำ ในการปลูกข้าวจะทำการปลูกในแปลงย่อย (block) ขนาด 4 x 6 ม.² โดยมีคันดินกั้นโดยรอบเพื่อป้องกันการไหลบ่าของน้ำระหว่างแปลงย่อย (ภาพที่ 20) ยิปซัมในแต่ละอัตราจะใส่โดยการหว่านแล้วคลุกเคล้ากับดินลึก 0-15 ซม. พร้อมกับปุ๋ยรองพื้นสูตร 16-20-0 ในอัตรา 50 กก. ไร่⁻¹ ก่อนการปลูกข้าว และใช้ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ในอัตรา 25 กก. ไร่⁻¹ เป็นปุ๋ยแต่งหน้า (side dressing application) โดยวิธีหว่านทั่วแปลงในระยะที่ข้าวเริ่มตั้งท้อง (booting stage) ซึ่งอยู่ราวๆ 30 วันก่อนออกรวงหรือ 45-50 วันหลังปักดำ (ภาพที่ 21) ในระหว่างการปลูกจะมีการควบคุมระดับน้ำที่ใ้คงที่ในแปลงนา พร้อมทั้งมีการฉีดพ่นยากำจัดศัตรูพืช และ โรคพืชเท่าที่จำเป็นรวมถึงการคลุมตาข่ายป้องกันนกเข้าทำลายผลผลิตด้วย

ตารางที่ 10 แสดงกรรมวิธีของยิปซัมที่ใส่ลงในแปลงในแต่ละตำรับ

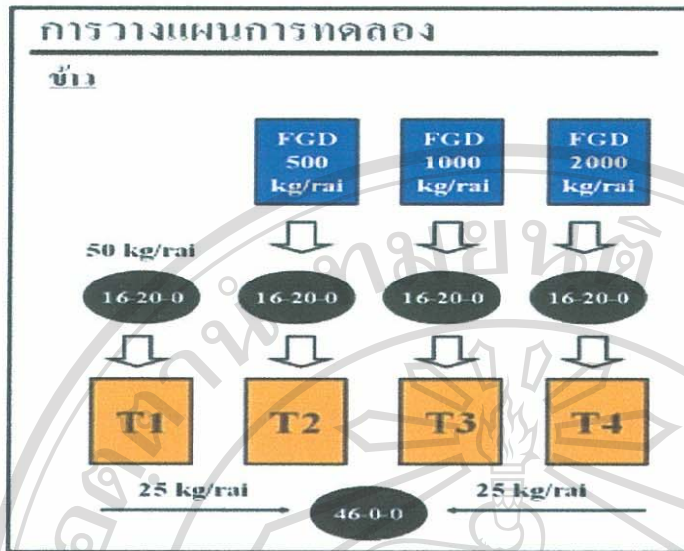
Treatment	อัตรายิปซัม (กก. ไร่ ⁻¹)	อัตรายิปซัม (กก. 24 ม ²)
T ₁	0	0
T ₂	500	7.5
T ₃	1000	15
T ₄	2000	30

หลังเก็บเกี่ยวข้าวจะมีการเตรียมดินยกร่องชั้นแปลงเป็น 3 แปลงย่อยในแต่ละ block สำหรับปลูกถั่วเหลือง และถั่วลิสง โดยจะวางกรรมวิธีการใส่ยิปซัมเหมือนกับตอนปลูกข้าวพร้อมทั้งมีการหว่านยิปซัมลงไปบนแปลงย่อย และทำการคลุกเคล้าให้เข้ากับดินพร้อมกับปุ๋ยที่ใช้

สำหรับถั่วเหลืองใช้ปุ๋ยเคมี สูตร 8 - 24 - 24 อัตรา 50 กก. ไร่⁻¹ ใส่ปุ๋ยทั้งหมดก่อนโดยใช้วิธีหว่านทั่วทุกแปลงย่อย คลุกเคล้าให้เข้ากับดินแล้วจึงหยอดเมล็ดที่ผ่านการคลุกเชื้อไรโซเบียมมาแล้วจำนวน 4 เมล็ด ต่อ 1 หลุม ซึ่งในพื้นที่แปลง 4 x 6 ม.² จะมี 3 แปลงย่อยโดยในแต่ละแปลงย่อยจะมีแถวปลูกอยู่ 2 แถว แถวละ 21 หลุม โดยใช้ระยะปลูก 25 x 67 ซม.² พร้อมกับการฉีดพ่นยากำจัดวัชพืชตามความเหมาะสมและมีการให้น้ำแบบ furrow ในแต่ละแปลงย่อยทุกสัปดาห์

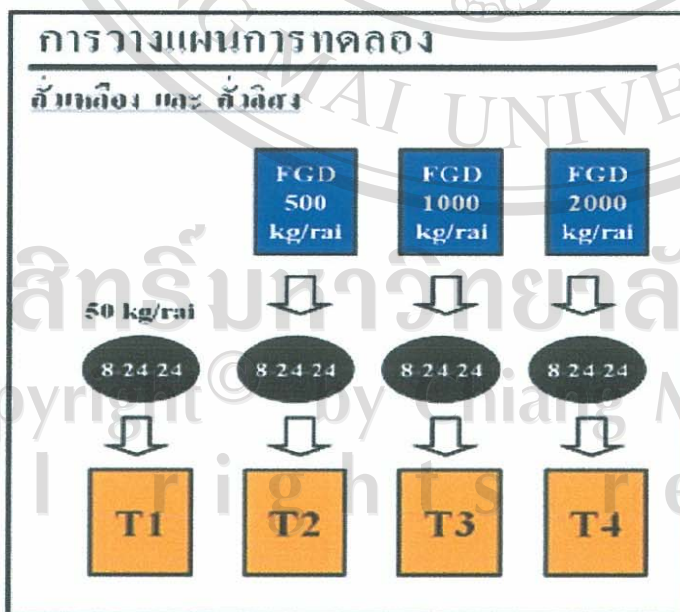


ภาพที่ 20 แสดงการเตรียมดินเพื่อทำการปลูกข้าวในแปลงย่อย 4 x 6 ม.² โดยมีคันดินกั้นเพื่อป้องกันกรไหลบ่าของน้ำระหว่างแปลง



ภาพที่ 21 แสดงแผนการทดลองการปลูกข้าวในฤดูฝนพร้อมกับการให้ปุ๋ยในอัตราต่างๆ

ถั่วลิสงใช้ปุ๋ยสูตร 8-24-24 อัตรา 50 กก. ไร่⁻¹ ใส่ปุ๋ยทั้งหมดก่อนโดยใช้วิธีหว่านทั่วแปลงย่อย คลุกเคล้าให้เข้ากับดินแล้วจึงหยอดเมล็ดที่ผ่านการคลุกเชื้อไรโซเบียมมาแล้วจำนวน 3 เมล็ดต่อ 1 หลุม ซึ่งในพื้นที่แปลง 4 x 6 ม.² จะมี 3 แปลงย่อย โดยในแต่ละแปลงย่อยจะมีแถวปลูกอยู่ 2 แถว แถวละ 21 หลุม ซึ่งมีระยะปลูก 25 x 67 ซม.² โดยมีการกำจัดวัชพืชและการให้น้ำควบคู่ไปด้วยเช่นเดียวกับถั่วเหลือง (ภาพที่ 22)



ภาพที่ 22 แสดงแผนการทดลองการปลูกถั่วเหลือง และถั่วลิสงในฤดูแล้ง พร้อมกับการให้ปุ๋ยในอัตราต่างๆ

3.7 การเก็บตัวอย่างดินและพืช

ก่อนการใส่ปุ๋ย และยิปซัมในการปลูกพืชแต่ละครั้งจะทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 0-15 ซม. ของแต่ละแปลงย่อยโดยทำการสุ่มในพื้นที่ 2×2 ม.² บริเวณกลางแปลงเพื่อวิเคราะห์หาสมบัติทางเคมี ได้แก่ pH ,organic matter, P, K, Ca, Mg และ S ส่วนสมบัติทางกายภาพได้วิเคราะห์หาความหนาแน่นรวม, ความพรุน และความคงทนของเม็ดดินเป็นหลัก สำหรับการเก็บตัวอย่างพืชจะวิเคราะห์หา N , P, K , Ca , Mg ,S และธาตุโลหะหนักอื่นๆที่เห็นว่าจำเป็น ในทำนองเดียวกันการเก็บเกี่ยวผลผลิตของข้าวจะใช้พื้นที่ 2×2 ม.² บริเวณกลางแปลงย่อยในแต่ละแปลง สำหรับถั่วเหลืองและถั่วลิสงจะทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตในแปลงกลางพื้นที่ (2 แถวกลางของแต่ละแปลงให้ได้พื้นที่ 4 ม.²) การสุ่มเก็บตัวอย่างพืชจะดำเนินการในระยะพืชเริ่มออกดอก โดยเก็บตัวอย่างจากใบที่ 3 นับจากยอดรวมกันใบจำนวน 20 ต้นในพืชแต่ละชนิดเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารที่พืชดูดใช้ และนำข้อมูลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์และประมวลผลทางสถิติต่อไป ข้อมูลสำคัญบางส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเพาะปลูกพืชทั้ง 2 ระบบได้แสดงไว้ในตารางที่ 11 และ 12



ภาพที่ 23 แสดงการเก็บตัวอย่างดินเพื่อทำการหาความหนาแน่นรวม และความพรุน



ภาพที่ 24 แสดงการเก็บตัวอย่างพืช เก็บตัวอย่างข้าว ใน พื้นที่ 2×2 ม.² บริเวณกลางแปลงย่อยในแต่ละแปลง (ภาพซ้ายมือ) ถั่วเหลืองและถั่วลิสง จะทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตในแปลงกลาง ของแต่ละพื้นที่ 4×6 ม.² (ภาพกลาง) และ การเก็บตัวอย่างใบพืชเพื่อนำไปวิเคราะห์หาธาตุอาหาร โดยเก็บตัวอย่างจากใบที่ 3 นับจากยอด (ภาพขวามือ)

ตารางที่ 11 ข้อมูลบางส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเพาะปลูก ข้าว – ถั่วเหลืองในการศึกษาอิทธิพลของ
ยิปซัมในสภาพไร่นา

	ข้าว (ฤดูฝน 2548)	ถั่วเหลือง (ฤดูแล้ง 2549)
วันที่เพาะเมล็ด	8 ก.ค.	-
วันที่ย้ายกล้าปลูก	3 ส.ค.	12 ม.ค.
ระยะปลูก	25 x 25 ซม. ²	67 x 25 ซม. ² ^{1/}
จำนวนต้น / หลุม	3	2
วันที่ใส่ปุ๋ยเร่ง	30 ส.ค.	-
วันที่เก็บตัวอย่างพืช	26 ก.ย.	28 ก.พ.
วันที่เก็บเกี่ยว	10 พ.ย.	17 เม.ย.

^{1/} แต่ละแปลงย่อยกว้าง 4.00 เมตร ปลูกจำนวน 6 แถว

ตารางที่ 12 ข้อมูลบางส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเพาะปลูก ข้าว – ถั่วลิสงในการศึกษาอิทธิพลของ
ยิปซัมในสภาพไร่นา

	ข้าว (ฤดูฝน 2548)	ถั่วลิสง (ฤดูแล้ง 2549)
วันที่เพาะเมล็ด	15 ก.ค.	-
วันที่ย้ายกล้าปลูก	10 ส.ค.	6 ก.พ.
ระยะปลูก	25 x 25 ซม. ²	67 x 25 ซม. ² ^{1/}
จำนวนต้น / หลุม	3	2
วันที่ใส่ปุ๋ยเร่ง	5 ก.ย.	-
วันที่เก็บตัวอย่างพืช	3 ต.ค.	4 เม.ย.
วันที่เก็บเกี่ยว	17 พ.ย.	17 พ.ค.

^{1/} แต่ละแปลงย่อยกว้าง 4.00 เมตร ปลูกจำนวน 6 แถว

3.8 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.8.1 การวิเคราะห์ดินทางกายภาพ

การวิเคราะห์ทางสมบัติกายภาพบางประการของดินจะวิเคราะห์เกี่ยวกับความหนาแน่นรวมของดิน(bulk density) ค่าความพรุน(% total porosity) ความคงทนของเม็ดดิน(soil aggregate stability)

ตารางที่ 13 วิธีการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพบางประการของดิน

	วิธีการวิเคราะห์
ความหนาแน่นของดิน (bulk density)	ใช้วิธีการวิเคราะห์โดยวิธี core method ใช้กระบอกลโลหะ(soil can)เจาะเก็บตัวอย่างดินและตัดแต่งดินในกระบอกลให้เรียบร้อยพอดีกับปากกระบอกลโดยให้ปริมาตรดินเท่ากับปริมาตรของกระบอกลเก็บดินพอดี นำไปอบแห้งสนิทแล้วคำนวณความหนาแน่นรวมของดินดังนี้ $\text{ความหนาแน่นรวมของดิน} = \frac{\text{มวลของดินที่อบแห้งสนิท}}{\text{ปริมาตรของกระบอกลโลหะที่ใช้เก็บดิน}}$
ค่าความพรุน (% total porosity)	$\% \text{ total porosity} = 1 - \frac{\text{bulk density}}{\text{particle density}} \times 100$ $\text{particle density} = 2.65 \text{ g cm}^{-3}$
ความคงทนของเม็ดดิน (soil aggregate stability)	ใช้วิธีการวิเคราะห์โดยวิธีร่อนด้วยตะแกรงในน้ำ $\text{MWD} = \sum_{i=1}^n \text{Widi}$ Wi คือ น้ำหนักเม็ดดินที่มีขนาดที่ i (i th) di คือ เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยพีชคณิตของขนาด i th n คือ จำนวนของขนาดเม็ดดินทั้งหมด $\% \text{ SAT} = \frac{(\text{น้ำหนักของเม็ดดิน} + \text{ทราย}) - \text{น้ำหนักของทราย}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างดินทั้งหมด} - \text{น้ำหนักของทราย}} \times 100$

3.7.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างดิน และ พืช ทางเคมี

การวิเคราะห์ทางเคมีของตัวอย่างดิน ตัวอย่างพืช จะดำเนินการโดยห้องปฏิบัติการ 3 แห่ง ดังนี้

1. ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่:
วิเคราะห์ pH, EC, Eh, O.M. และธาตุอาหารพืช

ตารางที่ 14 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างทางเคมีของดิน

ตัวอย่างดิน	วิธีการวิเคราะห์
pH	ดิน : น้ำ 1:1 วัดด้วย pH meter
EC	ดิน : น้ำ 1:1 วัดด้วย EC meter
O.M.	Walkey & Black method
Eh	วัดด้วย pH meter
<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; pH7.3 extraction with atomic absorption
Extractable Zn	
Extractable Cu	

ตารางที่ 15 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช

ธาตุอาหารพืช	วิธีการวิเคราะห์
(g/100g)	
P	Vanadomolybdate (Barton) method
K	HNO ₃ : HClO ₄ 6:1 with flame photometer
Ca	HNO ₃ : HClO ₄ 6: 1 with atomic absorption
Mg	
(mg kg ⁻¹)	
Fe	HNO ₃ : HClO ₄ 6:1 with atomic absorption
Mn	
Zn	
Cu	

2. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่:

วิเคราะห์โบรอน(B)

ตาราง 16 วิธีการวิเคราะห์โบรอน

	วิธีการวิเคราะห์
Extractable B	ดิน:น้ำ= 1:1 with azomethine-H

3. สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต3 ในบริเวณมหาวิทยาลัยเชียงใหม่:

วิเคราะห์โลหะหนัก (heavy metals)

ตารางที่ 17 วิธีการวิเคราะห์โลหะหนัก และ sulfate – S

Heavy metal	วิธีการวิเคราะห์
Cr	Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy
Cd	
Ni	
Co	
Pb	
SO ₄ ²⁻ - S	Turbidimetric method