

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาในครั้งนี้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ส่วน ซึ่งส่วนแรกเป็น งานทดลองในแปลงทดลอง เพื่อศึกษาผลของการจัดการปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตมันฝรั่ง ส่วนที่สองคือการทดสอบแบบจำลองการเจริญเติบโตของมันฝรั่ง (SUBSTOR-Potato) และส่วนที่สามคือ การสร้างแบบจำลองพลวัตโพแทสเซียมในระบบดิน-พืช

3.1 งานทดลอง

ทดสอบเปรียบเทียบการจัดการปุ๋ยเคมีที่มีประสิทธิภาพสำหรับการผลิตมันฝรั่งในพื้นที่หมู่บ้านห้วยแก้ว อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยการศึกษาครั้งนี้แบ่งออกเป็นสองงานทดลองซึ่งมีวันปลูกที่แตกต่างกันคือวันที่ 28 ตุลาคม พ.ศ. 2545 และ 23 ธันวาคม พ.ศ. 2545 ตามลำดับ

3.1.1 งานทดลองที่ 1

งานทดลองที่ 1 ปลูกวันที่ 28 ตุลาคม พ.ศ. 2545 เก็บเกี่ยวในวันที่ 14 มกราคม พ.ศ. 2546 วางแผนการทดลองแบบ Split-plot design in RCB ทำ 4 ซ้ำ มีพันธุ์มันฝรั่ง 2 ระดับ เป็น main plot และมีการจัดการปุ๋ยเคมี 3 ระดับเป็น sub plot ประกอบด้วย

Main plot ประกอบด้วย

M1 = พันธุ์สปุนต้า (พันธุ์บริโกค)

M2 = พันธุ์แอตแลนติก (พันธุ์แปรรูป)

Sub-plot ประกอบด้วย

S1 = การจัดการโดยไม่มีการใส่ปุ๋ย (ไม่มีการให้ปุ๋ยตลอดฤดูปลูก)

S2 = การจัดการแบบเกษตรกร (32 กก.N ต่อไร่ 32 กก.P₂O₅ ต่อไร่ 46 กก.K₂O ต่อไร่)

S3 = การจัดการปุ๋ยตามพัฒนาการของมันฝรั่งและคุณภาพดินตามผลการวิเคราะห์ดิน (46 กก.N ต่อไร่ 0 กก.P₂O₅ ต่อไร่ 26 กก.K₂O ต่อไร่)

3.1.2 งานทดลองที่ 2

งานทดลองที่สอง ปลูกในวันที่ 23 ธันวาคม พ.ศ. 2545 และเก็บเกี่ยวในวันที่ 16 มีนาคม พ.ศ. 2546 วางแผนการทดลองแบบ RCB ทำ 4 ซ้ำ โดยใช้พันธุ์สปูนดำ และประกอบด้วยการจัดการ 3 ระดับ ได้แก่

S1 = การจัดการโดยไม่มีการใส่ปุ๋ย (ไม่มีการให้ปุ๋ยตลอดฤดูการเพาะปลูก)

S2 = การจัดการแบบเกษตรกร (32 กก.N ต่อไร่ 32 กก.P₂O₅ ต่อไร่ 44 กก.K₂O ต่อไร่)

S3 = การจัดการปุ๋ยตามพัฒนาการของมันฝรั่งและคุณภาพดินตามผลการวิเคราะห์ดิน (49 กก.N ต่อไร่ 0 กก.P₂O₅ ต่อไร่ 23 กก.K₂O ต่อไร่)

การปลูกมันฝรั่ง ทั้งสองงานทดลองทำการเตรียมดินก่อนปลูก โดยมีการไถพรวน 2 ครั้ง มีขนาดแปลงทดลองย่อยเท่ากับ 4 x 5.5 เมตร ระยะปลูกของพันธุ์แอตแลนติกเท่ากับ 30X30 ซม. และพันธุ์ สปูนดำ มีระยะปลูกเท่ากับ 40x40 ซม. เก็บตัวอย่างดินจากแปลงก่อนปลูก เพื่อวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมีดิน ซึ่งคุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งมีลักษณะเนื้อดินจำแนกอยู่ในดินซุคสันทราย จำแนกตามอนุกรมวิธานของดิน เป็น Typic Tropaqualfs; coarse-loamy, mixed (เอิบ, 2542) เป็นดินร่วนปนทราย (sandy clay loam) ประกอบด้วยทราย (sand) ร้อยละ 55 ทรายแป้ง (silt) ร้อยละ 25 และดินเหนียว (clay) ร้อยละ 20 สำหรับค่าคุณสมบัติทางเคมีของดิน ในงานทดลองที่หนึ่งและงานทดลองที่สอง แสดงดังตารางที่ 3.1 และ ตารางที่ 3.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติทางเคมีของดินในงานทดลองที่หนึ่ง

คุณสมบัติดิน	ความลึก	
	0-20	20-40
	ซม.	
pH _(H₂O) (1:5)	5.60	5.75
อินทรีย์วัตถุ (%)	0.94	0.89
แอมโมเนียม- NH ₄ ⁺ (ppm)	6.20	13.24
ไนเตรท- NO ₃ ⁻ (ppm)	13.66	10.23
ฟอสฟอรัสที่สามารถเป็นประโยชน์ (ppm)	74	69
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm)	156	143

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติทางเคมีของดินในงานทดลองที่สอง

คุณสมบัติดิน	ความลึก	
	0-20	20-40
	----- ซม. -----	
pH _(H₂O) (1:5)	6.19	6.25
อินทรีย์วัตถุ (%)	1.55	1.58
แอมโมเนียม- NH ₄ ⁺ (ppm)	3.65	2.95
ไนเตรท- NO ₃ ⁻ (ppm)	4.25	1.74
ฟอสฟอรัสที่สามารถเป็นประโยชน์ (ppm)	59	59
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm)	171	156

ในระหว่างฤดูปลูกมีการจัดการปุ๋ยสำหรับการจัดการแบบเกษตรกรและการจัดการปุ๋ยตามพัฒนาการของมันฝรั่งและคุณภาพดินตามผลการวิเคราะห์ดิน

ตารางที่ 3.3 เปรียบเทียบชนิดและปริมาณปุ๋ยที่ใช้ แต่ละการจัดการของงานทดลองที่หนึ่ง

การ จัดการ	วันที่	ปุ๋ยเคมี เกรด	ปุ๋ย ทั้งหมด	ปริมาณธาตุอาหารที่ให้		
				N	P ₂ O ₅	K
				----- กก. ต่อไร่ -----		
S2	10 พ.ย. 2545	15-15-15	25	3.75	3.75	3.75
	14 พ.ย. 2545	14-14-21	50	7	7	10.50
	27 พ.ย. 2545	14-14-21	150	21	21	31.50
	11 ธ.ค. 2545	ปุ๋ยผงโพแทสเซียม	0.18	0.01	0.02	0.05
		รวม	225	32	32	46
S3	19 พ.ย. 2545	15-0-0	153	23	0	0
		0-0-50	17	0	0	8.5
	27 พ.ย. 2545	15-0-0	153	23	0	0
		0-0-50	17	0	0	8.5
	28 ธ.ค. 2545	0-0-50	17	0	0	8.5
		รวม	357	46	0	26

ที่มา: จากการสำรวจ 2545

ตารางที่ 3.4 เปรียบเทียบชนิดและปริมาณปุ๋ยที่ใช้ แต่ละการจัดการของงานทดลองที่สอง

การ จัด การ	วันที่	ปุ๋ยเคมี	ปริมาณธาตุอาหารที่ให้				
			เกรด	อัตราที่ให้ ทั้งหมด	N	P ₂ O ₅	K
----- กก. ต่อไร่ -----							
S2	1 ม.ค. 2546	15-15-15		50	7.5	7.5	7.5
	14 ม.ค. 2546	ปุ๋ยคอก		260	-	-	-
	15 ม.ค. 2546	14-14-21		112	15.68	15.68	23.52
	23 ม.ค. 2546	ปุ๋ยผงโพแทสเซียม		0.10	0.01	0.01	0.03
	6 ก.พ. 2546	14-14-21		13	1.82	1.82	2.73
	13 ก.พ. 2546	14-14-21		20	2.80	2.80	4.2
	20 ก.พ. 2546	14-14-21		27	3.78	3.78	5.67
		รวม		457	32	32	44
S3	21 ม.ค. 2546	15-0-0		163	24.45	0	0
		0-0-50		15	0	0	7.5
	5 ก.พ. 2546	15-0-0		163	24.45	0	0
		0-0-50		15	0	0	7.5
	18 ก.พ. 2546	0-0-50		15	0	0	7.5
		รวม		371	49	0	23

ที่มา: จากการสำรวจ 2545

หมายเหตุ: - ไม่ได้มีการวิเคราะห์ธาตุอาหารของปุ๋ยคอก

3.2 การใช้ปุ๋ยเคมีและต้นทุนและการผลิต

การจัดการแบบเกษตรกร (S2) ของงานทดลองที่หนึ่ง มีอัตราการใช้ปุ๋ยทั้งหมดตลอดฤดูกาลเพาะปลูกเป็นจำนวนเท่ากับ 225 กก.ต่อไร่ โดยจำแนกเป็นไนโตรเจนเท่ากับ 32 กก.ต่อไร่ ฟอสฟอรัสเท่ากับ 32 กก.ต่อไร่ และ โพแทสเซียมเท่ากับ 46 กก.ต่อไร่ ซึ่งต้นทุนปุ๋ยเคมีการผลิตของเกษตรกร เท่ากับ 2,430 บาทต่อไร่ ส่วนการจัดการตามพัฒนาการของมันฝรั่ง และคุณภาพดินตามผลการวิเคราะห์ดิน (S3) มีการให้ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 46 กก.ต่อไร่ และให้ปุ๋ยโพแทสเซียม อัตรา 26 กก.ต่อไร่ (ตารางที่ 3.5) สำหรับงานทดลองที่สอง การจัดการแบบเกษตรกร (S2) มีอัตราการใช้ปุ๋ยทั้งหมดตลอดฤดูกาลเพาะปลูกเป็นจำนวนเท่ากับ 457 กก.ต่อไร่ โดยแบ่งเป็นปุ๋ยคอก

จำนวน 260 กก. ปุ๋ยเคมีจำนวน 192 กก. โดยจำแนกเป็นไนโตรเจนเท่ากับ 32 กก.ต่อไร่ ฟอสฟอรัสเท่ากับ 32 กก.ต่อไร่ และ โพแทสเซียมเท่ากับ 44 กก.ต่อไร่ ส่วนการจัดการโดยใช้ค่าวิเคราะห์ดิน (S3) มีการให้ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 49 กก.ต่อไร่ และให้ปุ๋ยโพแทสเซียม อัตรา 23 กก.ต่อไร่ (ตารางที่ 3.6)

ตารางที่ 3.5 เปรียบเทียบชนิดและปริมาณปุ๋ยที่ใช้ และต้นทุนปุ๋ยในแต่ละการจัดการของงานทดลองที่หนึ่ง

การจัดการ	ชนิดปุ๋ยเคมี	อัตรา		ราคา	ค่าแรง
		----- กก.ต่อไร่-----	----- บาท-----		
S1	0	0	0	0	0
S2	15-15-15	25	208	300	
	14-14-21	50	545	150	
	14-14-21	150	1635	150	
	ปุ๋ยผงโพแทสเซียม	0.18	42	75	
	รวม		225	2430	675
S3	15-0-0	306	1135	150	
	0-0-50	51	489	150	
	รวม	357	1624	300	

ตารางที่ 3.6 เปรียบเทียบชนิดและปริมาณปุ๋ยที่ใช้ และต้นทุนปุ๋ยในแต่ละการจัดการของงานทดลองที่สอง

การจัดการ	ชนิดปุ๋ยเคมี	อัตรา ---- กก.ต่อไร่-	ราคา ----- บาท -----	ค่าแรง
S1	0	0	0	0
S2	15-15-15	25	208	300
	ปุ๋ยคอก	260	520	100
	14-14-21	112	1176	150
	ปุ๋ยน้ำโพแทสเซียม	0.10	46	75
	14-14-21	13	137	150
	14-14-21	20	210	150
	14-14-21	27	284	150
	รวม	457	2581	1075
S3	15-0-0	326	1208	150
	0-0-50	45	414	150
	รวม	371	1622	300

3.3 งานทดสอบแบบจำลองการเจริญเติบโตของมันฝรั่ง (SUBSTOR-Potato)

ในการทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช โดยการนำเข้าข้อมูลที่ต้องใช้ในการทดสอบแบบจำลอง ได้แก่

ข้อมูลการจัดการพืช (Experiment File; FileX) การนำเข้าข้อมูลการจัดการ ซึ่งประกอบไปด้วย รายละเอียดของการจัดการปลูก การจัดการแปลง การจัดการปุ๋ย การจัดการน้ำ การจัดการการเก็บเกี่ยว

ข้อมูลชุดดิน (Soil Data file) การนำเข้าข้อมูลดิน ซึ่งมีรายละเอียดเกี่ยวกับคุณสมบัติของดิน เช่น ชนิดเนื้อดิน อัตราการระบายน้ำ ความหนาแน่นของดิน และคุณสมบัติทางเคมี เช่น ปริมาณไนโตรเจน ในรูปแอมโมเนียม และไนเตรท ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน

ข้อมูลอากาศ (Weather Data file) การนำเข้าข้อมูลภูมิอากาศรายวัน ได้แก่ ข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{day}$) อุณหภูมิสูงสุด ($^{\circ}\text{C}$) อุณหภูมิต่ำสุด ($^{\circ}\text{C}$) และปริมาณน้ำฝน (mm/day)

ข้อมูลสัมประสิทธิ์พันธุกรรมพืช (Genetic coefficient file) การนำเข้าข้อมูลสัมประสิทธิ์พันธุกรรมพืช ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละแบบจำลองพืช และชนิดพืช

3.4 วิธีการเก็บข้อมูล

ทำการเก็บข้อมูลเป็น 4 ส่วน (Hoogenboom et al., 1999; Hunt and Boote, 1998)

3.4.1 ข้อมูลพืช

เก็บข้อมูลข้อมูลพัฒนาการ (Phenology) และการเจริญเติบโต (Growth) ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงดัชนีพื้นที่ใบ น้ำหนักลำต้น น้ำหนักใบ และน้ำหนักหัว (Griffin et al., 1993) โดยการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักส่วนต่างๆ แบ่งเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงเริ่มเกิดหัว ช่วงการสะสมน้ำหนักของหัว และที่ระยะเก็บเกี่ยว ของค่าน้ำหนักแห้งต้น ค่าน้ำหนักแห้งใบ ค่าน้ำหนักแห้งหัว รวมทั้งค่าดัชนีพื้นที่ใบ และนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 75°C เป็นเวลา 3 วัน และนำออกซังเพื่อหาน้ำหนักแห้ง

3.4.2 ข้อมูลดิน

ก่อนปลูก มันฝรั่ง ทำการเก็บตัวอย่างดินจากแปลงปลูกเพื่อวิเคราะห์คุณภาพดิน โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินแบบ Composite sample ที่ระดับความลึก 0-20 ซม. และ 20-40 ซม. เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ เนื้อดิน ความเป็นกรด-ด่างของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุอาหารไนโตรเจน วิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียม และ

ไนเตรทในดิน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม ในการวิเคราะห์แอมโมเนียม และไนเตรท โดยใช้วิธีการ Kjeldahl ธาตุฟอสฟอรัสที่สามารถเป็นประโยชน์ได้ (Available P) โดยวิธีการ Bray II ปริมาณ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) โดยการใช้สารละลาย (NH_4OAc) 1 N ที่ pH 7 (Soil and Plant Analysis Council, 2000)

3.4.3 ภูมิอากาศ

โดยการเก็บข้อมูลภูมิอากาศ โดยใช้เครื่องตรวจอากาศกึ่งอัตโนมัติ DATA logger (<http://www.unidata.com.au>) ซึ่งเก็บข้อมูลภูมิอากาศรายวัน ได้แก่ ข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ ($\text{MJ/m}^2/\text{day}$) อุณหภูมิสูงสุด ($^{\circ}\text{C}$) อุณหภูมิต่ำสุด ($^{\circ}\text{C}$) และปริมาณน้ำฝน (mm/day) โดยเก็บข้อมูลอากาศระหว่างช่วงฤดูการเพาะปลูก ตั้งแต่วันที่ก่อนปลูกจนถึงระยะสุดท้ายหรือหลังจากการสุกแก่ทางสรีระวิทยา เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2546 ถึง วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2546 และนำเข้าข้อมูลภูมิอากาศในรูปแบบของ ICASA (Hunt et al., 2000)

3.4.4 ข้อมูลการจัดการ

โดยการเก็บข้อมูลการจัดการผลิตมันฝรั่ง ได้แก่ การจัดการปลูก ได้แก่ วันที่ปลูก วันงอก วิธีการปลูก ความลึกที่ปลูก จำนวนต้นต่อตารางเมตร จำนวนต้นที่งอกต่อตารางเมตร การจัดการปุ๋ย ได้แก่ วันที่ให้ปุ๋ย ชนิดปุ๋ยที่ให้ วิธีการให้ปุ๋ย ความลึก ปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม การจัดการน้ำ และการจัดการการเก็บเกี่ยว ได้แก่ วันที่เก็บเกี่ยว วิธีการเก็บเกี่ยว เบอร์เซ็นต์การเก็บเกี่ยว เป็นต้น

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 งานทดลอง

ใช้ตาราง ANOVA ในการวิเคราะห์ข้อมูลงานทดลอง แต่เนื่องจากการเก็บข้อมูลพืชในงานทดลองที่หนึ่ง มีปัญหาในการเก็บรวบรวมข้อมูลของวันปลูกที่ 1 โดยแต่เดิมที่วางแผนการทดลองเป็นแบบ Split Plot โดยมี Main plot เป็นพันธุ์ และ Sub plot เป็นชนิดของปุ๋ยเคมีซึ่งทำการศึกษาเปรียบเทียบโดยเก็บข้อมูล 3 ครั้ง ได้แก่ครั้งที่ 1 ช่วงเริ่มลงหัว ครั้งที่ 2 ช่วงการสะสมน้ำหนักหัว และครั้งที่ 3 ช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต การเก็บข้อมูลครั้งที่ 1 ได้ข้อมูลครบตามแผนการทดลองที่วางไว้ แต่การเก็บข้อมูลครั้งที่ 2 ของพันธุ์แอตแลนติกมีปัญหาเนื่องจากมีโรคเข้าทำลาย และสภาวะอากาศและอีกทั้งการเก็บข้อมูลครั้งที่ 3 ตอนเก็บเกี่ยวของพันธุ์สปันด้ามมีปัญหาเนื่องจากไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ ด้วยเหตุที่ผู้วิจัยไม่ได้ข้อมูลครบในการเก็บครั้งที่ 2 และการเก็บเกี่ยว จึงวิเคราะห์

ข้อมูลนี้ด้วยแผนการทดลองแบบ RCB โดยมีชนิดของปุ๋ยเป็นสิ่งทดลอง สำหรับกลุ่มข้อมูลที่ไม่สามารถเก็บได้

3.5.2 การเปรียบเทียบผลการจำลอง

การวิเคราะห์ผลจากการจำลองของแบบจำลอง SUBSTOR-Potato โดยทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองกับค่าสังเกต ซึ่งค่าสังเกตเป็นค่าที่ได้จากแปลงทดลอง แล้วทำการตรวจสอบความแตกต่างของค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการสังเกต เพื่อตรวจสอบว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองและค่าที่ได้จากระบบจริง มีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงไร โดยใช้ค่า Mean Squared Deviation (MSD) โดยค่า MSD ประกอบไปด้วย Squared Bias (SB), Square Difference By Standard Deviations (SDSD) และ Lack of positive correlation weighted by the standard deviations (LCS) (Kobayashi and Salam, 2000)

ความแตกต่าง ระหว่างค่าจากการจำลองและค่าจากการสังเกต โดยค่า

$$MSD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 \quad \text{-----} \quad (30)$$

และค่า bias ของการจำลองจากการสังเกตคือ

$$SB = (\bar{x} - \bar{y})^2 \quad \text{-----} \quad (31)$$

ค่า Squared Difference by Standard Deviations (SDSD) เป็นค่าความแตกต่างของขนาดความไม่แน่นอนระหว่างค่าจำลองและการวัด คือ

$$SDSD = (SD_s - SD_m)^2 \quad \text{-----} \quad (32)$$

ซึ่งค่า SDSD ประกอบไปด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าจำลอง (SDs) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าสังเกต ดังนี้

$$SD_s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{-----} \quad (33)$$

$$SD_m = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad \text{-----} \quad (34)$$

$$LCS = 2SD_s SD_m (1-r) \quad \text{—————} \quad (35)$$

เมื่อ r คือค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างการจำลองและการสังเกต คือ

$$r = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \right] / (SD_m SD_s) \quad \text{—————} \quad (36)$$

และค่าความแตกต่างระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตกับความสัมพันธ์ต่อค่าเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ย

$$MSV = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x}) - [(y_i - \bar{y})]^2 \quad \text{—————} \quad (37)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved