ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา	ปฐพีวิทยา
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง การตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนชนิดหยาบและดินเนื้อละเอียด

Response to Phosphorus Fertilization of Cassava Planted on Coarse- and Fine Textured Soils

นามผู้วิจัย นางสาวศุภลักษณา แสงอ่อน

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนูชัย กองแก้ว, Dr.Agr.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนซนิดหยาบและดินเนื้อละเอียด

Response to Phosphorus Fertilization of Cassava Planted on Coarse- and Fine Textured Soils

โดย

นางสาวศุภลักษณา แสงอ่อน

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศุภลักษณา แสงอ่อน 2554: การตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนชนิดหยาบและดินเนื้อละเอียด ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนูชัย กองแก้ว, Dr.Agr. 97 หน้า

คำแนะนำอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลังนั้น ควรเป็นคำแนะนำที่ได้จากการปลูกมันสำปะหลังที่ทราบพันธุ์ บนพื้นที่ซึ่งทราบลักษณะดิน ชุดดินและลักษณะภูมิอากาศและมีการทดสอบการตอบสนองของมันสำปะหลังต่ออัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส เพื่อทราบอัตราการตอบสนอง จากนั้นจึงนำอัตราการตอบสนองต่อปุ๋ยดังกล่าวมาใช้เป็นอัตราปุ๋ยแนะนำ

การทดลองนี้ศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินชุดดินสตึกและพันธุ์ระยอง 5 ปลูกในดินชุดดินปากช่องต่อการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 0, 4, 8, 12, 16 และ 20 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ส่วนปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทสเซียมใส่ในอัตรา 20 กิโลกรัม N ต่อไร่ และ 20 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block 3 ซ้ำ ขนาดแปลงของแต่ละกรรมวิธีทดลอง 5x6 ตารางเมตร ระยะปลูก 1x1 ตารางเมตร เก็บเกี่ยวตัวอย่าง 5 ต้นต่อ 30 ตารางเมตร เมื่อมันสำปะหลังอายุ 9 เดือน นำมาวิเคราะห์มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน ผลผลิต ความเข้มข้นและปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน เปอร์เซ็นต์แป้งและผลผลิตแป้งต่อไร่

ผลการศึกษาพบว่ามันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินชุดดินสตึกที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เริ่มต้นเท่ากับ 23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสที่อัตรา 6.87 กิโลกรัม P_2O_5ต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวมันสดเท่ากับ 8.58 ตันต่อไร่ โดยมีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของสมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสกับผลผลิตสูงมาก (adj.R^2=0.99) ส่วนมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ที่ปลูกในดินชุดดินปากช่องที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เริ่มต้นเท่ากับ 11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสที่อัตรา 3.53 กิโลกรัม P_2O_5ต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวมันสดเท่ากับ 4.68 ตันต่อไร่ มีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจระดับปานกลาง (adj.R^2=0.59) การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสมีแนวโน้มให้ผลผลิตมันสำปะหลัง ความเข้มข้นและปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในมวลชีวภาพส่วนเหนือดินและผลผลิตแป้งต่อไร่เพิ่มขึ้น

_____ / ____ / ____

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Suphalucksana Sangon 2011: Response to Phosphorus Fertilization of Cassava Planted on Coarse- and Fine Textured Soils. Master of Science (Soil Science), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Thanuchai KongKaew, Dr.Agr. 97 pages.

The right amount of phosphorus fertilization need to be derived from testing a defined cassava variety on field trial which specify soil and climate condition. Fitting curve of cassava growth and phosphorus fertilization and the critical point should be used to estimate the right amount of phosphorus apply to soil.

The field trials were conducted in site 1) Satuk soil series and site 2) Pak Chong soil series to be tested cassava response to phosphorus fertilization. Experimental design was RCBD with 3 replications. Six rates of P_2O_5 at 0, 4, 8, 12, 16 and 20 kg rai^{-1}were applied for cassava cv. Kasetsart 50 planted on site 1 and for cv. Rayong 5 planted on site 2. Total N and K_2O of 20 kg rai^{-1}were applied for all treatments. Each trial plot of 5x6 m^2 was conducted to plant cassava with spacing of 1x1 $m.^2$ Five cassava plants of 9 months age were harvested. The harvested plants were measured for above ground biomass yield phosphorus concentration and uptake for the above ground biomass and starch content. Results indicated that cassava cv. Kasetsart 50 planted on Satuk soil series which had initial available phosphorus of 23 mg kg^{-1}responded to applied phosphorus at 6.87 kg P_2O_5 rai^{-1}. It produced the fresh tuber yield of 8.58t rai^{-1}. The coefficient of determination (adj.R^2) of the correlation between yield and applied phosphorus was 0.99. The cassava cv. Rayong 5 planted on Pak Chong soil series where found 11 mg kg^{-1} of initial available phosphorus responded to phosphorus fertilization at 3.53 kg P_2O_5 rai^{-1}. It produced the fresh tuber yield of 4.68 t rai^{-1}. The moderate coefficient of determination of 0.59 was obtained. Yields, phosphorus concentration and uptake of above ground biomass of cassava and starch yield content trend to increases when phosphorus fertilizer was applied.

_____ _____ ___/___/___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ธนูชัย กองแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาทั้งในด้านการเรียน และการวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์และขอขอบพระคุณ ดร.รุ่งโรจน์ พิทักษ์ด่านธรรม ประธานสอบและ รศ.ดร.จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ช่วยให้คำปรึกษาและแก้ไขวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน บุคลากรและเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ที่ได้ให้คำปรึกษาและอนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่และอุปกรณ์ ตลอดจนความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณพี่วันทนา ร้อยกรอง พี่สมพงษ์ เทพทา และคุณนิภัทรฌา ต้นนาจารที่ให้ความช่วยเหลือในการดูแลแปลงทดลองภาคสนามจนทำการทดลองสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณพี่ๆ และเพื่อนๆ ที่ให้คำปรึกษาทางวิทยานิพนธ์ ร่วมทั้งกำลังกายและกำลังใจที่มอบให้ข้าพเจ้า

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ ชลอ แสงอ่อน และคุณแม่ ศุภมาส แสงอ่อน รวมทั้งน้องชายและครอบครัวของข้าพเจ้า ที่ได้อบรมเลี้ยงดู สนับสนุนในการศึกษาและเป็นกำลังใจแก่ข้าพเจ้าเสมอมา

ศุภลักษณา แสงอ่อน

ธันวาคม 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	24
อุปกรณ์	24
วิธีการ	26
ผลและวิจารณ์	35
สรุปและข้อเสนอแนะ	80
สรุป	80
ข้อเสนอแนะ	80
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	81
ภาคผนวก	91
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	97

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณน้ำฝนรวมต่อเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 บริเวณแปลงศูนย์วิจัยและพัฒนาอาชีพแก่เกษตรกร ตำบลเพนียด อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตลพบุรี)	36
2	ปริมาณน้ำฝนรวมต่อเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนมกราคม 2553 บริเวณแปลงเกษตรกร หมู่บ้านมะนาวหวาน ตำบลดีลัง อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี	37
3	อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดและอุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 บริเวณแปลงศูนย์วิจัยและพัฒนาอาชีพแก่เกษตรกร ตำบลเพนียด อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตลพบุรี)	40
4	อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดและอุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ.2553 บริเวณแปลงเกษตรกร หมู่บ้านมะนาวหวาน ตำบลดีลัง อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี	41
5	สมบัติทางเคมี กายภาพและธาตุอาหารพืชในดินชุดดินสตึกก่อนทดลอง	44
6	สมบัติทางเคมี กายภาพและธาตุอาหารพืชในดินชุดดินปากช่องก่อนทดลอง	46
7	อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ ที่มีต่อความสูงของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ในแต่ละสัปดาห์หลังปลูก	49
8	อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ ที่มีต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ในแต่ละสัปดาห์หลังปลูก	51

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
9	อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อน้ำหนักผลผลิตหัวสด น้ำหนักต้นและใบสด น้ำหนักต้นและใบแห้ง ดัชนีการเก็บเกี่ยว เปอร์เซ็นต์แป้งและผลผลิตแป้งของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินชุดดินสตึก	58
10	อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อความเข้มข้นและปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินชุดดินสตึก	60
11	อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ ที่มีต่อความสูงของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ที่ ในแต่ละสัปดาห์หลังปลูก	66
12	อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ ที่มีต่อเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ในแต่ละสัปดาห์หลังปลูก	68
13	อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อน้ำหนักผลผลิตหัวสด น้ำหนักต้นและใบสด น้ำหนักต้นและใบแห้ง ดัชนีเก็บเกี่ยว เปอร์เซ็นต์แป้งและผลผลิตแป้งของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ที่ปลูกในดินชุดดินปากช่อง	73
14	อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อความเข้มข้นและปริมาณการดูดใช้ของฟอสฟอรัสในมวลชีวภาพส่วนเหนือดินและการดูดใช้ฟอสฟอรัสของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ที่ปลูกในดินชุดดินปากช่อง	75

ตารางผนวกที่

1	pH ดิน	92
2	อินทรียวัตถุ (organic matter)	93
3	ปริมาณไนโตรเจนรวม (total nitrogen)	93
4	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P)	94
5	ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available K)	94

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
6	ด่างที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable base)	95
7	ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน(cation exchange capacity: CEC)	95
8	ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่สกัดได้จากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (electrical conductivity: EC)	96

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	วัฏจักรฟอสฟอรัส	16
2	การคาดคะเนอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสสำหรับมันสำปะหลังที่ปลูกในดินชุดดินสตึกด้วยโปรแกรม PDSS	28
3	การคาดคะเนอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสสำหรับมันสำปะหลังที่ปลูกในดินชุดดินปากช่องด้วยโปรแกรม PDSS	28
4	ปริมาณน้ำฝนรวมต่อเดือน ตั้งแต่มกราคมถึง ธันวาคม พ.ศ. 2552 บริเวณแปลงศูนย์วิจัยและพัฒนาอาชีพแก่เกษตรกร ตำบลเพนียด อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตลพบุรี)	38
5	ปริมาณน้ำฝนรวมต่อเดือน ตั้งแต่มกราคม พ.ศ. 2552 ถึง มกราคม 2553 บริเวณ แปลงเกษตรกร หมู่บ้านมะนาวหวาน ตำบลดีลัง อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี	38
6	อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดและอุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนบริเวณแปลงศูนย์วิจัยและพัฒนาอาชีพแก่เกษตรกรตำบลเพนียดอำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตลพบุรี)	42
7	อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดและอุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือน บริเวณแปลงเกษตรกรหมู่บ้านมะนาวตำบลดีลัง อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี	42
8	ความสูงของต้นมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 อายุ 3-27 สัปดาห์หลังปลูก ที่ปลูกในดินชุดดินสตึก เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ	53
9	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 อายุ 3-27 สัปดาห์หลังปลูก ที่ปลูกในดินชุดดินสตึก เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ	53

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
10	การตอบสนองของผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินชุดดินสตึก	62
11	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของมวลชีวภาพส่วนเหนือดินกับน้ำหนักสดของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินชุดดินสตึก	62
12	ความสัมพันธ์ระหว่างปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ ต่อความเข้มข้นฟอสฟอรัสของมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินชุดดินสตึก	63
13	ความสัมพันธ์ระหว่างการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินชุดดินสตึก	64
14	ความสูงของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 อายุ 17-33 สัปดาห์หลังปลูก ที่ปลูกในดินชุดดินปากช่อง เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ	69
15	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 อายุ 17-33 สัปดาห์หลังปลูก ที่ปลูกในดินชุดดินปากช่อง เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ	69
16	การตอบสนองของน้ำหนักหัวมันสำปะหลังสดพันธุ์ระยอง 5 ต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆที่ปลูกในดินชุดดินปากช่อง	77
17	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของมวลชีวภาพส่วนเหนือดินกับน้ำหนักมันสำปะหลังสดของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ที่ปลูกในดินชุดดินปากช่อง	77

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
18	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่กับความเข้มข้นฟอสฟอรัสในมวลชีวภาพส่วนเหนือดินมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ที่ปลูกในดินชุดดินปากช่อง	78
19	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่กับปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ที่ปลูกในดินชุดดินปากช่อง	79

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

N = Nitrogen

P = Phosphorus

K = Potassium

Extr. = Extractable

PDSS = Phosphorus Decision Support System

HI = Harvest index

DMRT = Duncan's new multiple's range test

CV = Coefficient of variation

LRP = Linear Response Plateau Model

R^2 = Coefficient of determination

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนชนิดหยาบและดินเนื้อละเอียด

Response to Phosphorus Fertilization of Cassava Planted on Coarse- and Fine Textured Soils

คำนำ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* (L.) Crantz) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทย มีพื้นที่ปลูก เก็บเกี่ยวและให้ผลผลิตสูงเป็นอันดับ 3 ของโลก รองจากไนจีเรียและบราซิล จากอดีตจนถึงปัจจุบันมีพื้นที่เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในปี 2553 มีพื้นที่เก็บเกี่ยวสูงถึง 7.4 ล้านไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3.4 ตันต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) มูลค่าการส่งออกมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์สูงถึง 52,715 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554)

มันสำปะหลังนอกจากจะใช้เพื่อการบริโภคภายในประเทศและเพื่อการส่งออกแล้ว ยังนำมาผลิตเอทานอลเพื่อใช้เป็นองค์ประกอบในการผลิตแก๊สโซฮอล (gasohol) ซึ่งมีส่วนช่วยในการทดแทนการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศ มันสำปะหลังจึงเป็นที่ได้รับความสนใจใช้เป็นพืชพลังงานทางเลือกและเป็นที่ต้องการของตลาดมากขึ้น แต่เมื่อพิจารณาจากผลผลิตเฉลี่ยในแปลงเกษตรกรที่ได้ประมาณ 3.4 ตันต่อไร่นี้ ยังอยู่ในระดับที่ต่ำหากเปรียบเทียบกับผลผลิตที่ได้จากแปลงทดลอง ซึ่งได้ประมาณ 10-12 ตันต่อไร่ (ข้อมูลส่วนบุคคล) แนวทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มผลผลิตต่อไร่ให้สูงขึ้นคือ การรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพิ่มปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมให้กับมันสำปะหลังอย่างเหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อปลูกมันสำปะหลังในดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำ เช่น ดินทรายจัดหรือดินเหนียวซึ่งจะมีการตรึงฟอสฟอรัสในดินสูง เป็นสาเหตุให้มันสำปะหลังขาดธาตุฟอสฟอรัส ทำให้การเติบโตของลำต้นและใบ การสังเคราะห์แสงและดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area index) ลดลง (Pellet and El-Sharkawy,1993) นอกจากนี้การศึกษาเพื่อทราบการตอบสนองต่อธาตุอาหารของมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์เมื่อปลูกในดินที่มีลักษณะประจำตัวและความอุดมสมบูรณ์ต่างกันและปลูกในสภาพภูมิกาศต่างกัน ก็เป็นแนวทางหนึ่งที่ควรศึกษา เนื่องจากเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเติบโตและให้ผลผลิตของ มันสำปะหลังโดยตรง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สามารถนำการตอบสนองต่อปุ๋ยที่ศึกษามากำหนดเป็นอัตราการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสมแก่มันสำปะหลังได้ เนื่องจากในปัจจุบันคำแนะนำอัตราปุ๋ยมันสำปะหลัง ยังเป็นคำแนะนำแบบกว้างๆ ไม่เฉพาะเจาะจงกับลักษณะดิน โดยเฉพาะชุดดิน ทำให้การใส่ปุ๋ยกับมันสำปะหลังอาจน้อยหรือมากเกินไป ไม่ตรงกับความต้องการของมันสำปะหลัง หากได้คำแนะนำที่เหมาะสม ก็จะช่วยให้การใช้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพมากขึ้น ช่วยลดการปนเปื้อนของปุ๋ยต่อสภาพแวดล้อมเนื่องจากการใช้ปุ๋ยปริมาณมากเกินความจำเป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 เมื่อปลูกในดินชุดดินสตึกต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่าง ๆ

2. ศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 เมื่อปลูกในดินชุดดินปากช่องต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่าง ๆ

3. เพื่อหาอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลังทั้ง 2 พันธุ์ที่ปลูกในดินชุดดินสตึกและชุดดินปากช่อง จังหวัดลพบุรี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังจัดเป็นพืชหัวชนิดหนึ่ง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Manihot esculenta* (L.) Crantz มีชื่อสามัญหลายชื่อตามภาษาต่างๆ ได้แก่ Cassava, Yuca, Manioc, Mandioa และ Tapioca ถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อนของทวีปอเมริกาโดยเฉพาะในอเมริกาใต้ แถบประเทศเปรู เม็กซิโก กัวเตมาลา และฮอนดูรัส ซึ่งสันนิษฐานว่ามีการปลูกมันสำปะหลังประมาณ 3,000 ถึง 7,000 ปี มาแล้ว ต่อมาขยายไปทั่วเขตร้อนของทวีปอเมริกาและได้ขยายไปสู่พื้นที่อื่นๆ ของโลก (ดนัย, 2537)

สำหรับประเทศไทยแต่เดิมเรียกว่า มันไม้ มันสำโรง ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือเรียก มันต้นเตี้ย ทางภาคใต้เรียก มันเทศ ปัจจุบันเรียกมันสำปะหลัง ประเทศไทยมีการปลูกมันสำปะหลังเป็นการค้าเพื่อใช้ในการทำแป้งและสาคูเป็นเวลานาน

1.1 ความสำคัญของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชอาหารที่สำคัญเป็นอันดับ 5 รองจากข้าว ข้าวสาลี ข้าวโพด และมันฝรั่ง เป็นพืชที่สำคัญของประเทศในเขตร้อน โดยเฉพาะประเทศต่างๆ ในทวีปอัฟริกาและทวีปอเมริกาใต้

ปัจจุบันมีความต้องการมันสำปะหลังมากเพื่อใช้ในการผลิตเอทานอล เลี้ยงสัตว์และอุตสาหกรรมมีเพิ่มมากขึ้น ทำให้ผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงมีการขยายพื้นที่ปลูกไปยังจังหวัดอื่นๆ เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่การปลูกมากที่สุด ปี พ.ศ. 2548 ถึง 2553 มูลค่าการส่งออกมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์มีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยปี 2553 มีพื้นที่เก็บเกี่ยวสูงถึง 7.4 ล้านไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3.4 ตันต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) มีมูลค่าการส่งออกมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์สูงถึง 52,715 ล้านบาท พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังประเทศไทยจัดเป็นอันดับที่ 3 ของโลกรองจากประเทศไนจีเนียและบราซิล (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 ลักษณะทางพฤษศาสตร์ของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ (dicotyledoneae) อยู่ในวงศ์ Euphobiaceae จัดเป็นพืช C_3-C_4 (intermediate photosynthetic plant) มีเอนไซม์ phosphoenol pyruvate carboxylase (PEP-Case) ทำหน้าที่ตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสังเคราะห์แสงในไซโทพลาสซึม (cytoplasm) แต่จะไม่พบโครงสร้างที่เรียกว่า Kranz anatomy หรือ bundle sheath ซึ่งจะพบได้ในพืช C_4 เท่านั้น ปากใบ (stomata) ของมันสำปะหลังจะอยู่ที่ผิวด้านล่างของใบ การปิดเปิดของปากใบขึ้นกับความชื้นในบรรยากาศมากกว่าความชื้นในดิน ในสภาพที่ดินขาดความชื้น แต่ความชื้นในบรรยากาศสูง ปากใบจะเปิดทำให้มันสำปะหลังสังเคราะห์แสงได้ (El-Sharkawy and Cock, 1984) ในสภาวะที่มันสำปะหลังขาดน้ำ ปากใบจะปิดเพียงบางส่วนเพื่อให้เอนไซม์ phosphoenol pyruvate carboxylase ซึ่งมีประสิทธิภาพในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีความเข้มข้นต่ำ และสามารถนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการหายใจกลับมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงได้ (El-Sharkawy and Cock, 1990) ซึ่งกลไกนี้ทำให้มันสำปะหลังสามารถปรับตัวได้ในสภาวะที่ขาดน้ำ อีกทั้งมีระบบรากที่พัฒนาให้ลึกลงทางผิวดินเพื่อดูดน้ำ ทำให้สามารถทนต่อสภาวะที่แห้งแล้งได้นาน 5-6 เดือน (Cock, 1985)

เจริญศักดิ์ (2532) มันสำปะหลังเป็นพืชทนแล้งได้ดี หลังจากการปลูกต้นมันสำปะหลังสามารถตั้งตัวได้ แม้จะขาดฝนนานติดต่อกัน 3-4 เดือน จึงเป็นพืชที่สำคัญในเขตที่มีฤดูแล้งยาวนานถึง 6 เดือนต่อปี ในสภาพกระทบแล้งมันสำปะหลังจะลดพื้นที่ใบโดยใบแก่จะร่วงไป การสร้างใบใหม่น้อยลงและมีขนาดเล็ก ปากใบบางส่วนจะปิดทำให้การคายน้ำน้อยลง จนกระทั่งมีฝนมันสำปะหลังจะดึงคาร์โบไฮเดรตที่สะสมในต้นและหัวมาใช้สร้างใบและยอดใหม่ มันสำปะหลังจึงสามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่บางแห่งที่มีปริมาณน้ำฝนต่อปีน้อยกว่า 1,000 มิลลิเมตร แต่หากปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 600 มิลลิเมตรต่อปี จะไม่สามารถปลูกมันสำปะหลังได้

Jones (1959) มันสำปะหลังสามารถเจริญเติบโตได้ในอุณหภูมิตั้งแต่ 13-35 องศาเซลเซียส และปลูกได้ตั้งแต่ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางจนถึง 2,000 เมตรเหนือจากระดับน้ำทะเล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3 พันธุ์

พันธุ์ของมันสำปะหลังจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่

1.3.1 ชนิดขม (bitter type)

มันสำปะหลังที่มีปริมาณของไซยาไนด์สูง ซึ่งจะมีความเป็นพิษ และมีรสชาติขมทำให้ไม่เหมาะสมต่อการบริโภค ต้องนำไปแปรรูปเป็นมันอัดเม็ดหรือมันเส้นแล้วจึงนำไปเลี้ยงสัตว์ได้ ซึ่งได่แก่ พันธุ์ระยอง 1, พันธุ์ระยอง 3, พันธุ์ระยอง 5, พันธุ์ระยอง 60, พันธุ์ระยอง 90 และพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

1.3.2 ชนิดหวาน (sweet type)

มันสำปะหลังที่ใช้เพื่อการบริโภค มีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคต่ำ ไม่มี รสขม สามารถใช้หัวสดทำอาหารได้โดยตรง เช่น นำไปนึ่ง เชื่อม หรือทอด ซึ่งได้แก่ พันธุ์ห้านาที และพันธุ์ระยอง 2

1.4 พันธุ์มันสำปะหลังที่ใช้ศึกษา

1.4.1 พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีชื่อเดิมว่า MKUC 28-77-3 ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ระยอง 1 และพันธุ์ระยอง 90 ที่สถานีวิจัยศรีราชาของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปี พ.ศ. 2527 เป็นผลงานวิจัยร่วมกันของ 3 หน่วยงานคือ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรมวิชาการเกษตร และศูนย์เกษตรเขตร้อนนานาชาติ (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT) เนื่องในวาระครบรอบ 50 ปี ของการก่อตั้งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เมื่อ พ.ศ. 2535 จึงใช้ชื่อมันสำปะหลังพันธุ์นี้ว่าเกษตรศาสตร์ 50 ลักษณะเด่นสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ทรงตัวสูง ปฏิบัติดูแลรักษาง่าย ต้นแข็งแรง มีความงอกดีและเก็บรักษาได้นาน เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง 4,529 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตมันแห้ง 1,548 กิโลกรัมต่อไร่ และคุณภาพดี มี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เปอร์เซ็นต์แป้งสูง 23.3 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตแป้ง 1,012 กิโลกรัมต่อไร่ ลักษณะประจำพันธุ์ มียอดอ่อนสีม่วง ไม่มีขน ใบที่เจริญเต็มที่สีเขียวอมม่วง แผ่นใบเป็นแบบหอก (lanceolate) ต้นสูงประมาณ 2.0-3.0 เมตร ลำต้นโค้ง มีสีเทาเงิน แตกกิ่งน้อย คือ 0-1 ระดับ หากแตกกิ่ง กิ่งแรกจะสูงจากพื้นประมาณ 1.50 เมตร กิ่งทำมุมกว้าง 75-90 องศา หัวมีขนาดสม่ำเสมอ เปลือกสีน้ำตาล เนื้อสีขาว ส่วนใหญ่ไม่พบการติดดอกออกผลภายใน 1 ปี ดอกและผลไม่ดก ดัชนีเก็บเกี่ยวประมาณ 0.65 ลักษณะด้อย ได้แก่ ในสภาพแวดล้อมผิดปกติจะมีการแตกกิ่งทำให้ไม่สะดวกในการปฏิบัติดูแล (อัจฉรา และ จรุงสิทธิ์, 2537)

พันธุ์นี้ได้รับการส่งเสริมและเป็นที่ต้องการของเกษตรกรมาก มีการนำไปปลูกที่ประเทศเวียดนามโดยเปลี่ยนชื่อเป็นพันธุ์ KM 94 ในปี พ.ศ. 2545 ประเทศเวียดนามมีการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์นี้ ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั้งหมด สำหรับประเทศเพื่อนบ้านอื่นๆ เช่น อินโดนีเซีย กัมพูชา ลาว และพม่า ต่างก็ใช้มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ปลูกเป็นหลักเช่นกัน (ประภาส, 2552)

1.4.2 พันธุ์ระยอง 5

พันธุ์ระยอง 5 เป็นพันธุ์ที่ผ่านการรับรองจากกรมวิชาการเกษตร เมื่อวันที่ 28 ตุลาคม พ.ศ. 2537 ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ 27-77-10 กับพันธุ์ระยอง 3 ในปี พ.ศ. 2525 โดยศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ลักษณะเด่นคือให้ผลผลิตหัวสดสูง 4,420 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตมันแห้งสูง 1,550 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตแป้งสูง 1,030 กิโลกรัมต่อไร่ (ฤดูฝน) เปอร์เซ็นต์แป้ง 22.3 เปอร์เซ็นต์ ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ต้นพันธุ์มีความงอกดี ลักษณะประจำพันธุ์จะมียอดอ่อนสีม่วงอ่อน ใบที่เจริญเต็มที่สีเขียวแก่ ก้านใบสีแดงเข้ม แผ่นใบมีรูปร่างแบบใบหอก (lanceolate) ต้นสูงประมาณ 1.7-2.2 เมตร ลำต้นมีสีน้ำตาลอ่อนอมเขียว แตกกิ่ง 2-3 ระดับ ระดับแรกสูงจากพื้นดินประมาณ 100-200 เมตร กิ่งทำมุมประมาณ 40-60 องศา หัวอ้วนสั้นเก็บเกี่ยวง่าย เปลือกนอกสีน้ำตาลอ่อน เนื้อสีขาว ออกดอกได้ภายใน 1 ปี ดอกและผลค่อนข้างดก ต้านทานโรคใบไหม้ ปานกลาง ดัชนีเก็บเกี่ยวประมาณ 0.67 ลักษณะด้อยพบอาการโรคใบไหม้มากกว่าพันธุ์อื่น แต่ไม่มีผลต่อผลผลิต (อัจฉรา และ จรุงสิทธิ์, 2537; ชาญ และคณะ, 2538)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Rodjanaridpiched *et al.* (1993) แบ่งพันธุ์มันสำปะหลังออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นพันธุ์ที่มีดัชนีการเก็บเกี่ยวสูง แต่มีผลผลิตมวลชีวภาพทั้งหมด (total biomass) ต่ำ ได้แก่พันธุ์ระยอง 3 กลุ่มที่สองเป็นพันธุ์ที่ดัชนีการเก็บเกี่ยวสูง แต่ผลผลิตมวลชีวภาพทั้งหมดใกล้เคียงกับพันธุ์ระยอง 1 ซึ่งได้แก่ พันธุ์ระยอง 60 และระยอง 90 และกลุ่มที่สามมีดัชนีการเก็บเกี่ยวสูง และผลผลิตพืชทั้งหมดสูงด้วย ได้แก่ มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และพันธุ์ระยอง 5

2. ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่จัดอยู่ในกลุ่มของธาตุอาหารหลักเช่นเดียวกับไนโตรเจนและโพแทสเซียม แต่ปริมาณฟอสฟอรัสในดินโดยเฉลี่ยมีเพียง 0.06 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนและโพแทสเซียม เป็น 0.14 และ 0.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) แต่พืชมีความต้องการฟอสฟอรัส 0.3–0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง (ชัยฤกษ์, 2536)

2.1 ฟอสฟอรัสในโครงสร้างของสาร

2.1.1 กรดนิวคลีอิก แอซิด (nucleic acids)

กรดนิวคลีอิก มี 2 ชนิด คือ DNA (deoxyribonucleic acid) กับ RNA (ribonucleic acid) หน่วยโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก คือ โมโนนิวคลีโอไทด์ (mononucleotide) ซึ่งจะต่อกันเป็นสายด้วยพันธะ 3, 5 diphosphodiester bond ได้พอลินิวคลีโอไทด์

โมโนนิวคลีโอไทด์ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ น้ำตาลไรโบส ไนโตรจีนัสเบส (nitrogenous base) และอนุมูลฟอสเฟต น้ำตาลไรโบสใน DNA คือ ดีออกซีไรโบส ส่วนใน RNA คือ ไรโบสทั้ง DNA และ RNA มีเบส 2 ชนิดคือ เพียวรีน และ ไพริมิดีน จึงถือว่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบสำคัญในโครงสร้างสาร

ดีเอ็นเอเป็นสารที่เก็บข้อมูลทางพันธุกรรมซึ่งมีโมเลกุลยาวมาก พบในนิวเคลียส ไมโทคอนเดรียและคลอโรพลาสต์ ส่วน RNA สร้างขึ้นมาจากดีเอ็นเอ มี 3 ชนิด คือ 1) mRNA ทำหน้าที่นำรหัสจาก DNA เพื่อเป็นแม่พิมพ์ในการสังเคราะห์โปรตีน 2) tRNA ทำหน้าที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พากรดอะมิโนมายัง mRNA เพื่อให้ต่อเรียงกันตามลำดับตรงตามแบบที่ mRNA กำหนดไว้ 3) rRNA อยู่ในไรโบโซมมีบทบาทร่วมอยู่ในการสังเคราะห์โปรตีน

2.1.2 ฟอสโฟลิพิด (phospholipid)

ฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของฟอสฟอลิพิดในเยื่อของสิ่งมีชีวิต โดยฟอสฟอรัสทำหน้าที่เชื่อมระหว่างไดกลีเซอไรด์กับโมเลกุลอื่นๆ ฟอสฟอลิพิดมีบทบาทในการสร้างเสถียรภาพของเยื่อ เนื่องจากสารนี้ด้านหนึ่งชอบไขมัน อีกด้านชอบน้ำและหันเข้าหาสารละลาย เนื่องจากเยื่อมีฟอสโฟลิพิดสองชั้น เมื่อด้านที่ชอบไขมันหันมารวมกันอยู่ส่วนในทั้งหมดจึงมีเสถียรภาพ

2.1.3 อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (adenosine triphosphate: ATP)

ATP เป็นสารประกอบพลังงานสูง ซึ่งมีบทบาทสำคัญในระบบชีวเคมีของเซลล์ เมื่อ ATP ผ่านกระบวนการไฮโดรไลซีสซึ่งเร่งปฏิกิริยาด้วยเอนไซม์ ATPase จะได้ ADP (adenosine diphosphate) หรือ AMP (adenosine monophosphate) เนื่องจาก ATP มีพลังงานสูงกว่า ADP ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงจาก ATP เป็น ADP จึงปลดปล่อยพลังงานออกมา เพื่อใช้ในปฏิกิริยาต่างๆ ในเซลล์ได้ นอกจากนี้ผลของปฏิกิริยายังมีอนินทรีย์ฟอสเฟต (Pi) และโปรตอน (H^+) ด้วย ATP เป็นแหล่งพลังงานทางเคมีที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต

2.1.4 โคเอนไซม์ (coenzymes)

โคเอนไซม์ คือ สารอินทรีย์ซึ่งเอนไซม์บางชนิดต้องการเพื่อให้มีกิจกรรมได้ โคเอนไซม์ที่สำคัญในเมแทบอลิซึมของพืช ได้แก่

1) NAD^+ (nicotinamide adenine dinucleotide) และ $NADP^+$ (nicotinamide adenine dinucleotide phosphate) เป็นโคเอนไซม์สำหรับเอนไซม์ดีไฮโดจีเนส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดย $NADP^+$ แตกต่างจาก NAD^+ เนื่องจากมีฟอสเฟตเพิ่มอีกหนึ่งตัวที่น้ำตาลตรงคาร์บอนตำแหน่งที่สองเท่านั้น ในแง่การทำหน้าที่ $NADP^+$ ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ส่วน NAD^+ ใช้ในกระบวนการหายใจ

2) FAD (flavin adenine dinucleotide) สังเคราะห์ได้จากวิตามินบี 2 ทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์สำหรับเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน เช่นไนเตสรีดักเทส คอมเพล็ก สารนี้มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ

3) โคเอนไซม์เอ (coenzyme A) มีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถันเป็นองค์ประกอบ ทำหน้าที่เป็นพาหะของหมู่แอซีทิล (acetyl) หรือหมู่เอซิล (acyl) ในปฏิกิริยาที่เกี่ยวกับการสลายและการสังเคราะห์ไขมัน ร่วมอยู่ในการออกซิไดซ์กรดไพรูวิก (pyruvic acid) ได้แอซีทิลโคเอ (acetyl CoA) ในวัฏจักรเครบส์

4) สารประกอบฟอสเฟตอื่นๆ ในเมแทบอลิซึมของพืชมีสารอินทรีย์ฟอสเฟตจำนวนมากเกี่ยวข้องอยู่ด้วย เช่น วัฏจักรเคลวิน (Calvin cycle) ของกระบวนการสังเคราะห์แสงมี ribulose bisphosphate, phosphoglyceraldehyde ส่วนวิถีไกลโคลไลซิส (glycolysis) มี glucose-6-phosphate, fructose-1,6-diphosphate, glyceraldehydes phosphate และวัฏจักรเครบส์ (Krab's cycle) มี guanosine triphosphate (GTP) ซึ่งเป็นสารที่ให้พลังงานสูงอีกรูปหนึ่ง สารประกอบอนินทรีย์ฟอสเฟต (Pi) มีบทบาทสำคัญในการควบคุมเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและการสังเคราะห์แสงตลอดจนด้านอื่นๆ (ยงยุทธ, 2552) สรุปเป็นประเด็นหลักได้ดังนี้

ก. หากคลอโรพลาสต์ที่แยกจากเซลล์แล้ว ได้รับ Pi มากเกินไป (3.5 มิลลิโมลาร์) อัตราการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์และการสังเคราะห์แป้งจะลดลง สาเหตุที่ Pi ความเข้มข้นสูงมีผลให้การสังเคราะห์แป้งลดลงมีสองประการคือ ประการแรก Pi ยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ ADP-glucosepyrophosphorylase และ ประการที่สอง Pi กระตุ้นให้ไตรโอสฟอสเฟต (3-phosphoglycerate) เคลื่อนย้ายจากสโตรมา (stroma) ของคลอโรพลาสต์มายังไซโทพลาสซึม เนื่องจากไตรเอสฟอสเฟตเป็นทั้งตัวกระตุ้นเอนไซม์ที่สร้างแป้งและเป็นซับสเทรตของกระบวนการดังกล่าว กระบวนการสร้างแป้งในคลอโรพลาสต์จึงลดลงเมื่อมี Pi มากเกินไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข. อัตราการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรเคลวินลดลง หากมี Pi ในคลอโรพลาสต์มาก เนื่องจากไตรโอสฟอสเฟตถูกกระตุ้นให้เคลื่อนที่ย้ายออกจากคลอโรพลาสต์ ทำให้อัตราการหายใจ สร้างไรบูโบสบิสฟอสเฟต (RuBP) ขึ้นมาใหม่น้อยลงกว่าปกติ เมื่อมีไรบูโลสบิสฟอสเฟตซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรับคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เพียงพอ อัตราการสังเคราะห์แสงในขั้นตอนนี้ย่อมลดลง หากพืชขาดฟอสฟอรัสในระยะแรกนั้นจะมีการสะสมแป้งในคลอโรพลาสต์ แต่แป้งส่วนนี้เคลื่อนที่ย้ายออกจากใบได้ยาก

ค. Pi มีบทบาทควบคุมการสังเคราะห์แป้งในอะไมโลพลาสต์ (amyloplasts) ของเนื้อเยื่อสะสม กล่าวคือ กระบวนการสังเคราะห์แป้งในอะไมโลพลาสต์จากเนื้อเยื่อหัวมันฝรั่งและหัวมันสำปะหลัง ซึ่งกระตุ้นกิจกรรมโดยเอนไซม์ ADP-glucose-pyrophosphorylase จะชะงักลงเมื่อ Pi มากเกินไป

2.2 ฟอสฟอรัสกับการเจริญเติบโตของพืช

พืชต้องการฟอสฟอรัส 0.3-0.5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักแห้ง) เพื่อให้การเจริญเติบโตลำต้นและใบ (vegetative stage) เป็นไปตามปกติ สำหรับระดับที่ถือว่าเป็นพิษ คือ สูงกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักแห้ง) พืชที่ขาดฟอสฟอรัสจะมีการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ ได้แก่ ใบขยายขนาดช้าจึงเล็ก และจำนวนใบน้อย สาเหตุที่แผ่นใบมีการขยายช้าก็เพราะเซลล์ชั้นผิวไม่ค่อยขยายตัว อันเนื่องมาจากเซลล์ชั้นผิวมีฟอสฟอรัสต่ำ และสภาพนำน้ำของรากลดลง (root hydraulic conductivity) ในเบื้องต้นจะแสดงอาการที่ใบแก่สีเขียวเข้มหรือสีม่วงคล้ำ เนื่องจากมีการสะสมของแอนโทไซยานิน การขาดธาตุฟอสฟอรัสของพืชมีผลกระทบต่อการเจริญพันธุ์อย่างมาก เช่น การออกดอกช้า จำนวนดอก ผล และเมล็ดลดลง การที่ใบเสื่อมตามอายุและร่วงหล่นเร็วกว่าปกติเป็นสาเหตุหนึ่งซึ่งทำให้ผลผลิตเมล็ดต่ำ (Brady and Weil, 2002) อย่างไรก็ตามแม้ว่าการขยายขนาดของใบจะลดลงอย่างมาก แต่ปริมาณโปรตีนและคลอโรฟิลล์ต่อหน่วยพื้นที่ใบลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากขนาดใบลดลงมาก แต่คลอโรฟิลล์ลดน้อยกว่าทำให้ใบพืชที่ขาดฟอสฟอรัสในระยะแรกมีสีเขียวเข้มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาอัตราการสังเคราะห์แสงต่อหน่วยของคลอโรฟิลล์พบว่ามีค่าลดลง เมื่อการเจริญเติบโตในส่วนเหนือดินลดลงมาก แต่มีผลกระทบต่อรากน้อย ดังนั้นพืชที่ขาดฟอสฟอรัสจึงมีค่าสัดส่วนระหว่างส่วนเหนือดินกับราก (shoot-root ratio) ลดลงด้วย และการขาดฟอสฟอรัสยังเป็นสาเหตุที่ทำให้การกระจายของคาร์โบไฮเดตลงอยู่ที่ราก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มากขึ้น ด้วยเหตุนี้รากพืชที่ขาดฟอสฟอรัสยังสามารถยืดตัวได้ดีในขณะที่ส่วนเหนือดินหยุดการเจริญเติบโตแล้ว พฤติกรรมนี้ คือ ความพยายามที่จะรักษาสภาพให้รากมีความสามารถหาธาตุอาหารที่ขาดแคลนมาเพิ่มเติม (ยงยุทธ, 2552)

อาการเป็นพิษหากได้รับฟอสฟอรัสมากเกินไป คือ ในบางครั้งจะแสดงอาการคล้ายกับอาการขาดธาตุสังกะสี ทำให้ผลผลิตลดลง ทั้งนี้เพราะฟอสฟอรัสไปมีผลทำให้พืชแก่เร็วกว่าปกติ ในขณะที่พืชยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ และทำให้การเจริญเติบโตส่วนเหนือดินลดลง (นฤมล, 2531; Millar, 1959)

2.3 ฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังมีความทนทานต่อดินที่มีปริมาณของฟอสฟอรัสในสารละลายดินต่ำได้ แต่ในความเป็นจริงแล้วการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังจะมีความต้องการฟอสฟอรัสในปริมาณสูง (โชติ และ ชาญ, 2537) ถึงแม้ว่ามันสำปะหลังมีการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสในปริมาณน้อยกว่าธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียม แต่ฟอสฟอรัสมีบทบาทเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของลำต้น ใบ และผลผลิต มากกว่าการเจริญเติบโตของราก หากได้รับฟอสฟอรัสไม่เพียงพอจะส่งผลให้ดัชนีพื้นที่ใบและการสังเคราะห์แสงของมันสำปะหลังลดลง การออกดอกช้า จำนวนดอก ผล และเมล็ดลดลง ใบเสื่อมตามอายุและร่วงหล่นเร็วกว่าปกติ ทำให้ผลผลิตหัวมันลดลง (Pellet and El-Sharkawy, 1993)

2.4 รูปของฟอสฟอรัสในดิน

2.4.1 ฟอสฟอรัสอินทรีย์ (organic phosphorus)

ฟอสฟอรัสอินทรีย์ ได้แก่ สารประกอบอินทรีย์พวก phytin, phospholipids และ nucleic acids ฟอสฟอรัสรูปดังกล่าวไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชโดยตรง ต้องใช้จุลินทรีย์ดินทำการเปลี่ยนแปลงรูปไปอยู่ในรูปของ orthophosphate ($H_2PO_4^-$,HPO_4^{2-}, PO_4^{3-}) เสียก่อนพืชจึงจะใช้ประโยชน์ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4.2 ฟอสฟอรัสอนินทรีย์ (inorganic phosphorus)

ฟอสฟอรัสอนินทรีย์ (inorganic phosphorus) เป็นแหล่งที่สำคัญให้ธาตุฟอสฟอรัสแก่พืชที่ปลูกในดินทั่วไป สารประกอบฟอสฟอรัสประเภทนี้มีหลายชนิดซึ่งจะพบเป็นปริมาณหรือสัดส่วนแตกต่างกันไปตามชนิดของดิน โดยขึ้นอยู่กับความเป็นกรดด่างของดิน ประเภทเนื้อดินและองค์ประกอบบางประการของดิน

2.5 การตรึงฟอสฟอรัส

การตรึงฟอสฟอรัสในดิน (phosphorus fixation) เป็นการเปลี่ยนธาตุฟอสฟอรัสจากรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืช เกิดการทำปฏิกิริยากับแร่ธาตุและสารประกอบต่างๆ ในดินแล้วเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบฟอสเฟตอยู่ในรูปที่ละลายได้ยากขึ้น ส่งผลให้พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้โดยตรง ซึ่งฟอสฟอรัสที่มีอยู่ดั้งเดิมในดินส่วนมากจะอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช ปริมาณฟอสฟอรัสขึ้นอยู่กับความเป็นกรด-ด่างของดินเป็นอย่างมาก กล่าวคือ ถ้าดินมี pH ต่ำกว่า 5.5 ฟอสเฟตจะถูกตรึงโดยธาตุเหล็ก (Fe-P) และอะลูมินัม (Al-P) ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ลดต่ำลง และถ้า pH ของดินมากกว่า 7 ฟอสเฟตจะถูกตรึงโดยธาตุแคลเซียม (Ca-P) ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสก็จะลดต่ำลงเช่นเดียวกัน ดังนั้นฟอสฟอรัสจะเป็นประโยชน์ต่อพืชมากที่สุดในระดับช่วง pH 6-7 (โชติ และ ชาญ, 2537) โดยมีกระบวนการตรึงฟอสฟอรัสในดินมีดังนี้

2.5.1 ฟอสเฟตไอออนในสารละลายดินทำปฏิกิริยากับไอออนบวกของธาตุเหล็ก อลูมินัม แมงกานีส แคลเซียมและแมกนีเซียม และตกตะกอนเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ยาก แบ่งปฏิกิริยาได้เป็น 2 กลุ่ม โดยขึ้นอยู่กับสภาพกรดด่างของดิน

1) สภาพของดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกรดจะเกิดปฏิกิริยาระหว่างฟอสเฟตไอออนกับไอออนของธาตุเหล็ก อลูมินัม แมงกานีส เนื่องจากสภาพดินที่เป็นกรดจะส่งเสริมให้สารประกอบของเหล็ก อลูมินัม แมงกานีส ละลายปลดปล่อยให้ธาตุดังกล่าวละลายออกมาอยู่ในดินเพิ่มมากขึ้น ดังสมการ

$$Al^{3+} + H_2PO_4^- + 2H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_2H_2PO_4 + 2H^+$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2) ในสภาพของดินด่าง ฟอสเฟตไอออนทำปฏิกิริยากับแคลเซียมและแมกนีเซียมหรือทำปฏิกิริยากับแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) หรือ แมกนีเซียมคาร์บอเนต ($MgCO_3$) ดังสมการ

$$3Ca^{2+} + 2H_2PO_4^- \rightleftharpoons Ca_3(PO_4)_2 + 4H^+$$

$$3CaCO_3 + 2H_2PO_4^- \rightleftharpoons Ca_3(PO_4)_2 + 3HCO_3^- + H^+$$

2.5.2 ฟอสเฟตไอออนในสารละลายดินทำปฏิกิริยากับ hydrous oxides ของธาตุเหล็กและอลูมินัม โดยที่อาจทำปฏิกิริยาแล้วตกตะกอนกันหรือดูดซับอยู่ที่ผิวของอนุภาค ซึ่งขบวนการตรึงฟอสฟอรัสนี้จะเกิดขึ้นได้ในช่วงที่ค่าปฏิกิริยาดินกว้างมาก (pH ตั้งแต่ 8 ลงมา) และปฏิกิริยาจะเกิดได้มากเมื่อดินมีค่า pH ลดลง

$$Al(OH)_3 + H_2PO_4^- \rightleftharpoons Al(OH)_2H_2PO_4 + OH^-$$

2.5.3 ฟอสเฟตไอออนในสารละลายดินทำปฏิกิริยากับแร่ดินเหนียว (clay mineral) แบ่งออกเป็นขบวนการต่างๆ ดังนี้

1) ฟอสเฟตไอออนในสารละลายดินแลกที่กับ OH^- ซึ่งเป็นส่วนประกอบอยู่ในโครงสร้างอนุภาคแร่ดินเหนียว ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นมากที่สุดในแร่ดินเหนียวประเภท 1:1

2) ฟอสเฟตไอออนในสารละลายดินทำปฏิกิริยากับธาตุแคลเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Ca) ที่ดูดยึดอยู่ที่ผิวของอนุภาคดินเหนียว และเกิดเป็นสารประกอบ clay-Ca-phosphate linkage ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นได้ดีในแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 โดยเฉพาะพวก montmorillonite

3) ฟอสเฟตไอออนในสารละลายดิน อาจดูดซับอยู่ตามจุดต่างๆ บนผิวของอนุภาคดินเหนียวตรงที่มีประจุบวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการตรึงฟอสฟอรัสในดิน

2.6.1 ปริมาณหรือความเข้มข้นของฟอสเฟตไอออนในสารละลายดินและระยะเวลาที่ฟอสเฟตได้ทำปฏิกิริยา

โดยทั่วไปดินแร่ (mineral soil) จะมีความสามารถในการตรึงฟอสฟอรัสได้เป็นปริมาณที่ไม่จำกัด กล่าวคือ ถ้าปริมาณของฟอสเฟตไอออนในสารละลายดินมีอยู่ในปริมาณมากปริมาณการตรึงฟอสเฟตก็จะเกิดมากขึ้นด้วย โดยอัตราการตรึงฟอสเฟตในช่วงแรกจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว และจะช้าลงหรือลดลงเมื่อเวลาผ่านไป

2.6.2 อุณหภูมิ

การตรึงฟอสเฟตไอออนในดินจะเกิดขึ้นได้ดีเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ดินในเขตร้อนจึงเกิดการตรึงฟอสฟอรัสได้ดีกว่าในดินเขตอบอุ่น

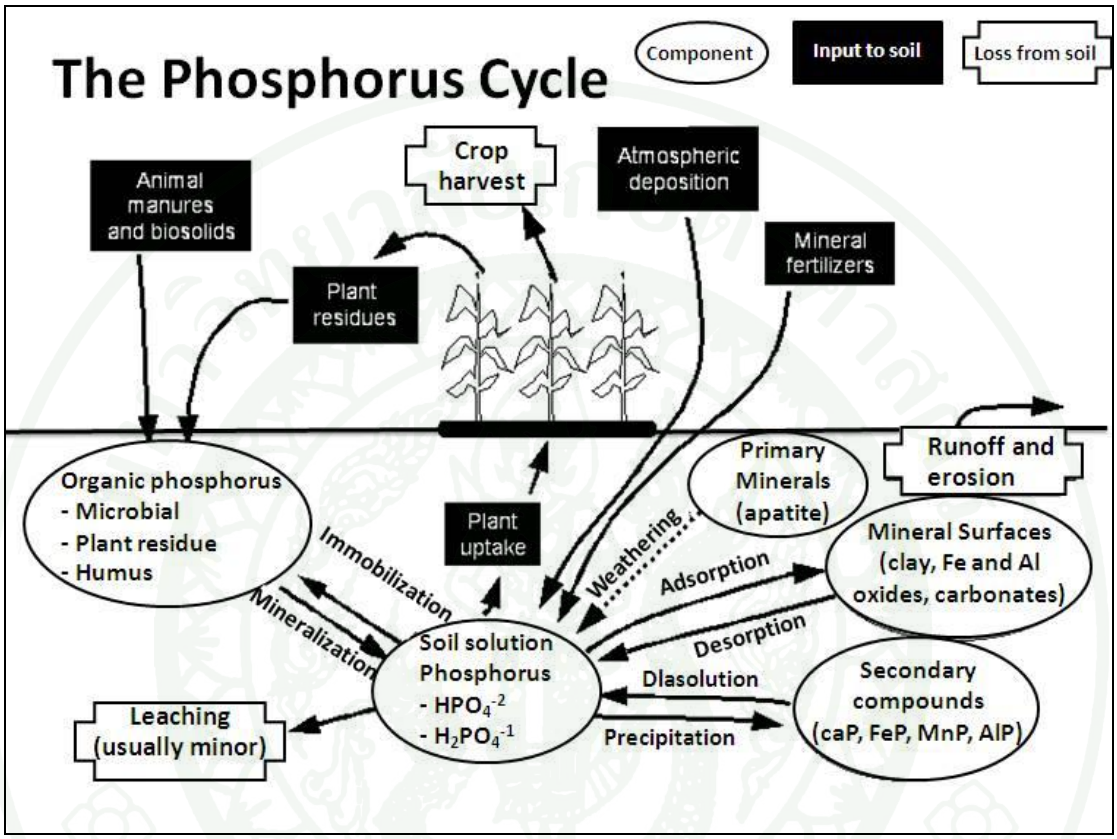
2.6.3 ปฏิกิริยาของดิน

ฟอสฟอรัสในดินที่เป็นประโยชน์ส่วนใหญ่จะอยู่ในสภาพที่ดินมี pH อยู่ระหว่าง 6-7 เนื่องจากการตรึงฟอสเฟตจะเกิดขึ้นเป็นปริมาณที่น้อยที่สุดหรือฟอสเฟตบางส่วนที่ถูกตรึงจะมีโอกาสถูกปลดปล่อยออกมาให้อยู่ในสารละลายดินได้มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่มีความเป็นกรดหรือเป็นด่างมากกว่า ถ้าดินมี pH ต่ำกว่า 6 ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะถูกตรึงด้วย Fe/Al oxides เกิดการตกตะกอนเป็น $FePO_4$ และ $AlPO_4$ ส่วนดินที่มีค่า pH สูงกว่า 7 ฟอสฟอรัสจะตกตะกอนกับ Ca^{2+} เกิดเป็นแร่ที่มีแคลเซียมและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ และถูกตรึงโดย $CaCO_3$ (Havlin *et al*., 2005)

ชัยฤกษ์ (2536) ได้อธิบายรายละเอียดได้ดังนี้ ฟอสฟอรัสในสารละลายดินเป็นแอนไอออนของกรดออโทฟอสฟอริก (H_3PO_4) รูปของแอนไอออนจึงมี 3 แบบ ขึ้นกับ pH ของสารละลายดิน เมื่อดินมี pH ต่ำกว่า 6.8 รูปที่เป็นประโยชน์และมีอยู่มากที่สุดคือ $H_2PO_4^-$ ซึ่งพืชจะดูดใช้ได้ง่ายที่สุด pH ระหว่าง 6.8-7.2 จะมีอยู่ในรูป HPO_4^{2-} มาก ซึ่งพืชดูดใช้ได้ช้ากว่ารูปแรก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หาก pH สูงกว่า 7.2 จะมี PO_4^{3-} เป็นส่วนใหญ่ซึ่งพืชดูดใช้ได้ยาก เมื่อพืชดูดฟอสเฟตไอออนเข้าไปในเนื้อเยื่อแล้วจะคงรูปอยู่ในสภาพของอนินทรีย์ฟอสเฟต (Pi) และองค์ประกอบในสารอินทรีย์



ภาพที่ 1 วัฏจักรฟอสฟอรัส

ที่มา: Mississippi State University (2011)

2.6.4 ชนิดของสารที่สามารถตรึงฟอสเฟตได้และขนาดอนุภาคของแร่ที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในดิน ได้แก่ สารประกอบพวก hydrous oxide ของเหล็กและอลูมินัมจะสามารถตรึงฟอสเฟตไอออนได้มากกว่าการตรึงโดยพวกแร่ดินเหนียว

2.6.5 ชนิดของไอออนบวกที่แลกเปลี่ยนได้ และปริมาณของไอออนลบชนิดอื่นในสารละลายดิน กล่าวคือ ถ้าไอออนบวกที่แลกเปลี่ยนได้ที่ดูดซับอยู่ที่ผิวของสารคอลลอยด์ดินเป็นพวกแคลเซียมเป็นส่วนใหญ่ก็มีแนวโน้มที่จะตรึงฟอสเฟตไอออนได้เป็นปริมาณที่มากขึ้นด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในทางตรงข้ามถ้าในสารละลายมีไอออนลบ เช่น ซิลิเกตหรือซัลเฟตปริมาณมากกว่าตรึงฟอสเฟตไอออนจะลดลง

2.7 การใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสสำหรับมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังสามารถเจริญเติบโตได้แม้อยู่ในสภาพที่ดินมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสต่ำ ในขณะที่อัตราการเติบโตสูงสุดของของมันสำปะหลังจะมีความต้องการฟอสฟอรัสสูงกว่าข้าว ข้าวโพด และ cowpeas เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ปุ๋ยฟอสฟอรัสจะช่วยเพิ่มผลผลิตของหัวมันสำปะหลังเฉพาะในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำจริงๆ เท่านั้น แต่ถ้าดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้นมาบ้างแล้ว ผลผลิตจะดีได้ก็ต่อเมื่อมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสเท่านั้น (Howeler, 2002)

Howeler (1991) การปลูกมันสำปะหลังมักประสบปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน เนื่องจากเมื่อปลูกติดต่อกันเป็นเวลานาน มีผลทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ ส่งผลให้ผลผลิตมันสำปะหลังต่ำ การที่จะรักษาผลผลิตให้คงเดิมหรือเพิ่มขึ้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการใช้ปุ๋ยเคมีและการจัดการที่ดี เมื่อปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันเป็นเวลานานส่งผลให้ธาตุอาหารในดินลดลง ผลผลิตมันสำปะหลังจึงลดลงตามลำดับ ดังนั้นการปลูกมันสำปะหลังจึงต้องใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตและรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน

โอภาษ (2550) การให้คำแนะนำในการใช้ปุ๋ยสำหรับมันสำปะหลังมักใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 หรือ 15-7-18 อัตรา 50-100 กิโลกรัมต่อไร่ แบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละ เท่าๆ กัน ใส่เมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 1 และ 3 เดือน

ปิยะ และคณะ (2542) รายงานว่า การใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับมันสำปะหลังจะแนะนำให้ใช้สูตร 15-15-15, 13-13-21, 15-7-18, 16-8-14 และ 16-8-16 อัตรา 50-100 กิโลกรัมต่อไร่ ในการเลือกใช้อัตราปุ๋ยจะพิจารณาจากชนิดและสภาพของดิน เช่นหากเนื้อดินเป็นดินทรายแปง หรือดินรวนปนทรายแปง ให้ใช้ปุ๋ยอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ดินมีเนื้อหยาบ เชน ดินรวนปนทรายดินทรายจะแนะนำให้ใช้ปุ๋ยในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โชติ และคณะ (2522) รายงานว่าการใส่ปุ๋ยอัตรา 8-16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ เพียงพอสำหรับการยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนปนทราย

โชติ และคณะ (2537) การตอบสนองของผลผลิตมันสำปะหลังต่อการใช้ปุ๋ยเคมีจะไม่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใช้ปุ๋ยเคมี ถ้าค่าวิเคราะห์อินทรียวัตถุ โพแทสเซียม และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าค่าวิกฤติ (critical level) สำหรับระดับวิกฤติของค่าวิเคราะห์อินทรียวัตถุในดิน พบว่ามีค่าเฉลี่ย 0.8 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ 7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ประภาส (2544) ศึกษาผลของปุ๋ยที่มีต่อผลผลิตและปริมาณแป้งของมันสำปะหลังในสายพันธุ์ระยอง 1 ระยอง 60 ระยอง 90 ระยอง 5 เกษตรศาสตร์ 50 MKUC 34-114-206 และ MKUC 34-114-17 ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 2 อัตรา คือไม่ใส่ปุ๋ยและใส่ปุ๋ย 50 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกในชุดดินมาบบอนและชุดดินโคราช ผลการทดลองในชุดดินมาบบอนพบว่าการใส่ปุ๋ยอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยของแต่ละพันธุ์เพิ่มขึ้นจากไม่ใส่ปุ๋ยประมาณร้อยละ 20-37 ยกเว้นพันธุ์ระยอง 60 แต่การใส่ปุ๋ยไม่มีผลทำให้ปริมาณแป้งเฉลี่ยแตกต่างกัน ส่วนในชุดดินโคราช พบว่าอัตราปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นทำให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยของทุกพันธุ์เพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 14-53 ปริมาณแป้งเฉลี่ยของแต่พันธุ์ประมาณ 23.6-26.9 เปอร์เซ็นต์

Pellet and El-Sharkawy (1993) รายงานว่าผลผลิตมันสำปะหลังถูกจำกัดโดยปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชที่ได้รับ สายพันธุ์มันสำปะหลังที่แตกต่างกันจะแสดงการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสได้ต่างกัน เนื่องจากความแตกต่างกันของสายพันธุ์มีความแตกต่างทางพฤษศาสตร์และกลไกการเจริญเติบโต โดยทำการศึกษามันสำปะหลัง 4 สายพันธุ์ คือ M Col 1684, CM 532-7, CM489-1 และ CMC 40 ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 4 อัตราได้แก่ 0, 50, 100 kg P ha^{-1} ร่วมกับ 100 kg NK ha^{-1} และตำรับควบคุมไม่ใส่ปุ๋ยทุกชนิด ในประเทศโคลัมเบีย พบว่าทุกสายพันธุ์ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ย NPK และมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักหัวมันสำปะหลังแห้ง รวมทั้งดัชนีพื้นที่ใบ เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย และมันสำปะหลังทุกสายพันธุ์มีการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัส แต่เมื่อเข้าสู่ฤดูปลูกปีที่สอง สายพันธุ์ M Col 1684 เท่านั้นที่ไม่พบการตอบสนองของน้ำหนักแห้ง และจำนวนหัวมันสำปะหลังต่อปุ๋ยฟอสฟอรัส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Cock (1985) การขาดฟอสฟอรัสอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการแบ่งสันปันส่วนของมวลชีวภาพ (biomass partitioning) ซึ่งจะจำกัดการเจริญเติบโตในยอดมากกว่าราก ดัชนีการเก็บเกี่ยว (Harvest index) จึงมักถูกนำมาใช้อธิบายลักษณะมวลชีวภาพและความแตกต่าง รวมทั้งกลไกการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์

3. ลักษณะดินที่ใช้ในการศึกษา

จากรายงานของกองสำรวจดินและจำแนกที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2548) ได้อธิบายรายละเอียดไว้ดังนี้

3.1 ดินชุดดินสตึก (Satuk soil series: Suk)

ดินชุดดินสตึกจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 35 เมื่อจำแนกดินจะได้เป็น Fine-loamy, siliceous, subactive, isohyperthermic Typic Paleustults ซึ่งเกิดจากตะกอนของหินตะกอนเนื้อหยาบชะมาทับถมบนพื้นผิวของการเกลี่ยผิวแผ่นดิน ลักษณะสภาพพื้นที่ ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงลูกคลื่นลอนลาดมีความลาดชัน 2-8 เปอร์เซ็นต์ สัณฐานของเป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินทรายปนดินร่วนสีน้ำตาลปนเทาเข้มหรือสีน้ำตาลเข้ม ดินล่างเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินร่วนเหนียวปนทราย สีน้ำตาลแก่ สีน้ำตาลปนเหลืองหรือสีเหลืองปนแดงดินมีการระบายน้ำดี การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง การซึมผ่านได้ของน้ำ ปานกลางถึงเร็ว ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.5-6.5) ในดินบนและเป็นกรดจัดถึงกรดรุนแรงมาก (pH 4.5-5.5) ในดินล่าง อาจพบก้อนเหล็กสะสมหรือจุดประในดินล่าง

ข้อจำกัดการใช้ประโยชน์ ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำ จึงเหมาะสมแก่การปลูกพืชไร่ เช่น มันสำปะหลัง ปอ ป่าทดแทนสำหรับทำไม้ใช้สอย และไม้ผล เช่น มะม่วง มะม่วงหิมพานต์ และควรปรับปรุงบำรุงดินโดยใช้ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยเคมี เพื่อช่วยปรับปรุงให้ดินมีสมบัติทาง กายภาพดีขึ้นและมีธาตุอาหารสมบูรณ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 ดินชุดดินปากช่อง (Pak Chong soil series: Pc)

ชุดดินปากช่องจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 29 เมื่อจำแนกดินจะได้เป็น Very-fine, kaolinitic, isohyperthermic Rhodic Kandiustox ซึ่งเกิดจากสลายตัวผุพังของหินดินดานที่มีปูนปนมาทับถมอยู่กับที่ และ/หรือ เคลื่อนย้ายมาเป็นระยะทางใกล้ๆ โดยแรงโน้มถ่วงของโลก สภาพพื้นที่จะมีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชันประมาณ 1-3 เปอร์เซ็นต์ สัณฐานของดินเป็นดินลึกมาก มีการระบายน้ำดี น้ำซึมผ่านได้ปานกลาง การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินเร็วถึงปานกลาง ดินบนเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีน้ำตาลปนแดงเข้ม ดินบนลึกไม่เกิน 30 เซนติเมตร ปฏิกิริยาดินบนเป็นกลางถึงกรดปานกลาง (pH 6.0-7.0) ดินล่างตอนบนเป็นดินเหนียว สีน้ำตาลปนแดง ถัดลงไปเป็นดินเหนียว สีแดง อาจพบก้อนเหล็กและแมงกานิสสะสมในดินล่าง ปฏิกิริยาดินล่างเป็นกรดจัดถึงกรดจัดมาก (pH 4.5-5.5) ความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง การแพร่กระจายจะพบมากในบริเวณที่มีภูเขาหินปูน หรือในบริเวณที่มีภูมิประเทศแบบ tropical karst topography

ข้อจำกัดการใช้ประโยชน์ เนื่องจากเนื้อดินบนเป็นดินเหนียว อาจขาดแคลนน้ำในฤดูเพาะปลูกควรจัดหาแหล่งน้ำ เพื่อกักเก็บน้ำเอาไว้ใช้เมื่อพืชต้องการ จึงมีความเหมาะสมดีสำหรับการปลูกพืชไร่ และควรใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก เพื่อทำให้ดินมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดินขึ้นและเพิ่มแร่ธาตุที่มีประโยชน์ให้แก่พืช พืชพรรณธรรมชาติและการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าเบญจพรรณ ปลูกพืชไร่ ข้าวโพดข้าวฟ่างและถั่วต่าง ๆ

โอภาษ (2539) ดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่ของประเทศไทยเป็นดินที่อยู่ในอันดับ Ultisols, Entisols และ Oxisols ซึ่งมีสมรรถนะต่ำในการผลิตมันสำปะหลัง จากรายงานการขาดแคลนฟอสฟอรัสในละตินอเมริกา ดินในอันดับ oxisols, ultisols และ inceptisols ในบราซิล และ โคลัมเบีย จะมีการตรึงฟอสฟอรัสสูง ทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ อยู่เพียง 1-2 µg/g เท่านั้น

Howeler (1991) เมื่อมีการปลูกมันสำปะหลังในปีแรกมันสำปะหลังจะตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัส แต่เมื่อเข้าสู่ฤดูปลูกครั้งถัดไปในพื้นที่เดิม การตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสจะลดลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

4.1 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการใช้ฟอสฟอรัส (Phosphorus Decision Support System: PDSS)

PDSS เป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการใช้ฟอสฟอรัสเพื่อการเจริญเติบโตของพืช (Yost *et al*., 1992) ใช้ประเมินความต้องการฟอสฟอรัสและแก้ไขปัญหาการขาดแคลนฟอสฟอรัสในดินและพืช ในสภาวะของพื้นที่เขตร้อน ถูกพัฒนาขึ้นจากกลุ่มงานฟอสฟอรัสของหน่วยงาน Soil Management CRSP ร่วมกับมหาวิทยาลัย Cornell (Shaw Reid) มหาวิทยาลัย North Carolina (Fred Cox และ Jot Smyth) มหาวิทยาลัย Texas A&M (Arthur Onken) และมหาวิทยาลัย Hawaii (Russell Yost) ภายในโปรแกรม PDSS ประกอบไปด้วย 4 ส่วน ซึ่งเป็นขั้นตอนทั้งหมดที่ใช้ในการคาดคะเน ได้แก่

4.1.1 การวินิจฉัย (diagnosis)

ระบบ PDSS จะทำการวินิจฉัยปริมาณว่าฟอสฟอรัสเพียงพอต่อการเติบโตของพืชหรือไม่ โดยใช้ข้อมูลต่างๆ เช่น ข้อมูลพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกพืช ประวัติการปลูกพืช ลักษณะอาการต่างๆ ที่แสดงบนพืชที่สังเกตเห็น การวิเคราะห์ดินและพืช และลักษณะที่บ่งบอกว่าดินมีความอุดมสมบูรณ์มากน้อยเพียงใด (Department of Tropical Plant and Soil Science, 2003)

4.1.2 การคาดคะเนปริมาณฟอสฟอรัส (P prediction)

เมื่อการวินิจฉัยว่าปริมาณของฟอสฟอรัสเพียงพอหรือไม่ ขั้นตอนในการพิจารณาจะต้องอาศัยข้อมูลจากการวิเคราะห์ดิน โดยพิจารณาจาก 1) ปริมาณฟอสฟอรัสดั้งเดิมในดิน (native extractable P) 2) ค่า Phosphorus buffer coefficient หมายถึง การเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ (extractable P) ต่อหนึ่งหน่วยฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดิน (added P) 3) ค่าวิกฤตฟอสฟอรัสในดิน (P critical level) หมายถึง ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในดินระดับหนึ่งที่พืชไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยที่ใส่ กล่าวคือ ถ้าในดินมีฟอสฟอรัสต่ำกว่าระดับนี้ การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นจะทำให้พืชให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ข้อมูลทั้งหมดเหล่านี้จะถูกนำไปใช้เพื่อกำหนด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เหมาะสม โดยใช้สมการคาดคะเนความต้องการฟอสฟอรัส (Department of Tropical Plant and Soil Science, 2003)

P_{req} = $(P_{CL} - P_0)/PBC + 0.8*PBC*P_{uptake}*0.8*1/2*$Placement factor*App Depth/10

P_{req} = ปริมาณความต้องการฟอสฟอรัส (P requiment)

P_{CL} = P critical level มีหน่วยเป็น (mg P kg^{-1}) ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในดินระดับหนึ่งที่พืชไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยที่ใส่

P_0 = ปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ (mg P kg^{-1})

PBC = P buffer coefficient ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ (extracable P) ต่อหนึ่งหน่วยฟอสฟอรัสที่เติมลงไปในดิน

P_{uptake} = ปริมาณของฟอสฟอรัสที่พืชนำไปใช้ (mg P kg^{-1})

Placement factor = ค่าคงที่ที่ได้จากวิธีการใส่ปุ๋ยที่กำหนดขึ้น เช่น ในกรณีที่มีการใส่แบบหว่านค่าคงที่จะเท่ากับ 1

App Depth = Application depth (cm.) ความลึกของดินเมื่อได้ทำการใส่ปุ๋ย

4.1.3 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ (economic analysis)

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามที่ได้คาดคะเน พิจารณาจาก 1) ผลตกค้างของปุ๋ยฟอสฟอรัส 2) ความแตกต่างของวัสดุที่ใช้เป็นแหล่งฟอสฟอรัส และ 3) ข้อจำกัดที่มีอิทธิพลผลต่อการตัดสินใจใช้ปุ๋ยของเกษตรกร เช่น ราคาปุ๋ยในปัจจุบัน ราคาผลผลิตในอนาคตและอัตราดอกเบี้ยที่เกษตรกรกู้ยืม (Department of Tropical Plant and Soil Science, 2003)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.1.4 คำแนะนำการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัส (recommendation)

คำแนะนำการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสจะแปลผลที่ได้จากขั้นตอนการวินิจฉัย การคาดคะเนปริมาณฟอสฟอรัส และการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ให้อยู่ในแบบฟอร์มเดียวกัน (Department of Tropical Plant and SoilScience, 2003)

Attanandana *et al.,* (2002) ศึกษาการคาดคะเนผลผลิตข้าวโพดสายพันธุ์สุวรรณ 5 และสุวรรณ 3601 ทำการศึกษาทั้งในแปลงเกษตรกรและแปลงทดลองโดยใช้แบบจำลองการปลูกข้าวโพด CERES-Maize model เพื่อคาดคะเนผลผลิต ใช้แบบจำลอง DSSAT เพื่อคาดคะเนปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน และใช้แบบจำลอง PDSS เพื่อคาดคะเนความต้องการฟอสฟอรัส เปรียบเทียบกับฟอสฟอรัสที่ใช้การคาดคะเนจาก Mischerlich-Bray equation พบว่าปริมาณความต้องการฟอสฟอรัสที่คาดคะเนโดยใช้ PDSS จะใช้เพียงครึ่งหนึ่งของการคาดคะเนโดยใช้ Mischerlich-Bray equation ส่งผลให้ใช้ปุ๋ยในปริมาณที่ลดลง และยังพบว่าผลผลิตที่ได้จากการคาดคะเนโดย CERES-Maize ร่วมกับ PDSS จะให้ผลผลิตของข้าวโพดสูงกว่าที่คาดคะเนจาก Mischerlich-Bray equation

ทัศนีย์ และคณะ (2546) ศึกษาการคาดคะเนผลผลิตข้าวโพดในจังหวัดนครสวรรค์ เพชรบูรณ์ ลพบุรี นครราชสีมา โดยใช้ระบบ DSSAT เพื่อนำมาพัฒนาคำแนะนำปุ๋ยไนโตรเจนและใช้โปรแกรม PDSS เพื่อนำมาพัฒนาคำแนะนำการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม พบว่าความคลาดเคลื่อนจากการใช้โปรแกรมอาจเกิดขึ้นได้ในกรณีที่ข้อมูลดิน ข้อมูลภูมิอากาศที่ทำการทดลองในแปลงเกษตรอาจแตกต่างไปจากแปลงทดลองที่ใช้ข้อมูลตัวแทน เนื่องจากการศึกษาในแปลงทดลองไม่สามารถทำการเก็บบันทึกข้อมูลบางส่วนได้ จึงจำเป็นที่จะต้องใช้ข้อมูลดินตัวแทนระดับชุดดิน ข้อมูลภูมิอากาศระดับจังหวัดหรือจากสถานีตรวจวัดอากาศที่ใกล้เคียง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ดินที่ใช้ในการศึกษา

    1.1 ดินชุดดินสตึก (Suk)

    1.2 ดินชุดดินปากช่อง (Pc)

2. พืชทดลอง

    2.1 มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

    2.2 มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5

3. อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างดิน และเตรียมพื้นที่

4. ปุ๋ยเคมี

    4.1 ปุ๋ยไนโตรเจน ใช้ปุ๋ยยูเรีย [$CO(NH_2)_2$] สูตร 46-0-0

    4.2 ปุ๋ยฟอสฟอรัส ใช้ปุ๋ยทริปเปิ้ลซุปเปอร์ฟอสเฟต [$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$] สูตร 0-46-0

    4.3 ปุ๋ยโพแทสเซียม ใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ [KCl] สูตร 0-0-60

5. อุปกรณ์วัดความสูงและวัดขนาดการเติบโตของพืช

6. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างพืช และวัดเปอร์เซ็นต์แป้ง (Rieman scale)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. สารเคมีที่ใช้ในการป้องกันและกำจัดวัชพืช

8. อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน และพืชในห้องปฏิบัติการ

   8.1 อุปกรณ์บดตัวอย่างดิน

   8.2 ตะแกรงร่อนดินขนาด 2 และ 0.5 มิลลิเมตร

   8.3 ตู้อบตัวอย่างพืช

   8.4 pH meter

   8.5 Spectrophotometer

   8.6 Atomic absorption spectrophotometer

   8.7 เครื่องกลั่น Kjeldhal

   8.8 เครื่องชั่ง

   8.9 สารเคมี เครื่องแก้วและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ดินและพืช

9. โปรแกรมแบบจำลองการปลูกพืช PDSS version 3.0

10. โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS version 17.0

11. โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ทางสถิติ Sigma Plot version 10.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

1. การวิเคราะห์ดิน

วิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ ดังนี้

1.1 การเตรียมตัวอย่างดิน

นำตัวอย่างดินชุดดินสตึกและชุดดินปากช่อง ซึ่งเก็บจากแปลงทั้ง 2 แหล่ง ที่ระดับความลึก 0-15 และ15-30 เซนติเมตร ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม เก็บเศษซากพืชออก บดดินให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 และ 0.5 มิลลิเมตร เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

1.2. การวิเคราะห์สมบัติของดินก่อนปลูกพืช

1.2.1 วิเคราะห์เนื้อดินโดยวิธี Pipette method (Day, 1965)

1.2.2 วัดค่า pH ดิน (soil pH) โดยใช้เครื่องวัด pH meter อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2551)

1.2.3 ไนโตรเจน (total N) โดยวิธี Kjeldhal method (Jackson, 1965)

1.2.4 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) สกัดโดยวิธี Bray 2 (Bray and Kurtz, 1945) และวิเคราะห์ปริมาณโดยวิธี colorimetric

1.2.5 โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K, Ca, Mg) โดยสกัดด้วย 1 N NH_4Oac pH 7.0 และวัดปริมาณด้วย atomic absorption spectrophotometer (Pratt, 1965)

1.2.6 อินทรียวัตถุในดิน (organic matter) โดยวิธี Walkley and Black Titration (Walkley and Black, 1934; ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

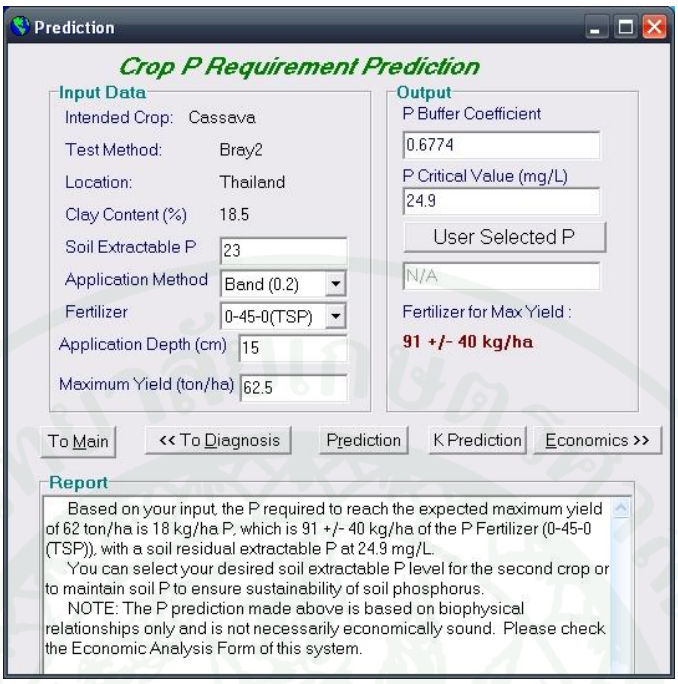
1.2.7 ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity: CEC) โดยวิธีชะล้างแคตไอออนด้วยสารละลาย 1 M NH_4OAc pH 7 และแทนที่แอมโมเนียมด้วยสารละลาย NaCl (10%) ในสภาพที่เป็นกรด กลั่นหาปริมาณแอมโมเนียมไอออน และคำนวณความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (Chapman, 1965)

1.2.8 สภาพการนำไฟฟ้า (electrical conductivity, EC) ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:5 อ่านค่าโดยใช้ electrical conductivity meter (Jackson, 1958) แล้วปรับเป็น ECe โดยคูณด้วย 6.4 (Talsma, 1968; Loveday *et al.,* 1972)

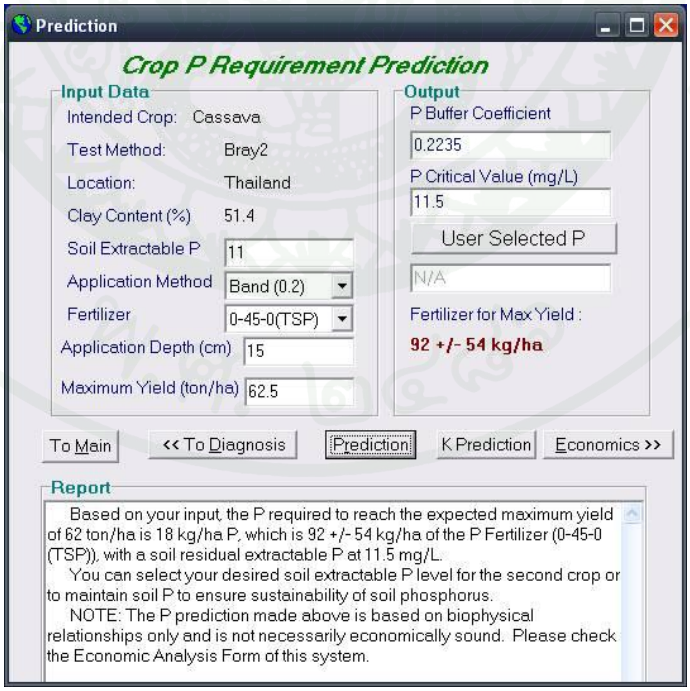
2. การใช้โปรแกรม Phosphorus Decision Support System (version 3.0) เพื่อกำหนดอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใช้ในการทดลอง

กำหนดอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสสำหรับมันสำปะหลัง โดยระบุข้อมูลของพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกพืช (จังหวัด) ชุดดิน อันดับดิน (soil order) ประวัติการปลูกพืช ชนิดพืช ลักษณะอาการต่างๆ ที่แสดงบนพืชที่สังเกตเห็น ค่าวิเคราะห์ดินจากห้องปฏิบัติการ เช่น ปริมาณฟอสฟอรัสดั้งเดิมในดินก่อนปลูกพืช รวมทั้งระบุวิธีที่ใช้ในวิเคราะห์ (ในการทดลองนี้ใช้วิธี Bray 2) ปริมาณโพแทสเซียม ร้อยละของแร่ดินเหนียวหรือเนื้อดิน pH ของดิน ระบุผลผลิตที่ต้องการ (ในการทดลองนี้ระบุ 10 ตันต่อไร่) นำค่าวิเคราะห์ดังกล่าวใส่ลงในโปรแกรม เพื่อให้โปรแกรมทำนายอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส จากการคาดคะเนอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสในดินชุดดินสตึกและดินชุดดินปากช่องสำหรับผลผลิตที่กำหนดได้ 10 ตันต่อไร่ มีค่าเท่ากับ 6.59 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ (18 กิโลกรัม P ต่อเฮกตาร์) เนื่องจากผลการคาดคะเนปุ๋ยฟอสฟอรัสมีความใกล้เคียงกัน เพื่อให้สะดวกกับทดลองจะปรับอัตราปุ๋ยโดยใช้ค่าที่ได้นี้เป็นค่ากลางเท่ากับ 8 กิโลกรัม P_2O_5ต่อไร่ จากนั้นปรับอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใช้ในตำรับการทดลองต่างๆ เป็น 0, 4, 8, 12, 16 และ 20 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ตามลำดับ (ภาพที่ 2 และ 3)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 การคาดคะเนอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสสำหรับมันสำปะหลังที่ปลูกในดินชุดดินสตึก ด้วยโปรแกรม PDSS



ภาพที่ 3 การคาดคะเนอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสสำหรับมันสำปะหลังที่ปลูกในดินชุดดินปากช่อง ด้วยโปรแกรม PDSS

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสในแปลงทดลอง

การศึกษานี้แบ่งเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินชุดดินสตึกต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ ดำเนินการในแปลงวิจัยของศูนย์วิจัยและพัฒนาอาชีพแก่เกษตรกร ตำบลเพนียด อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตลพบุรี) พิกัด lat. N 15° 02' 51.1'', long. E 100° 47' 22.5'' ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 56 เมตร

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลการตอบสนองของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ที่ปลูกในดินชุดดินปากช่องต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ ดำเนินการในแปลงวิจัยของแปลงเกษตรกร หมู่บ้านมะนาวหวาน ตำบลดีลัง อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี พิกัด lat. N 14° 52' 26.2'', long. E 100° 53' 57.1'' ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 143 เมตร

3.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCB) จำนวน 3 ซ้ำ 6 ตำรับการทดลอง โดยใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในรูปปุ๋ยทริปเปิ้ลซุปเปอร์ฟอสเฟต ได้แก่

ตำรับการทดลองที่ 1 ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 0 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่
ตำรับการทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 4 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่
ตำรับการทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 8 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่
ตำรับการทดลองที่ 4 ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 12 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่
ตำรับการทดลองที่ 5 ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่
ตำรับการทดลองที่ 6 ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 20 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่

ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย อัตรา 20 กิโลกรัม N ต่อไร่ และปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ อัตรา 20 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ในทุกตำรับการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 การเตรียมแปลงทดลองและการปลูกมันสำปะหลัง

ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ในดินชุดดินสตึก วันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2552 สิ้นสุดการทดลองในวันที่ 25 ธันวาคม พ.ศ. 2552 และปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ในดินชุดดินปากช่องวันที่ 15 เมษายน พ.ศ. 2552 สิ้นสุดการทดลองในวันที่ 17 มกราคม พ.ศ.2553 การเตรียมดินทำโดยไถพื้นที่และยกร่องด้วยไถผาล 7 จากนั้นยกร่องแปลงทดลองขนาด 5.0 x 6.0 ตารางเมตร (30 ตารางเมตรต่อแปลง) จำนวน 18 แปลง เว้นระยะห่างระหว่างซ้ำ 2 เมตร ใช้ระยะปลูก 1x1 ตารางเมตร คิดเป็น 30 ต้นต่อแปลง 30 ตารางเมตร (1,600 ต้นต่อไร่) พื้นที่เก็บเกี่ยว 5 ตารางเมตรต่อแปลงขนาด 30 ตารางเมตร ปลูกมันสำปะหลังด้วยท่อนพันธุ์ยาว 25 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยตามตำรับการทดลองข้อ 3.1 โดยแบ่งใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 2 ครั้ง เมื่อมันสำปะหลังอายุ 30 และ 90 วันหลังปลูก (days after planting) ส่วนปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทสเซียมใส่ครั้งเดียวที่อายุ 30 วันหลัง การใส่ปุ๋ยจะโรยปุ๋ยรอบโคนต้นห่างจากโคนต้นประมาณ 10 เซนติเมตร แล้วกลบปุ๋ยลงดินลึกประมาณ 15 เซนติเมตร การให้น้ำอาศัยน้ำฝนอย่างเดียว มีการกำจัดโรค แมลงศัตรูพืชและวัชพืชตามความจำเป็น การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังดำเนินการเมื่ออายุ 9 เดือน

4. การเก็บข้อมูลพืช และวิเคราะห์พืช

4.1 บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตทุกสัปดาห์ ได้แก่

4.1.1 ความสูง

วัดความสูงของต้น โดยทำสัญลักษณ์ที่โคนต้นสูงจากพื้นดิน 10 เซนติเมตร เพื่อให้เป็นจุดเริ่มต้นสำหรับการวัด วัดจนถึงปลายยอด เพื่อหาความสูงของแต่ละต้น จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยต่อต้น สำหรับมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินชุดดินสตึกเริ่มวัดความสูงของมันสำปะหลัง 3 ถึง 27 สัปดาห์หลังปลูก ส่วนมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ที่ปลูกในดินชุดดินปากช่อง เริ่มวัดความสูงตั้งแต่อายุ 17 ถึง 33 สัปดาห์หลังปลูก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.1.2 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

ใช้สีแต้มโคนต้นเพื่อกำหนดจุดที่ใช้วัด กระทำเช่นเดียวกับการวัดความสูง วัดโดยใช้เวอร์เนียร์ทุกสัปดาห์ มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินชุดดินสตึก วัดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของมันสำปะหลังตั้งแต่อายุ 3 ถึง 27 สัปดาห์หลังปลูก ส่วนมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ที่ปลูกในดินชุดดินปากช่อง วัดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นตั้งแต่อายุ 17 ถึง 33 สัปดาห์หลังปลูก

4.2 ข้อมูลผลผลิต

เก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลังและข้อมูลอื่นๆ เมื่อมันสำปะหลังอายุครบ 9 เดือน ได้แก่

4.2.1 ผลผลิตต่อไร่

เก็บผลผลิตโดยการสุ่มจำนวน 5 ต้นต่อแปลงทดลองขนาด 30 ตารางเมตร จากนั้นคำนวณให้เป็นผลผลิตสำหรับพื้นที่ 1 ไร่

4.2.2 น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน (น้ำหนักลำต้นและใบ)

4.2.3 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (น้ำหนักลำต้นและใบ)

4.2.4 เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลัง

สุ่มหัวมันสำปะหลังมาสับเป็นท่อน ตัดส่วนหัวและท้ายออก นำไปวัดปริมาณแป้งด้วยเครื่อง Reiman scale โดยการชั่งหัวมันสำปะหลังในอากาศให้ได้น้ำหนัก 5 กิโลกรัม แล้วนำมาชั่งต่อในน้ำ อ่านค่าปริมาณแป้งจาก scale เป็นร้อยละของแป้งในหัวสด (Parow, 1953)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2.5 ผลผลิตแป้งต่อไร่

คำนวณโดยใช้เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมัน x น้ำหนักสดหัวมัน (กิโลกรัมต่อไร่)

4.2.6 ดัชนีการเก็บเกี่ยว (Harvest Index, HI) คำนวณได้จากสูตร (Lenis *et. al.*, 2006)

$$\text{ดัชนีการเก็บเกี่ยว} = \frac{\text{น้ำหนักผลผลิตหัวสด}}{\text{น้ำหนักผลผลิตหัวสด} + \text{น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน}}$$

4.3 การวิเคราะห์พืชหลังเก็บเกี่ยว

เตรียมตัวอย่างพืชโดยผึ่งตัวอย่างในที่ร่ม เนื่องจากตัวอย่างมันสำปะหลังจะมีน้ำอยู่มาก แล้วจึงนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักเริ่มคงที่ นำไปชั่งและคำนวณหา

4.3.1 ความเข้มข้นฟอสฟอรัส (P concentration) ในมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของมันสำปะหลัง

นำพืชที่บดละเอียดมาย่อยสลายด้วยกรด digestion mixture (H_2SO_4:Na_2SO_4:Se อัตราส่วน 1,000:100:1) วิเคราะห์ฟอสฟอรัสโดยวิธี Vanadomolybdate yellow color (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2551)

4.3.2 ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัส (P uptake) ในมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน คำนวณได้จาก

ปริมาณการดูดใช้ P = ความเข้มข้นในมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน x น้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดิน
(%) (กิโลกรัมต่อไร่)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.4 บันทึกข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละเดือน

บริเวณศูนย์วิจัยและพัฒนาอาชีพแก่เกษตรกร ตำบลเพนียด อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตลพบุรี) ใช้ข้อมูลที่บันทึกโดยสถานีอุตุนิยมวิทยาของศูนย์ฯ บันทึกข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2552 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2552

บริเวณแปลงเกษตรกร หมู่บ้านมะนาวหวาน ตำบลดีลัง อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี ใช้ข้อมูลที่บันทึกโดยสถาบันวิจัยพืชไร่ลพบุรี (ห่างจากแปลงทดลองประมาณ 10 กิโลเมตร) บันทึกข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2552 ถึง มกราคม พ.ศ. 2553

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีเพื่อหาความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี Duncan's multiple range tests (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$) ด้วยโปรแกรม สำเร็จรูปทางสถิติ SPSS version 17 และสร้าง fitting curve แสดงการตอบสนองของมันสำปะหลังต่ออัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใช้ด้วยโปรแกรม Sigma Plot version 10 เพื่อหาการตอบสนองและอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่เหมาะสม

6. สถานที่ทำการทดลอง

1. ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาชีพแก่เกษตรกร ตำบลเพนียด อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตลพบุรี)

2. แปลงเกษตรกร หมู่บ้านมะนาวหวาน ตำบลดีลัง อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี

3. ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. **ระยะเวลาในการทดลอง**

ตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือน เมษายน พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. ผลการบันทึกปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิรายเดือน

1.1 ปริมาณน้ำฝน

บันทึกปริมาณน้ำฝนเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลประกอบการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง บันทึกตั้งแต่ต้นปีพ.ศ. 2552 จนถึงสิ้นสุดการทดลอง

1.1.1 ปริมาณน้ำฝนบริเวณแปลงศูนย์วิจัยและพัฒนาอาชีพแก่เกษตรกร ตำบลเพนียด อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตลพบุรี) บันทึกข้อมูลตั้งแต่ มกราคม พ.ศ. 2552 จนถึงธันวาคม พ.ศ. 2552 พบว่ามีปริมาณน้ำฝนรวมต่อปี 1,190.1 มิลลิเมตรต่อปี โดยในเดือนกันยายนปริมาณน้ำฝนรวมตลอดทั้งเดือนสูงที่สุดในรอบปี เท่ากับ 312.3 มิลลิเมตร รายละเอียดแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 4

1.1.2 ปริมาณน้ำฝนบริเวณแปลงเกษตรกร หมู่บ้านมะนาวหวาน ตำบลดีลัง อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี บันทึกข้อมูลตั้งแต่ มกราคม พ.ศ. 2552 จนถึงมกราคม พ.ศ. 2553 พบว่ามีปริมาณน้ำฝนรวมต่อปี 1,279.2 มิลลิเมตรต่อปี โดยในเดือนกันยายนมีปริมาณน้ำฝนรวมตลอดทั้งเดือนสูงที่สุดในรอบปี เท่ากับ 209 มิลลิเมตร รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 5

การบันทึกข้อมูลปริมาณน้ำฝนรวมต่อปีทั้ง 2 พื้นที่ปลูก ที่นำมาใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณานั้น เนื่องจากโปรแกรม PDSS ให้ความสนใจในการคาดคะเนปริมาณความต้องการฟอสฟอรัส โดยคำนวนจากฟอสฟอรัสดั้งเดิมในดิน ระดับวิกฤติฟอสฟอรัส และ Phosphorus Buffer Coefficient (PBC) ในดินเป็นหลักและภายใต้ปัจจัยอื่นๆ ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังเท่านั้น จากการบันทึกปริมาณน้ำฝน พบว่ามีความสอดคล้องกับการศึกษาของ จรุงสิทธิ์ และ อัจฉรา (2537) ซึ่งได้กล่าวไว้ว่ามันสำปะหลังเป็นพืชที่ทนแล้งต้องการน้ำฝนเฉลี่ย 1,000-3,000 มิลลิเมตรต่อปี ทำให้ทราบว่าในพื้นที่ทดลองมีปริมาณน้ำฝนเพียงพอ ไม่เป็นอุปสรรคต่อการศึกษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำฝนรวมต่อเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 บริเวณแปลงศูนย์วิจัยและพัฒนาอาชีพแก่เกษตรกร ตำบลเพนียด อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตลพบุรี)

เดือน	ปริมาณน้ำฝนรวมต่อเดือน (มิลลิเมตร)
ม.ค.	0
ก.พ.	0
มี.ค.	163.1
เม.ย.	91
พ.ค.	80.7
มิ.ย.	54.7
ก.ค.	77.7
ส.ค.	181
ก.ย.	312.3
ต.ค.	216.7
พ.ย.	12.9
ธ.ค.	0
รวม	1,190.1

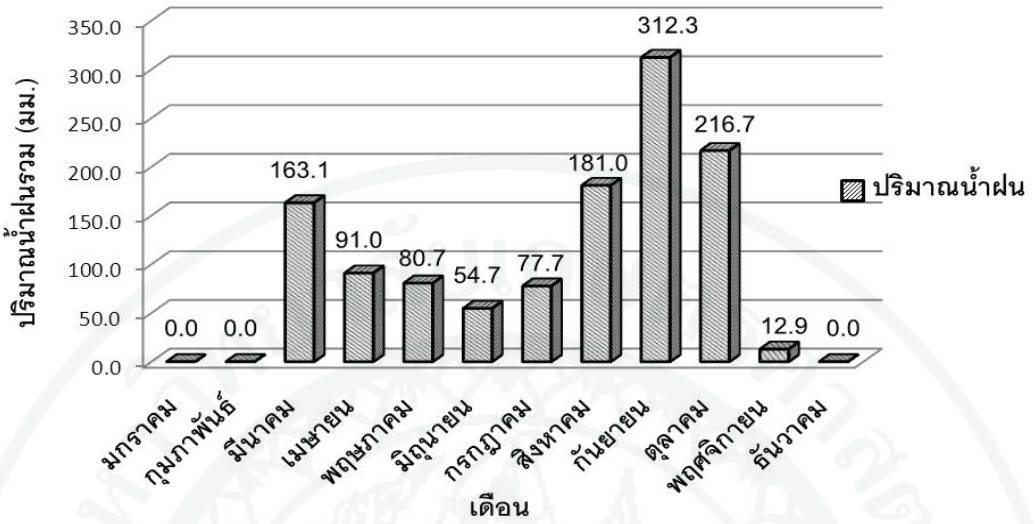
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณน้ำฝนรวมต่อเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2552 ถึง เดือนมกราคม 2553 บริเวณแปลงเกษตรกร หมู่บ้านมะนาวหวาน ตำบลดีลัง อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี

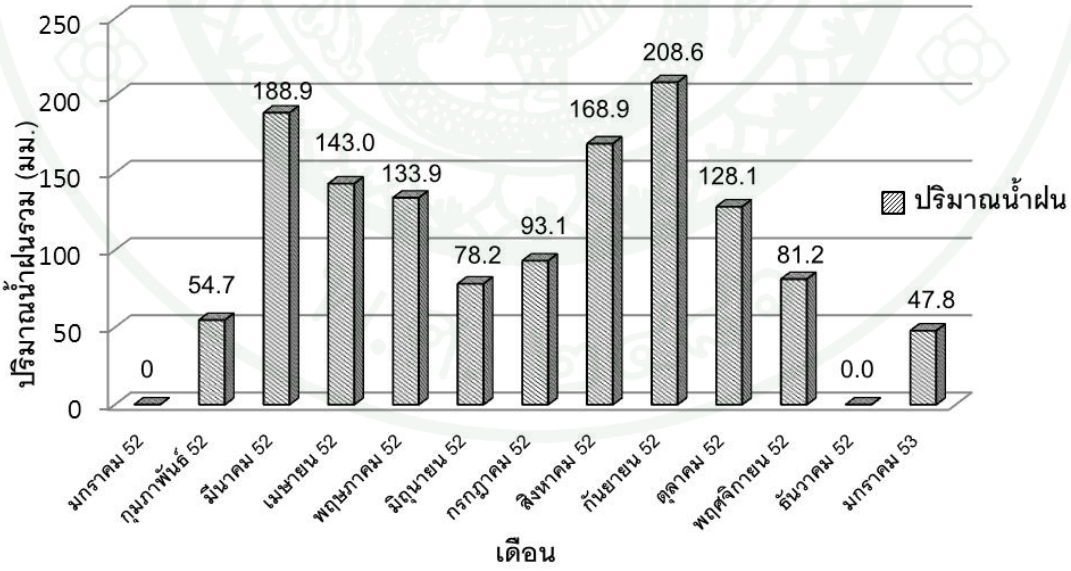
เดือน	ปริมาณน้ำฝนรวมต่อเดือน (มิลลิเมตร)
ม.ค.	0
ก.พ.	54.7
มี.ค.	188.9
เม.ย.	143
พ.ค.	133.9
มิ.ย.	78.2
ก.ค.	93.1
ส.ค.	168.9
ก.ย.	208.6
ต.ค.	128.1
พ.ย.	81.2
ธ.ค.	0
ม.ค./53	47.8
รวม	1,278.6

หมายเหตุ ปริมาณน้ำฝนรวมต่อปี พิจารณาตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2552 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4 ปริมาณน้ำฝนรวมต่อเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 บริเวณแปลงศูนย์วิจัยและพัฒนาอาชีพแก่เกษตรกร ตำบลเพนียด อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตลพบุรี)



ภาพที่ 5 ปริมาณน้ำฝนรวมต่อเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2552 ถึง เดือนมกราคม 2553 บริเวณแปลงเกษตรกร หมู่บ้านมะนาวหวาน ตำบลดีลัง อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 ผลการบันทึกอุณหภูมิรายเดือน

บันทึกอุณหภูมิรายเดือนเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลประกอบการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง บันทึกตั้งแต่มกราคม 2552 จนถึงสิ้นสุดการทดลอง

1.2.1 บริเวณแปลงศูนย์วิจัยและพัฒนาอาชีพแก่เกษตรกร ตำบลเพนียด อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี บันทึกข้อมูลตั้งแต่มกราคม ถึง ธันวาคม พ.ศ.2552 โดยเดือนมิถุนายนมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยมากที่สุดในรอบปีเท่ากับ 35.0 องศาเซลเซียส และเดือนธันวาคมมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยเท่ากับ 20.8 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำสุดในรอบปี รายละเอียดแสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 6

1.2.2 บริเวณแปลงมะนาวหวาน ตำบลดีลัง อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี บันทึกข้อมูลตั้งแต่ มกราคม พ.ศ. 2552 ถึง มกราคม พ.ศ. 2553 พบว่าเดือนที่มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยมากที่ได้ คือ เมษายน โดยมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 35.8 องศาเซลเซียส และเดือนที่มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 20.3 องศาเซลเซียส คือเดือนมกราคม รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4 และภาพที่ 7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดและอุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 บริเวณแปลงศูนย์วิจัยและพัฒนาอาชีพแก่เกษตรกร ตำบลเพนียด อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตลพบุรี)

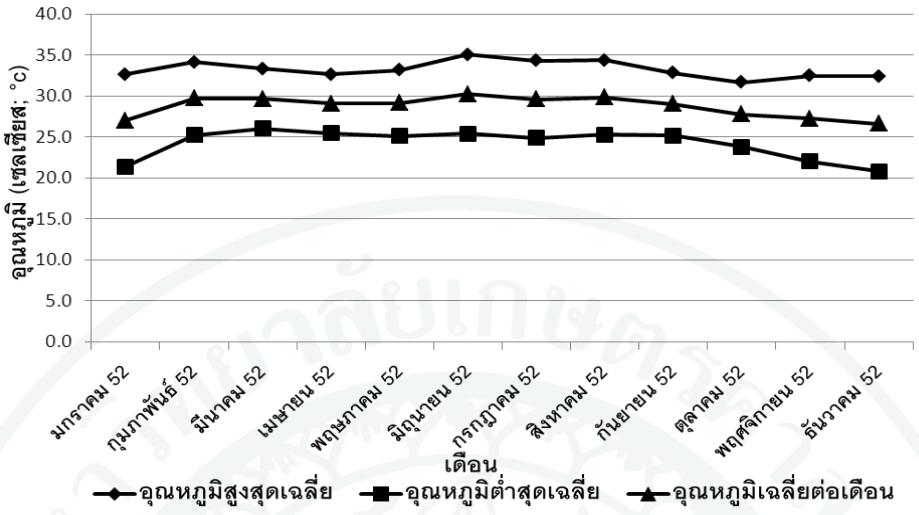
เดือน	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย	อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย	อุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือน
	องศาเซลเซียส; (°c)		
ม.ค.	32.6	21.3	26.9
ก.พ.	34.2	25.2	29.7
มี.ค.	33.3	26.0	29.6
เม.ย.	32.7	25.5	29.0
พ.ค.	33.1	25.1	29.1
มิ.ย.	35.0	25.3	30.2
ก.ค.	34.3	24.8	29.6
ส.ค.	34.4	25.3	29.8
ก.ย.	32.8	25.2	28.9
ต.ค.	31.7	23.8	27.7
พ.ย.	32.5	22.0	27.2
ธ.ค.	32.4	20.8	26.6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

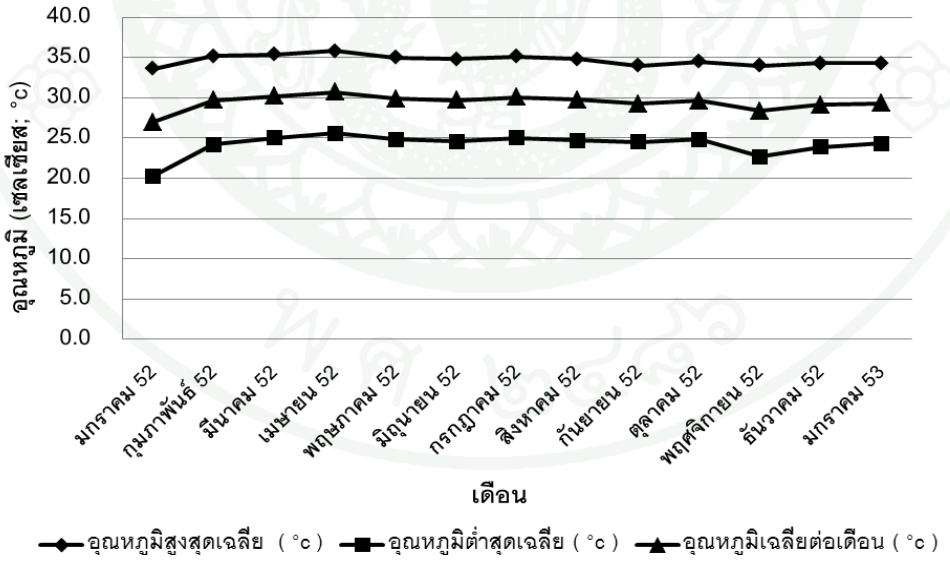
ตารางที่ 4 อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดและอุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2553 บริเวณแปลงเกษตรกร หมู่บ้านมะนาวหวาน ตำบลดีลัง อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี

เดือน	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย	อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย	อุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือน
	องศาเซลเซียส; (°c)		
ม.ค.	33.6	20.3	27.0
ก.พ.	35.2	24.2	29.7
มี.ค	35.4	25	30.2
เม.ษ	35.8	25.6	30.7
พ.ค	35.0	24.8	29.9
มิ.ย.	34.8	24.6	29.7
ก.ค.	35.1	25.0	30.1
ส.ค.	34.8	24.7	29.8
ก.ย.	34.0	24.5	29.3
ต.ค.	34.5	24.8	29.7
พ.ย.	34.0	22.7	28.4
ธ.ค.	34.3	23.9	29.1
ม.ค./53	34.3	24.3	29.3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 6 อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดและอุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 บริเวณแปลงศูนย์วิจัยและพัฒนาอาชีพแก่เกษตรกร ตำบลเพนียด อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตลพบุรี)



ภาพที่ 7 อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดและอุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2553 บริเวณแปลงเกษตรกรหมู่บ้านมะนาว ตำบลดีลัง อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. สมบัติของดินชุดดินสตึกและดินชุดดินปากช่อง

2.1 ดินชุดดินสตึก

2.1.1 สมบัติของดินชุดดินสตึกที่นำมาศึกษา

ผลการวิเคราะห์ดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร (ตารางที่ 5)

เนื้อดินมีการแจกกระจายของอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว เท่ากับ 810.5, 4.5 และ185 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จัดเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) pH ดิน เท่ากับ 5.2 ไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.6 กรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เท่ากับ 244 และ 36 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ อินทรียวัตถุในดินเท่ากับ 12.5 กรัมต่อกิโลกรัม ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก เท่ากับ 7 เซนติโมลต่อกิโลกรัม สภาพการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน 3.0 เดซิซีเมนต่อเมตร

2.1.2 สมบัติของดินชุดดินสตึกที่นำมาศึกษา

ผลการวิเคราะห์ดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร (ตารางที่ 5)

เนื้อดินมีการแจกกระจายของอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว เท่ากับ 789, 12, และ 190 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จัดเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) pH ดิน เท่ากับ 5.3 ไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.5 กรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เท่ากับ 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เท่ากับ 219 และ 33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ อินทรียวัตถุในดินเท่ากับ 7.1 กรัมต่อกิโลกรัม ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเท่ากับ 7 เซนติโมลต่อกิโลกรัม สภาพการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน เท่ากับ 3.3 เดซิซีเมนต่อเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 สมบัติทางเคมี กายภาพและธาตุอาหารพืชในดินชุดดินสตึกก่อนทดลอง

Properties of soil	Analysis	
	0-15 cm.	15-30 cm.
Soil texture[1/]	sandy loam	sandy loam
Sand (g kg^{-1})[1/]	810	798
Silt (g kg^{-1})[1/]	4.5	12
Clay (g kg^{-1})[1/]	185	190
pH[2/]	5.2	5.3
Total nitrogen (g kg^{-1})[3/]	0.6	0.5
Available phosphorus (mg kg^{-1})[4/]	23	3
Exchangeable potassium (mg kg^{-1})[5/]	19	25
Exchangeable calcium (mg kg^{-1})[5/]	244	219
Exchangeable magnesium (mg kg^{-1})[5/]	36	33
Organic matter (g kg^{-1})[6/]	12.5	7.1
Cation exchange capacity (cmol kg^{-1})[7/]	7	7
Electrical conductivity; ECe ($dS.m^{-1}$)[8/]	3.0	3.3

หมายเหตุ [1/] Pipette method (Day, 1965)

[2/] pH meter (soil: H_2O; 1:1)

[3/] Kjeldhal method (Jackson, 1965)

[4/] Bray 2 method (Bray and Kurtz, 1945)

[5/] Extracted with NH_4OAc pH 7.0 (Pratt, 1965)

[6/] Walkley and Black method (Walk and Black, 1934)

[7/] NH_4OAc pH 7.0 replacement method (Chapman, 1965)

[8/] Soil : water; 1:5 (Jackson, 1958)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 ดินชุดดินปากช่อง

2.2.1 สมบัติของดินชุดดินปากช่องที่นำมาศึกษา

ผลการวิเคราะห์ดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร (ตารางที่ 6)

เนื้อดินมีการแจกกระจายของอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว เท่ากับ 328.6, 156.7 และ 514.7 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จัดเป็นดินเหนียว (clay) pH ดิน เท่ากับ 5.8 ไนโตรเจนทั้งหมด เท่ากับ 0.9 กรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 39 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อินทรียวัตถุในดิน เท่ากับ 17.2 กรัมต่อกิโลกรัม แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 2394 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เท่ากับ298 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ความจุแลกเปลี่ยนประจุบวกเท่ากับ 19 เซนติโมลต่อกิโลกรัม สภาพการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน เท่ากับ 1.2 เดซิซีเมนต่อเมตร

2.2.1 สมบัติของดินชุดดินปากช่องที่นำมาศึกษา

ผลการวิเคราะห์ดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร (ตารางที่ 6)

เนื้อดินมีการแจกกระจายของอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว เท่ากับ 264.5, 178.5 และ 557 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จัดเป็นดินเหนียว (clay) pH ดิน เท่ากับ 6.0 ไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.9 กรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อินทรียวัตถุในดินเท่ากับ 13.9 กรัมต่อกิโลกรัม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 2755 และ 275 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ความจุแลกเปลี่ยนประจุบวกเท่ากับ 24 เซนติโมลต่อกิโลกรัม การนำไฟฟ้าของสารละลายดินเท่ากับ 1.1 เดซิซีเมนต่อเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 สมบัติทางเคมี กายภาพและธาตุอาหารพืชในดินชุดดินปากช่องก่อนทดลอง

Properties of soil	Analysis	
	0-15 cm.	15-30 cm.
Soil texture[1/]	clay	clay
Sand (g kg^{-1})[1/]	328.6	264.5
Silt (g kg^{-1})[1/]	156.7	178.5
Clay (g kg^{-1})[1/]	514.7	557
pH[2/]	5.8	6.0
Total nitrogen (g kg^{-1})[3/]	0.9	0.9
Available phosphorus (mg kg^{-1})[4/]	11	4
Exchangeable potassium (mg kg^{-1})[5/]	39	27
Exchangeable calcium (mg kg^{-1})[5/]	2394	2755
Exchangeable magnesium (mg kg^{-1})[5/]	298	275
Organic matter (g kg^{-1})[6/]	17.2	13.9
Cation exchange capacity (cmol kg^{-1})[7/]	19	24
Electrical conductivity; ECe ($dS.m^{-1}$)[8/]	1.2	1.1

หมายเหตุ [1/] Pipette method (Day, 1965)

[2/] pH meter (soil : H_2O; 1:1)

[3/] Kjeldhal method (Jackson, 1965)

[4/] Bray 2 method (Bray and Kurtz, 1945)

[5/] Extracted with NH_4OAc pH 7.0 (Pratt, 1965)

[6/] Walkley and Black method (Walk and Black, 1934)

[7/] NH_4OAc pH 7.0 replacement method (Chapman, 1965)

[8/] Soil : water; 1:5 (Jackson, 1958)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อการเติบโต องค์ประกอบผลผลิต ความเข้มข้นและปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินชุดดินสตึก

3.1 ความสูงมันสำปะหลัง

พบว่าเมื่อมันสำปะหลังอายุ 3 สัปดาห์ มีความสูงแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 12 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ความสูงเท่ากับ 65 เซนติเมตร มากกว่าตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 0, 4, 8 และ 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ซึ่งมีความสูงเพียง 54 เซนติเมตร เท่ากันทุกตำรับ ความสูงของมันสำปะหลังที่ได้รับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 12 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ไม่แตกต่างทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 20 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ซึ่งมีความสูงเท่ากับ 59 เซนติเมตร และตั้งแต่อายุ 4 ถึง 27 สัปดาห์พบว่าทุกตำรับการทดลอง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อมันสำปะหลังอายุ 27 สัปดาห์ ตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 0, 4, 8, 12, 16 และ 20 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีความสูงเท่ากับ 193, 203, 202, 222, 208 และ 217 เซนติเมตร ตามลำดับ สอดคล้องกับรายงานของ สุขุมาลย์ (2546); อัจฉรา และ จรุงสิทธิ์ (2537) ได้รายงานว่า มันสำปะหลังสายพันธุ์นี้จะให้ความสูง 200-300 เซนติเมตร ที่อายุ 12 เดือน อย่างไรก็ตามความสูงของมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น และการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มให้ความสูงเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ ไชยรัตน์ (2542) และในทุกตำรับทดลองมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมด้วย อาจช่วยส่งเสริมการดูดใช้ฟอสฟอรัสของพืช โดยเพิ่มการเจริญเติบโตของส่วนเหนือดินและราก (Havlin, 2005; Fageria *et al*., 1997) (ตารางที่ 7 และภาพที่ 8)

3.2 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

พบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ในทุกตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยจากทุกตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส แสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสนั้นให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากกว่าตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเลย และในตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 20 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีแนวโน้มเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราต่ำกว่า (ภาพที่ 9) เมื่อมันสำปะหลัง อายุ 27 สัปดาห์หลังปลูก ซึ่งเป็นสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บข้อมูล พบว่าตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 20 กิโลกรัม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

P_2O_5 ต่อไร่ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นสูงสุด 4.5 เซนติเมตร ในขณะที่การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 0, 4, 8, 12 และ 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเท่ากับ 4.3, 3.8, 3.7, 4.0 และ 4.1 ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ ที่มีต่อความสูงของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ในแต่ละสัปดาห์หลังปลูก

อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส (กิโลกรัมต่อไร่)	ความสูงที่ระยะสัปดาห์หลังปลูก (เซนติเมตร)													
	1 เดือน		2 เดือน				3 เดือน				4 เดือน			
	3[1/]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	54b	70	78	91	95	107	114	116	117	121	125	129	132	142
4	54b	69	81	93	104	106	114	120	124	128	131	134	138	144
8	54b	69	78	89	99	111	116	124	129	134	138	141	145	153
12	65a	79	89	95	105	116	120	125	131	133	138	141	145	153
16	54b	70	76	87	93	104	107	109	112	118	127	131	134	142
20	59ab	72	78	92	110	104	118	124	126	134	138	142	146	158
ค่าเฉลี่ยตำรับที่ใส่ปุ๋ย	55.6	71.8	80.4	91.2	102.2	108.2	115.0	120.4	124.4	129.4	134.4	137.8	141.6	150.0
F-test	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	6.13	7.66	8.49	7.10	6.61	8.84	5.97	5.81	6.45	9.22	7.36	7.35	7.5	7.76

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 (ต่อ)

อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส (กิโลกรัมต่อไร่)	ความสูงที่ระยะสัปดาห์หลังปลูก (เซนติเมตร)										
	5 เดือน				6 เดือน				7 เดือน		
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
0	150	161	163	166	171	174	178	182	187	190	193
4	152	159	163	167	173	177	183	188	193	198	203
8	157	166	169	172	179	182	186	191	195	200	202
12	162	171	175	178	186	191	196	202	209	216	222
16	152	161	164	168	176	177	184	191	197	204	208
20	167	178	181	183	188	192	196	201	207	213	217
ค่าเฉลี่ยตำรับที่ใส่ปุ๋ย	158.0	167.0	170.4	173.6	180.4	183.8	189.0	194.6	200.2	206.2	210.4
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	8.54	9.27	9.18	9.18	9.49	8.85	9.61	10.37	11.32	11.88	13.05

หมายเหตุ * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

1/ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ ที่มีต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ในแต่ละสัปดาห์หลังปลูก

อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส (กิโลกรัมต่อไร่)	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระยะสัปดาห์หลังปลูก (เซนติเมตร)													
	1 เดือน		2 เดือน				3 เดือน				4 เดือน			
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	2.1	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	2.5	2.5	2.5	2.6	2.8	2.9	3.0	3.2
4	2.1	2.0	2.1	2.1	2.2	2.4	2.4	2.4	2.5	2.4	2.6	2.7	2.8	3.0
8	1.9	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2	2.2	2.2	2.5	2.6	2.6	2.8	2.9	3.0
12	2.1	2.2	2.4	2.4	2.5	2.7	2.7	2.7	2.8	2.9	2.9	3.0	3.1	3.3
16	2.0	2.1	2.1	2.1	2.2	2.3	2.3	2.3	2.6	2.6	2.6	2.6	2.7	2.9
20	2.0	2.0	2.2	2.3	2.3	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.9	3.0	3.1	3.2
ค่าเฉลี่ยตำรับที่ใส่ปุ๋ย	2.02	2.04	2.14	2.18	2.26	2.42	2.44	2.44	2.6	2.62	2.72	2.82	2.92	3.08
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	13.40	14.58	11.59	11.14	11.07	15.51	15.14	14.36	12.54	13.69	12.63	11.66	11.24	9.53

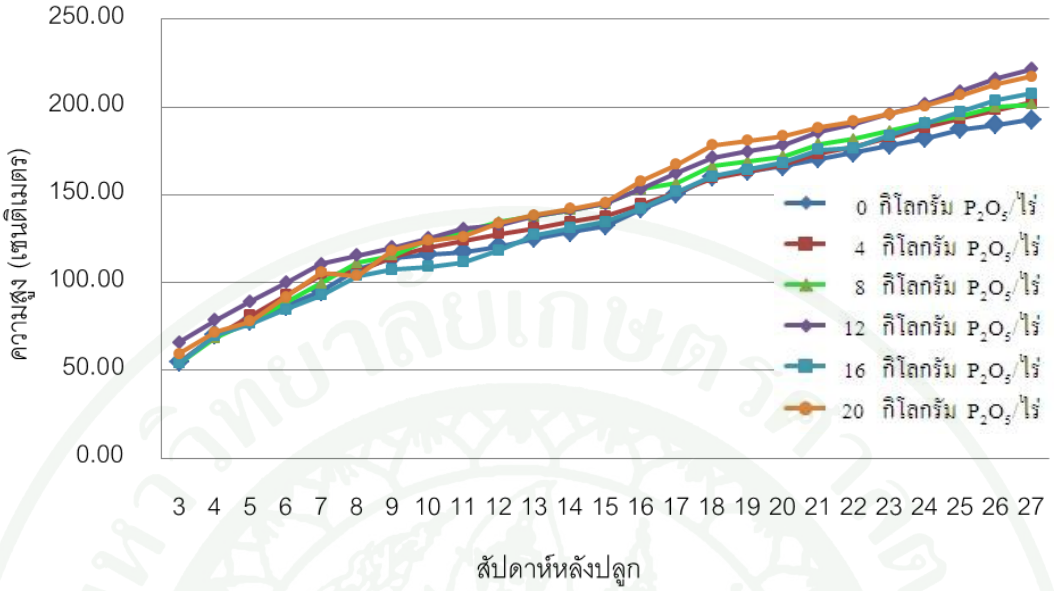
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 (ต่อ)

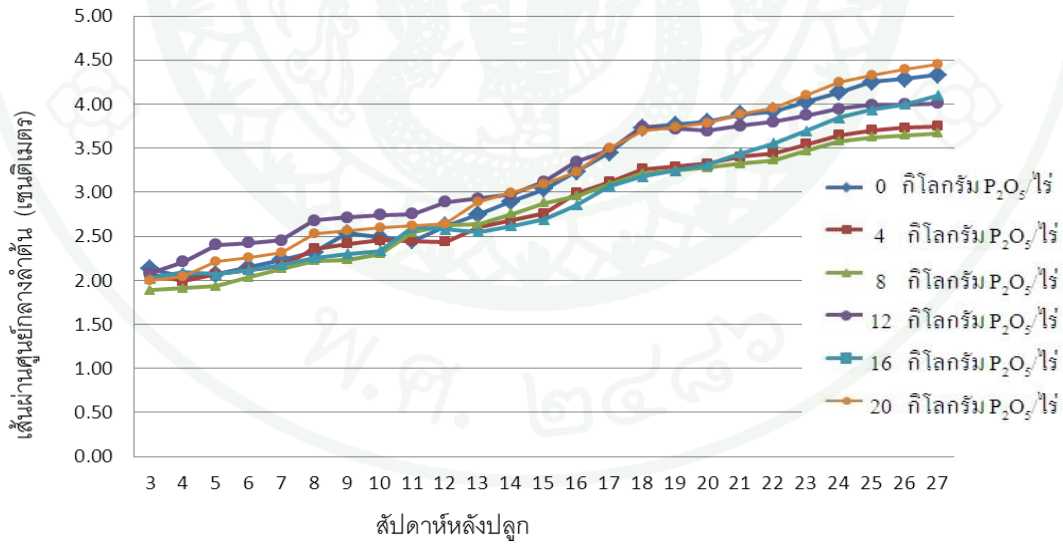
อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส (กิโลกรัมต่อไร่)	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระยะสัปดาห์หลังปลูก (เซนติเมตร)										
	5 เดือน				6 เดือน				7 เดือน		
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
0	3.5	3.7	3.8	3.8	3.9	3.9	4.0	4.1	4.3	4.3	4.3
4	3.1	3.3	3.3	3.3	3.4	3.4	3.5	3.6	3.7	3.7	3.8
8	3.1	3.2	3.2	3.3	3.3	3.4	3.5	3.6	3.6	3.6	3.7
12	3.5	3.7	3.7	3.7	3.8	3.8	3.9	3.9	4.0	4.0	4.0
16	3.1	3.2	3.2	3.3	3.4	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1
20	3.5	3.7	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
ค่าเฉลี่ยตำรับที่ใส่ปุ๋ย	3.26	3.42	3.42	3.48	3.56	3.64	3.74	3.82	3.9	3.94	4.02
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	9.53	8.58	9.01	9.61	10.03	10.47	10.67	10.91	10.67	11.05	11.59

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 ความสูงของต้นมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 อายุ 3-27 สัปดาห์หลังปลูก ที่ปลูกในดินชุดดินสตึก เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ



ภาพที่ 9 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 อายุ 3-27 สัปดาห์หลังปลูก ที่ปลูกในดินชุดดินสตึก เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 น้ำหนักหัวมันสด

ทุกตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดมากกว่าตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสให้น้ำหนักหัวมันสดเพียง 3.36 ตันต่อไร่ ส่วนตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 4, 8, 12, 16 และ 20 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ให้ผลผลิต 6.41, 8.80, 8.59, 8.60 และ 8.40 ตันต่อไร่ ตามลำดับ แต่ยังไม่ต่างกันทางสถิติในกลุ่มของการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส โดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 8.16 ตันต่อไร่ (ตารางที่ 9)

3.4 น้ำหนักต้นและใบสด

น้ำหนักต้นและใบสดในทุกตำรับการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสทุกอัตรา มีแนวโน้มให้น้ำหนักต้นและใบสดมากกว่าตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (4.19 vs 3.55 ตันต่อไร่) และพบว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 12 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีแนวโน้มให้น้ำหนักสดของต้นและใบมากกว่าตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 20, 8, 16, 0 และ 4 กิโลกรัม P_2O_5ต่อไร่ (ให้ผลผลิตเพียง 5.44 vs 4.16, 4.08, 3.93, 3.55 และ 3.39 ตันต่อไร่) ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ผลการทดลองบ่งชี้ว่าการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มันสำปะหลังมีน้ำหนักผลผลิตเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของไชยรัตน์ (2542) ที่ศึกษาผลการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 0, 50 และ 100 กิโลกรัมต่อไร่ ที่มีต่อน้ำหนักผลผลิตหัวสดและน้ำหนักแห้ง และพบว่าการใส่ปุ๋ยเพิ่มขึ้นทำให้ผลผลิตหัวสดและน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น เนื่องจากมันสำปะหลังนำธาตุอาหารไปสร้างการเจริญเติบโตด้านลำต้นและใบ แล้วนำไปสังเคราะห์อาหารไปสะสมน้ำหนักหัวสดเพิ่มขึ้น และ Marschner (1986) ได้รายงานไว้ว่า ผลผลิตจะตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ย ซึ่งเป็นผลมาจากระดับของแหล่งสร้างอาหาร (assimilate sources) ได้แก่ พื้นที่ใบ และการสังเคราะห์แสง กับแหล่งสะสมอาหาร (assimilate sink) เช่นจำนวนหัวต่อต้นและน้ำหนักของผลผลิต ในขณะน้ำหนักสดของต้นและใบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อาจกล่าวได้ว่าการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสส่งผลให้มันสำปะหลังมีการสะสมน้ำหนัก เพิ่มการเจริญเติบโตของรากมากกว่าการเจริญเติบโตของส่วนเหนือดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.5 น้ำหนักต้นและใบแห้ง

น้ำหนักต้นและใบแห้ง ทุกตำรับการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 12 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีแนวโน้มให้น้ำหนักต้นและใบสูงสุดเท่ากับ 1.49 ตันต่อไร่ ขณะที่ตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีน้ำหนักเพียง 1.24 ตันต่อไร่

3.6 ดัชนีเก็บเกี่ยว

อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อดัชนีเก็บเกี่ยว พบว่ามีความสอดคล้องกับน้ำหนักหัวมันสด ซึ่งพบว่าตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสทุกอัตราให้ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวสูงกว่าตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ย มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวเท่ากับ 0.48 ขณะที่ตำรับที่ใส่ปุ๋ยทุกอัตราไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีแนวโน้มให้ดัชนีเก็บเกี่ยวสูงกว่าทุกตำรับการทดลอง โดยมีค่าเท่ากับ 0.69 (ตารางที่ 9)

จากการศึกษาดัชนีเก็บเกี่ยวพบว่าการที่ไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสทำให้ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวต่ำ 0.48 ให้ผลสอดคล้องกับน้ำหนักหัวมันสำปะหลังสด ส่วนค่าเฉลี่ยของดัชนีการเก็บเกี่ยวในทุกตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสให้ค่าเฉลี่ย 0.65 เป็นค่าที่ใกล้เคียงกับการศึกษาของ ดนัย (2537) ที่ศึกษาลักษณะประจำพันธุ์ของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีดัชนีการเก็บเกี่ยวเท่ากับ 0.63 การเปลี่ยนแปลงของดัชนีการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการเคลื่อนย้ายน้ำหนักแห้งที่สร้างไปสะสมในราก ซึ่งจะมีความแตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ และโอภาษ (2531) รายงานว่าในช่วงฤดูแล้ง ดัชนีการเก็บเกี่ยวค่อนข้างคงที่ เนื่องจากการเติบโตของมันสำปะหลังจะหยุดชะงัก แต่เมื่อเข้าสู่ช่วงเริ่มต้นฤดูฝนดัชนีการเก็บเกี่ยวจะลดลง เนื่องจากมันสำปะหลังมีการแตกกิ่งก้านและใบใหม่อีกครั้ง ทำให้มีการนำแป้งรวมทั้งธาตุอาหารที่สะสมไว้ที่รากมาใช้ในระยะนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.7 เปอร์เซ็นต์แป้ง

เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสด พบว่าในทุกตำรับการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส จะให้เปอร์เซ็นต์แป้งเท่ากับ 26.2% ขณะที่ตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 8 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีแนวโน้มให้เปอร์เซ็นแป้งสูงสุดเท่ากับ 29.1% ส่วนตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 20 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีเปอร์เซ็นต์แป้งต่ำที่สุด 20.8% (ตารางที่ 9)

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์แป้ง ไม่สามารถอธิบายอิทธิผลของอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อเปอร์เซ็นต์แป้งได้ เนื่องจากปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์แป้งเช่น อายุการเก็บเกี่ยวที่ส่งผลต่อปริมาณแป้งในหัว ปริมาณน้ำฝนรายเดือน ช่วงเวลาที่เก็บเกี่ยว (อภิชาติ และ เสาวรี, 2550) ในการทดลองนี้ ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ในช่วงเดือนปลายเดือนธันวาคม จากรายงานข้อมูลปริมาณน้ำฝนจะพบว่ามีปริมาณฝนมากในเดือนกันยายน และต่อเนื่องมาจนถึงเดือนพฤศจิกายน ทำให้มันสำปะหลังนำแป้งในหัวไปใช้เพื่อเพิ่มการเติบโตด้านลำต้นมากกว่าสะสมอยู่ในหัวสด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ไชยรัตน์ (2542) รายงานไว้ว่าการใส่ปุ๋ย 15-15-15 ในอัตราที่เพิ่มขึ้นอัตรา 0, 50 และ 100 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์แป้ง ซึ่งแป้งในหัวมันสำปะหลังนอกจากจะได้รับอิทธิพลจากพันธุกรรมของพืชแล้ว อายุและปริมาณฝนขณะเก็บเกี่ยวถือเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบด้วยเช่นกัน การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเพื่อให้ได้ผลผลิตและคุณภาพสูง ควรกระทำในขณะที่มันสำปะหลังมีผลผลิตหัวสดและปริมาณแป้งสูง ซึ่งหมายถึงควรเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเมื่อได้รับฝนอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน หรือเก็บเกี่ยวในช่วงแล้ง ไม่ควรเก็บเกี่ยวกับในช่วงที่เริ่มได้รับฝนหลังจากผ่านช่วงแล้ง เพราะมันสำปะหลังจะนำแป้งที่สะสมในหัวไปใช้ แม้ว่าผลผลิตหัวสดจะเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณแป้งจะลดลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.8 ผลผลิตแป้งต่อไร่

ผลผลิตแป้งต่อไร่ในทุกตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 8 กิโลกรัม P_2O_5ต่อไร่ มีแนวโน้มให้ผลผลิตแป้งสูงสุดเท่ากับ 2,569 กิโลกรัมต่อไร่ และตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสมีแนวโน้มให้ผลผลิตแป้งต่ำสุดเพียง 876.3 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่ค่าเฉลี่ยของทุกตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสมีเท่ากับ 2,060 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งผลผลิตแป้งที่ได้จากการทดลองนี้จะสูงกว่าเมื่อเทียบกับรายงานของ อัจฉรา และ จรุงสิทธิ์ (2537) ผลผลิตแป้งของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีค่าเท่ากับ 1,012 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 9)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อน้ำหนักผลผลิตหัวสด น้ำหนักต้นและใบสด น้ำหนักต้นและใบแห้ง ดัชนีการเก็บเกี่ยว เปอร์เซ็นต์แป้ง และผลผลิตแป้งของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินชุดดินสตึก

อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส	น้ำหนักหัวสด[1/]	น้ำหนักต้นและใบสด	น้ำหนักต้นและใบแห้ง	HI[1/]	แป้ง	ผลผลิตแป้ง[1/]
(กิโลกรัมต่อไร่)	ตันต่อไร่	ตันต่อไร่	ตันต่อไร่		(%)	กิโลกรัมต่อไร่
0	3.36 b	3.55	1.24	0.48 b	26.2	876.3 c
4	6.41 a	3.39	1.22	0.65 a	24.6	1,597.2 bc
8	8.80 a	4.08	1.42	0.67 a	29.1	2,569.0 a
12	8.59 a	5.44	1.49	0.61 a	23.7	2,046.9 ab
16	8.60 a	3.93	1.48	0.69 a	27.8	2,382.4 ab
20	8.40 a	4.16	1.47	0.67 a	20.8	1,704.7 b
ค่าเฉลี่ยตำรับที่ใส่ปุ๋ย	8.16	4.19	1.42	0.65	25.2	2,060.0
F-test	*	ns	ns	*	ns	*
CV (%)	22	27	15	10	16	23

หมายเหตุ * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

[1/] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.9 อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน

ผลการศึกษาพบว่าตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 12 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.34% ซึ่งมากกว่าตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 20, 16, 4 และ 0 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งมีความเข้มข้น 0.24, 0.26, 0.25 และ 0.25% ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 8 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของมวลชีวภาพส่วนเหนือดินในทุกตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.28% ซึ่งยังคงสูงกว่าตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (ตารางที่ 10)

3.10 อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน

ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของมวลชีวภาพส่วนเหนือดินในทุกตำรับการทดลอง มีค่าไม่ต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามทุกตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสมีแนวโน้มว่ามันสำปะหลังดูดใช้ฟอสฟอรัสมากกว่าตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (3.9 vs 3.0 กิโลกรัมต่อไร่) โดยที่การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 12 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสสูงสุดเท่ากับ 5 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 10)

เป็นที่น่าสังเกตุว่าเมื่อพิจารณาตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยกับตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส พบว่าให้ความเข้มข้นและการดูดใช้ฟอสฟอรัสในมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน รวมทั้งน้ำหนักหัวสดและน้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังนั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยอัตราเพิ่มขึ้น แต่เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราสูง 20 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีผลให้น้ำหนักหัวสด น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน ความเข้มข้มและการดูดใช้ฟอสฟอรัสของมวลชีวภาพส่วนเหนือดินกลับมีแนวโน้มลดลง Pellet and El-Sharkawy (1993) รายงานว่า การให้ผลผลิตของมันสำปะหลังจะตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัส โดยขึ้นกับความสมดุลระหว่างการเจริญเติบโตของส่วนเหนือดิน (source) และราก (sink) นฤมล (2531) เมื่อพืชได้รับฟอสฟอรัสมากเกินไปอาจทำให้การเจริญเติบโตส่วนเหนือดินลดลง และผลผลิตพืชลดลงด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อความเข้มข้นและปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินชุดดินสตึก

อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส	ความเข้นข้นฟอสฟอรัส[1/]	ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัส
(กิโลกรัมต่อไร่)	(%)	(กิโลกรัมต่อไร่)
0	0.25 b	3.0
4	0.25 b	3.0
8	0.31 ab	4.3
12	0.34 a	5.0
16	0.26 b	3.7
20	0.24 b	3.5
ค่าเฉลี่ยตำรับที่ใส่ปุ๋ย	0.28	3.9
F-test	*	ns
CV (%)	16	23

หมายเหตุ * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

[1/] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.11 การตอบสนองของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ปลูกในดินชุดดินสตึก

3.11.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใส่ปุ๋ยกับผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด

ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ โดยผลผลิตหัวมันสดเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นจาก 0 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ เป็น 4 และ 8 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ (ภาพที่ 10) เมื่อวิเคราะห์สถิติด้วยสมการ Linear Response Plateau Model (Xiufu's LRP2) ทำให้ได้กราฟและสมการการตอบสนอง

สมการการตอบสนอง คือ $Y=3.36+0.76X$ (if $X<6.87$) adj.R^2= 0.99*

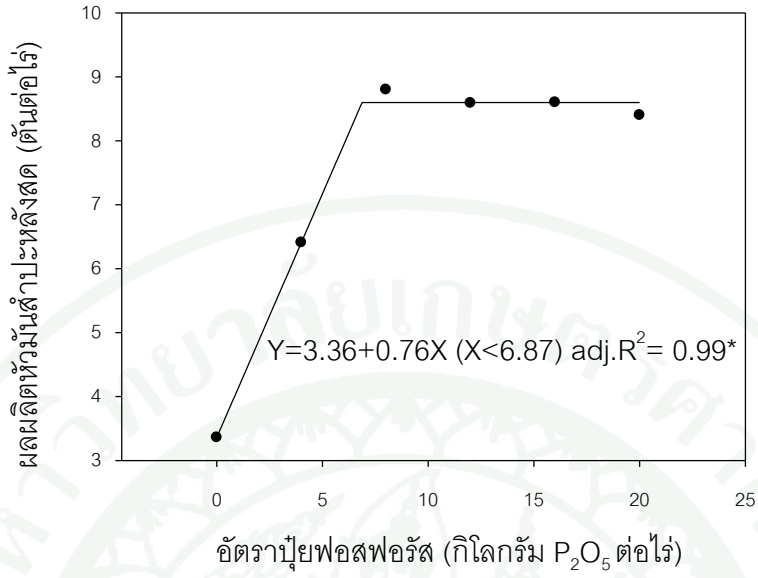
เมื่อ Y = ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด (ตันต่อไร่)

X = อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส (กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่)

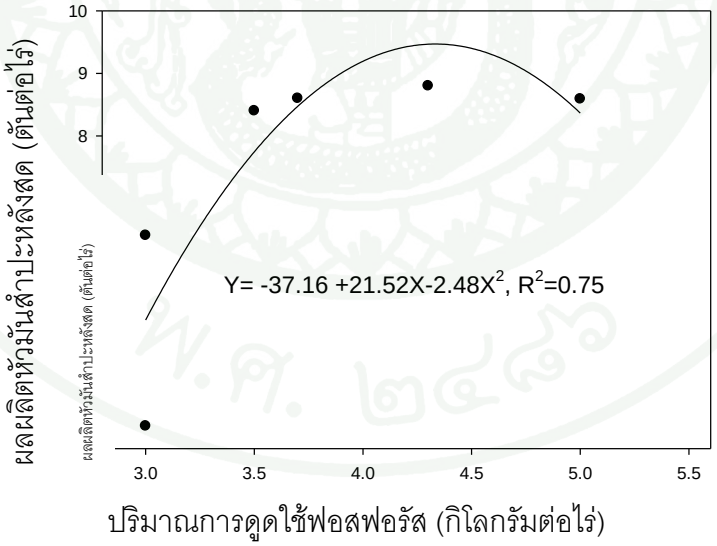
เมื่อ $X<6.87$ ซึ่งเป็นจุดตอบสนองของผลผลิตหัวมันสดต่อปุ๋ยฟอสฟอรัส หมายถึงดินชุดสตึกที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เริ่มต้น 23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หากใส่ฟอสฟอรัสในอัตรา 6.87 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ จะได้ผลผลิตที่เหมาะสมเท่ากับ 8.58 ตันต่อไร่ ดังนั้นจากการวิเคราะห์ด้วยสมการ Linear Response Plateau Model (Xiufu's LRP2) ทำให้ได้คำแนะนำปุ๋ยฟอสฟอรัสสำหรับมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในชุดดินสตึกนี้คือ 6.87 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ซึ่งมีความใกล้เคียงกับคำแนะนำในการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสกับมันสำปะหลังของกรมวิชาการเกษตร (2548) ที่พิจารณาจากค่าวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน หากมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าอยู่ในช่วง 7-30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะแนะนำให้ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 4 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่

ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของมวลชีวภาพส่วนเหนือดินกับผลผลิตหัวมันสด (ภาพที่ 11) ได้ความสัมพันธ์ที่เหมาะสมแบบ quadratic $Y= -37.16+21.52X-2.48X^2$; $R^2=0.75$ (Haaland, 1989; Hu, 1999) คาดการณ์ผลผลิตหัวสดได้ 5.08 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อมันสำปะหลังมีปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสเท่ากับ 3 กิโลกรัมต่อไร่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 10 การตอบสนองของผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ ของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินชุดดินสตึก

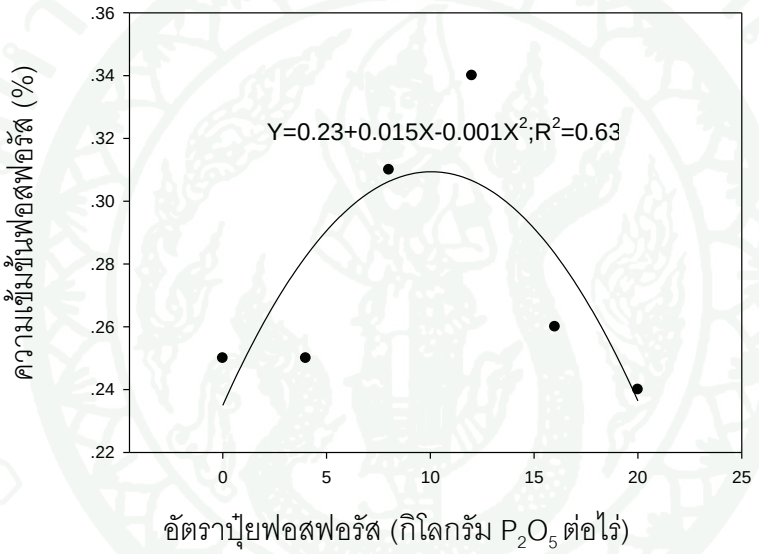


ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของมวลชีวภาพส่วนเหนือดินกับน้ำหนักหัวมันสำปะหลังสดของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินชุดดินสตึก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

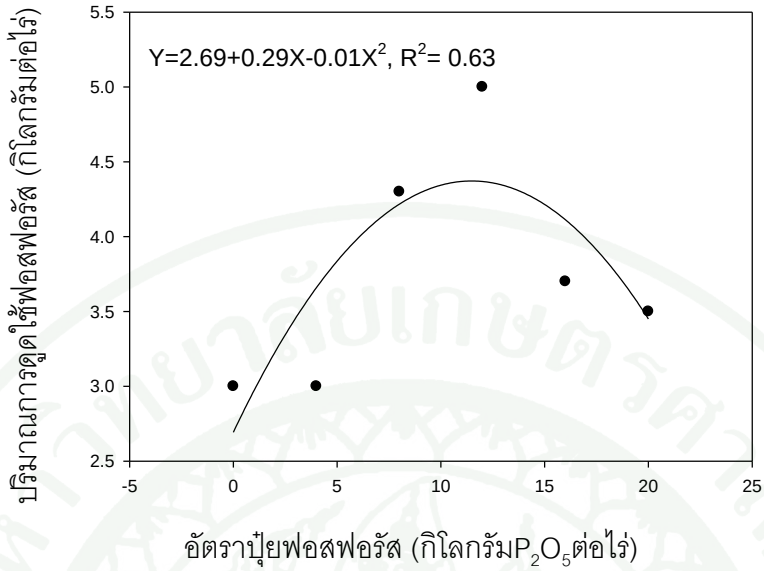
3.11.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสกับความเข้มข้นและปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสกับความเข้มข้นฟอสฟอรัส (ภาพที่ 12) และปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน (ภาพที่ 13) สามารถหาความสัมพันธ์ที่เหมาะสมแบบ quadratic ทั้งคู่ คือ $Y=0.23+0.015X-0.001X^2$ และ $Y=2.69+0.29X-0.01X^2$ สมการนี้มีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจในระดับปานกลาง ($R^2=0.63$)



ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ ต่อความเข้มข้นฟอสฟอรัสของมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินชุดดินสตึก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินชุดดินสตึก

4. อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อการเติบโต องค์ประกอบผลผลิต ความเข้มข้นและปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ที่ปลูกในดินชุดดินปากช่อง

4.1 ความสูงมันสำปะหลัง

พบว่าเมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 25 สัปดาห์ ตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส และตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 20 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีความสูงเท่ากับ 142 และ 143 เซนติเมตร ตามลำดับ ให้ความสูงมากกว่าตำรับที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 4 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 26 สัปดาห์ ตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 20 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีความสูงเท่ากับ 154 เซนติเมตร มากกว่าการใส่ปุ๋ยอัตรา 4 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ที่มีความสูง 131 เซนติเมตร แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ จากใส่ปุ๋ยอัตรา 0, 8, 12 และ 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ในขณะที่ความสูงที่อายุในแต่ละสัปดาห์อื่นๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกตำรับการทดลอง (ตารางที่ 11)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อย่างไรก็ตามตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มให้การเจริญเติบโตด้านความสูงเพิ่มขึ้น จากภาพที่ 14 จะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราสูง 20 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีแนวโน้มให้ความสูงของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 สูงสุด อย่างเห็นได้ชัด เมื่ออายุตั้งแต่ 19 ถึง 28 สัปดาห์หลังปลูก ความสูงมีความชันมาก และเริ่มคงที่หลังจากมันสำปะหลังมีอายุเข้าสู่สัปดาห์ที่ 29 (7 เดือนหลังปลูก) เป็นต้นไป อย่างไรก็ตามในสัปดาห์ที่ 33 (7 เดือนหลังปลูก) ซึ่งเป็นสัปดาห์สุดท้ายในการเก็บข้อมูล การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราสูงสุด 20 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีแนวโน้มว่ามันสำปะหลังให้ความสูงมากที่สุดเท่ากับ 188 เซนติเมตร ขณะที่การใส่อัตราต่ำๆ เช่น 4, 8, 16, 0, และ 12 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ให้ความสูงที่น้อยกว่าเท่ากับ 163, 171, 171, 173 และ 175 เซนติเมตร ตามลำดับ สอดคล้องกับรายงานของ สุขุมาลย์ (2546); อัจฉรา และ จรุงสิทธิ์ (2537) มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 จะมีความสูงประมาณ 170-220 เซนติเมตร เมื่ออายุ 12 เดือน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ วิจิตรา (2547); Oka *et al*. (1978) และ โอภาษ (2531) ที่รายงานความสูงของมันสำปะหลังจะเพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโตจนกระทั่งอายุประมาณ 210 วันหลังปลูก เพราะเป็นระยะการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตลงหัวถึงระยะพักตัว (dormancy) ทำให้การเจริญเติบโตของต้นและใบชะงักหรือหยุดลง ส่งผลให้ความสูงของต้นมันสำปะหลังเริ่มคงที่ (โอภาษ, 2546) สอดคล้องกับ Alves (2002) กล่าวว่า ที่ระยะ 3-6 เดือนเป็นระยะที่มันสำปะหลังมีการพัฒนาด้านลำต้นและใบมาก เส้นกราฟการเจริญเติบโตด้านความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นจึงมีความชันมากในระยะนี้

4.2 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

ขนาดเส้นผ่านศูนย์ลำต้นมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 พบว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ ไม่มีผลทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นมันสำปะหลังแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มเริ่มคงที่ตั้งแต่อายุ 31สัปดาห์ หรือในเดือนที่ 7 หลังปลูก (ภาพที่ 15) ซึ่งขนาดลำต้นเฉลี่ยจากทุกตำรับการทดลองในสัปดาห์ที่ 31 นี้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.12 เซนติเมตร และเมื่อเข้าสู่สัปดาห์ที่ 33 (เดือนที่ 8) ซึ่งเป็นสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บข้อมูล พบว่าในตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราสูงสุด 20 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีแนวโน้มให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นสูงที่สุด 3.3 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 0, 4, 8, 12, 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ โดยให้เส้นผ่านศูนย์ลำต้น 3.2, 3.0, 3.2, 3.1 และ 3.1 ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ ที่มีต่อความสูงของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ในแต่ละสัปดาห์หลังปลูก

อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส (กิโลกรัมต่อไร่)	ความสูงที่ระยะสัปดาห์หลังปลูก (เซนติเมตร)						
	เดือนที่ 4			เดือนที่ 5			
	17	18	19	20	21	22	23
0	113	106	107	117	120	124	129
4	85	86	89	96	102	105	111
8	99	101	102	108	109	114	121
12	84	95	97	103	105	109	117
16	91	93	97	104	104	106	114
20	99	101	104	110	116	120	127
ค่าเฉลี่ยตำรับที่ใส่ปุ๋ย	91.6	95.2	97.8	104.2	107.2	110.8	118
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	16.03	10.23	9.04	8.05	8.67	8.05	7.03

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 (ต่อ)

อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส (กิโลกรัมต่อไร่)	ความสูงที่ระยะสัปดาห์หลังปลูก (เซนติเมตร)									
	เดือนที่ 6				เดือนที่ 7				เดือนที่ 8	
	24	25[1/]	26[1/]	27	28	29	30	31	32	33
0	136	142a	149ab	156	162	169	171	162	172	173
4	117	122b	131b	144	149	157	161	149	163	163
8	128	135ab	143ab	151	158	165	169	158	171	171
12	123	132ab	141ab	151	160	168	173	160	174	175
16	121	129ab	138ab	148	157	164	169	157	173	171
20	135	143a	154a	167	177	181	185	177	187	188
ค่าเฉลี่ยตำรับที่ใส่ปุ๋ย	124.8	132.2	141.4	152.2	160.2	167	171.4	160.2	173.6	173.6
F-test	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	6.51	5.54	5.58	5.42	5.65	5.36	5.60	5.65	5.01	5.2

หมายเหตุ * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

[1/] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

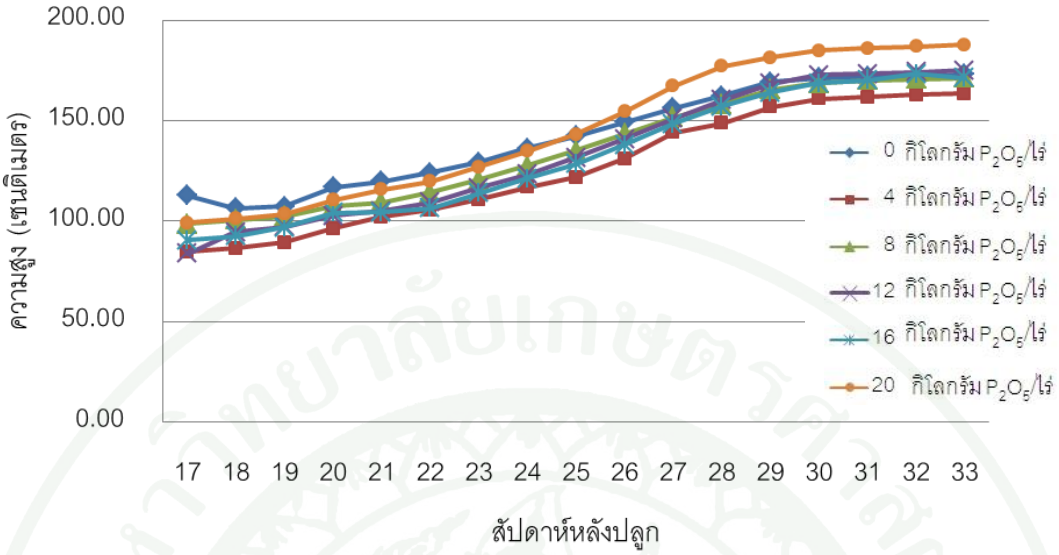
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ ที่มีต่อเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ในแต่ละสัปดาห์หลังปลูก

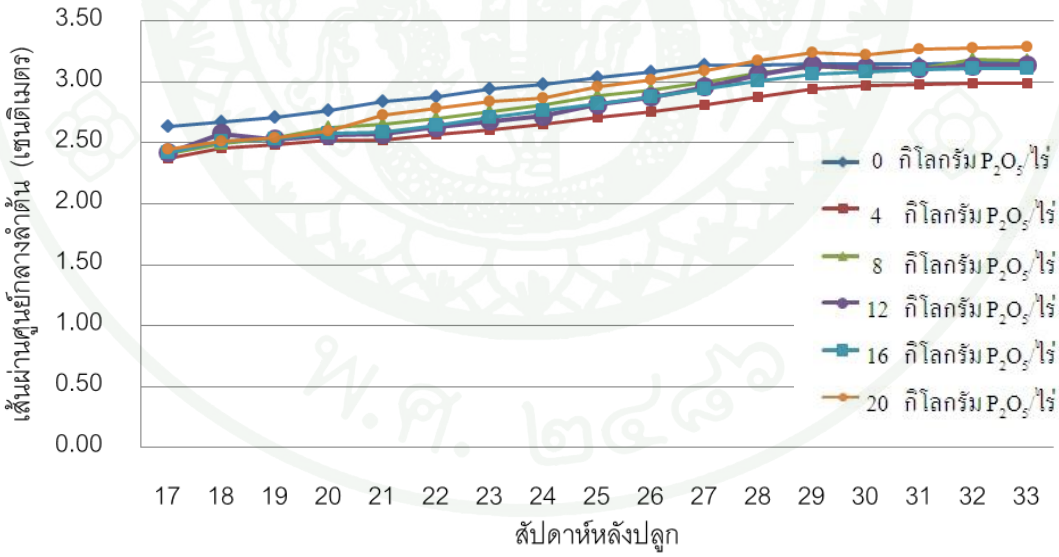
อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส (กิโลกรัมต่อไร่)	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระยะสัปดาห์หลังปลูก (เซนติเมตร)																
	เดือนที่ 4			เดือนที่ 5				เดือนที่ 6				เดือนที่ 7				เดือนที่ 8	
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
0	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9	3.0	3.0	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	3.0
8	2.4	2.5	2.5	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9	3.0	3.1	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2
12	2.4	2.6	2.5	2.6	2.6	2.6	2.7	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
16	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9	3.0	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
20	2.5	2.5	2.5	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	3.0	3.0	3.1	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3	3.3
ค่าเฉลี่ยตำรับที่ใส่ปุ๋ย	2.42	2.52	2.50	2.58	2.62	2.68	2.72	2.78	2.84	2.90	2.96	3.06	3.08	3.1	3.12	3.14	3.14
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	11.9	11.28	11.47	10.29	8.53	11.08	8.20	8.22	8.39	8.58	8.65	8.57	8.76	8.79	9.01	8.60	8.71

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 14 ความสูงของต้นมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 อายุ 17-33 สัปดาห์หลังปลูก เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ



ภาพที่ 15 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 อายุ 17-33 สัปดาห์หลังปลูก เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.3 น้ำหนักหัวมันสด

ทุกตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสไม่ทำให้ผลผลิตของหัวมันสำปะหลังสดมีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าในทุกตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดมากกว่าตำรับที่ไม่การใส่ปุ๋ยซึ่งให้ผลผลิตเพียง 2.57 ตันต่อไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 8 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ให้ผลผลิต 5.47 ตันต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มสูงกว่าตำรับอื่นๆ (ตารางที่ 13) ผลการทดลองดังกล่าวนี้ชี้ให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสส่งผลให้มันสำปะหลังมีน้ำหนักผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของไชยรัตน์ (2542) ที่ศึกษาผลจากการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 0, 50 และ 100 กิโลกรัมต่อไร่ ในมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และ ระยอง 5 ที่มีต่อน้ำหนักผลผลิตหัวสดและน้ำหนักแห้ง การใส่ปุ๋ยเพิ่มขึ้นทำให้ผลผลิตหัวสดและน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น เนื่องจากการใส่ปุ๋ยเพิ่มขึ้นนั้น ทำให้มันสำปะหลังนำธาตุอาหารไปสร้างการเจริญเติบโตด้านลำต้นและใบ แล้วนำไปสังเคราะห์อาหารไปสะสมน้ำหนักหัวสดเพิ่มขึ้น

4.4 น้ำหนักต้นและใบสด

น้ำหนักต้นและใบสดในทุกตำรับการทดลอง พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามตำรับการทดลองที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส มีแนวโน้มให้น้ำหนักต้นและใบสดต่ำกว่าตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส โดยทุกตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสจะให้น้ำหนักต้นและใบสดเฉลี่ย 3.10 ตันต่อไร่ การใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 4, 8, 12, 16 และ 20 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ให้น้ำหนักต้นและใบสดเท่ากับ 3.16, 2.60, 3.28, 3.60 และ 2.88 ตันต่อไร่ ซึ่งมากกว่าตำรับการทดลองที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ให้น้ำหนักต้นและใบสดเพียง 1.82 ตันต่อไร่ (ตารางที่ 13) สอดคล้องกับ ผลการศึกษาของ ศิริสุดา (2553) รายงานว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสหรือโพแทสเซียมในอัตราสูงจะมีส่วนให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินสูงกว่าตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในอัตราที่ต่ำกว่าหรือไม่ใส่ปุ๋ยเคมีเลย ประภาส (2544) กล่าวว่ามันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีการสร้างต้นและใบน้อยกว่ามันสำปะหลังพันธุ์อื่นๆ การใส่ปุ๋ยมีผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย การสร้างต้นและใบของมันสำปะหลังได้มาก ไม่จำเป็นว่าจะให้ผลผลิตหัวได้มากเสมอไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการกระจายอาหารที่สังเคราะห์ได้ไปยังส่วนเหนือดิน (ต้นและใบ) และส่วนของหัวมันสำปะหลังด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.5 น้ำหนักต้นและใบแห้ง

น้ำหนักต้นและใบแห้งพบว่าทุกตำรับการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 8 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีแนวโน้มให้น้ำหนักต้นและใบแห้งสูงกว่าตำรับอื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 1.21 ตันต่อไร่ ทุกตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสมีน้ำหนักต้นและใบสดเฉลี่ยเท่ากับ 1 ตันต่อไร่ ซึ่งยังมากกว่าตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ให้น้ำหนักต้นและใบแห้งเพียง 0.93 ตันต่อไร่

4.6 ดัชนีเก็บเกี่ยว

ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวทุกตำรับการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 8 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีแนวโน้มให้ดัชนีเก็บเกี่ยวสูงสุดเท่ากับ 0.67 ซึ่งมากกว่าตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 4, 12, 20 , 0 และ 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ที่ให้ดัชนีเก็บเกี่ยวเท่ากับ 0.60, 0.59, 0.58, 0.58 และ 0.55 ตามลำดับ (ตารางที่ 13) สอดคล้องกับรายงานของ อัจฉรา และ จรุงสิทธิ์ (2537) ได้รายงานไว้ว่ามันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวเท่ากับ 0.67 ในมันสำปะหลังอายุ 12 เดือน มันสำปะหลังมีการเคลื่อนย้ายน้ำหนักแห้งมาสะสมที่หัวมากขึ้นตามอายุมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้น (วิจิตรา, 2547) และการเปลี่ยนแปลงของดัชนีการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการเคลื่อนย้ายน้ำหนักแห้งที่สร้างไปสะสมในราก ซึ่งจะมีความแตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ (โอภาษ, 2536) ดัชนีการเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังจะแปรปรวนตามความสมดุลย์ของธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมในดิน รวมทั้งความชื้นของดินตลอดช่วงการเจริญเติบโต เนื่องจากไนโตรเจนเกี่ยวข้องกับการสร้างส่วนที่อยู่เหนือดินของมันสำปะหลัง และธาตุโพแทสเซียมเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายแป้งไปสะสมในหัว (Cock *et al*., 1979)

อาจกล่าวได้ว่าปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทสเซียมที่ใส่ร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสในทุกตำรับการทดลอง ส่งผลให้อัตราการสะสมน้ำหนักลงในหัวมากกว่าการเจริญเติบโตด้านลำต้น และดินชุดดินปากช่องมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เริ่มต้น เท่ากับ 11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมากกว่าระดับวิกฤติ (critical value) ในดินที่มีค่าประมาณ 4-6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเท่านั้น อีกทั้งมันสำปะหลังเป็นพืชที่ดูดใช้ธาตุอาหารได้ดีแม้ว่าดินจะมีธาตุอาหารต่ำ และทนทานต่อฟอสฟอรัสในดินที่ต่ำได้ (Pellet and El-Sharkawy,1993) รวมทั้งดินชุดดินปากช่องมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่งผลให้มีการตรึงฟอสฟอรัสในดิน การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในทุกอัตราจึงมีความเป็นประโยชน์ใกล้เคียงกัน

4.7 เปอร์เซ็นต์แป้ง

มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ที่ปลูกในชุดดินปากช่อง พบว่าทุกตำรับการทดลองให้เปอร์เซ็นต์แป้งไม่ต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสมีแนวโน้มให้เปอร์เซ็นต์แป้งมากกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ย โดยตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 20 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ให้เปอร์เซ็นต์แป้งเท่ากับ 28.7% มีแนวโน้มให้เปอร์เซ็นต์แป้งมากกว่าตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 16, 8, 12, 4, และ 0 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ เท่ากับ 28.5, 28.3, 28.1, 27.7 และ 25.0 ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์แป้ง พบว่าไม่สามารถอธิบายอิทธิผลของอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อเปอร์เซ็นต์แป้งได้ ทั้งนี้เนื่องจากแป้งในหัวมันสำปะหลังนอกจากจะได้รับอิทธิพลจากพันธุกรรมของพืชแล้ว อายุและปริมาณฝนขณะเก็บเกี่ยวถือเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบด้วยเช่นกัน (ไชยรัตน์, 2542) โดยในการทดลองนี้ได้เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในมกราคม พ.ศ. 2553 ซึ่งในเดือนธันวาคมเป็นช่วงที่มันสำปะหลังไม่ได้รับน้ำฝนเลย จนกระทั่งเริ่มเข้าสู่เดือนมกราคม มันสำปะหลังเริ่มได้รับน้ำฝนอีกครั้ง จึงนำธาตุอาหารต่างๆ และแป้งในหัวไปใช้เพื่อการเติบโตด้านลำต้นการแตกใบและกิ่งใหม่ จึงเป็นผลให้ปริมาณแป้งในหัวสดไม่แตกต่างกัน

4.8 ผลผลิตแป้งต่อไร่

ผลผลิตแป้งของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ที่ปลูกในดินชุดดินปากช่องแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสให้ผลผลิตแป้งต่ำกว่าตำรับอื่นๆ ที่ใส่ปุ๋ย (645.7 vs 1327.2 กิโลกรัมต่อไร่) ขณะที่ทุกตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 8 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีแนวโน้มให้ผลผลิตแป้งสูงกว่าตำรับอื่นๆ เท่ากับ 1552.5 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตแป้งที่ได้นี้มากกว่าจากการรายงานของ อัจฉรา และ จรุงสิทธิ์, (2537) ได้รายงานไว้ว่ามันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 จะให้ผลผลิตแป้ง 1,030 กิโลกรัมต่อไร่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อน้ำหนักผลผลิตหัวสด น้ำหนักต้นและใบสด น้ำหนักต้นและใบแห้ง ดัชนีเก็บเกี่ยว เปอร์เซ็นต์แป้งและผลผลิตแป้งของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ที่ปลูกในดินชุดดินปากช่อง

อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส	น้ำหนักหัวมันสด[1/]	น้ำหนักต้นและใบสด	น้ำหนักต้นและใบแห้ง	HI	แป้ง	ผลผลิตแป้ง
(กิโลกรัมต่อไร่)	ตันต่อไร่	ตันต่อไร่	ตันต่อไร่		(%)	(กิโลกรัมต่อไร่)
0	2.57 b	1.82	0.93	0.58	25.0	645.7 b
4	4.92 a	3.16	0.86	0.60	27.7	1369.1 a
8	5.47 a	2.60	1.21	0.67	28.3	1552.5 a
12	4.75 a	3.28	1.06	0.59	28.1	1341.9 a
16	4.28 a	3.60	1.00	0.55	28.5	1225.5 a
20	4.06 a	2.88	0.87	0.58	28.7	1147.0 a
ค่าเฉลี่ยตำรับที่ใส่ปุ๋ย	4.70	3.10	1.00	0.60	28.2	1327.2
F-test	*	ns	ns	ns	ns	*
CV (%)	17	25	23	10	6	18

หมายเหตุ * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

[1/] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.9 อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ที่ปลูกในดินชุดดินปากช่อง

ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส พบว่ามีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในมวลชีวภาพส่วนเหนือดินมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 4, 8, 12, 16 และ 20 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีความเข้มข้นเฉลี่ย 0.31% เมื่อเทียบกับตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ย 0 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ซึ่งมีความเข้มข้นเพียง 0.25% ตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 20 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีความเข้มข้นฟอสฟอรัสสูงกว่าตำรับอื่นๆ เท่ากับ 0.36% แต่ยังไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 8 และ 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ (ตารางที่ 14)

4.10 ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ที่ปลูกในดินชุดดินปากช่อง

ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของมวลชีวภาพส่วนเหนือดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 8 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของส่วนเหนือดินมากที่สุดเท่ากับ 4.2 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราสูง 16 และ 20 กิโลกรัม P_2O_5ต่อไร่ มันสำปะหลังดูดใช้ฟอสฟอรัสเท่ากับ 3.4 และ 3.2 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มมากกว่าการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่ำกว่า เช่น 0, 4 และ12 กิโลกรัม P_2O_5ต่อไร่ จากค่าเฉลี่ยในทุกตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสมีการดูดใช้เท่ากับ 3.1 กิโลกรัมต่อไร่ เปรียบเทียบกับตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ย มีการดูดใช้ฟอสฟอรัสเพียง 2.2 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 14)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อความเข้มข้นและปริมาณการดูดใช้ของฟอสฟอรัสในมวลชีวภาพส่วนเหนือดินและการดูดใช้ฟอสฟอรัสของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ที่ปลูกในดินชุดดินปากช่อง

อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส	ความเข้มข้นฟอสฟอรัส[1/]	ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัส[1/]
(กิโลกรัมต่อไร่)	(%)	(กิโลกรัมต่อไร่)
0	0.25 c	2.2 b
4	0.27 bc	2.2 b
8	0.35 ab	4.2 a
12	0.24 c	2.6 b
16	0.33 ab	3.4 ab
20	0.36 a	3.2 ab
ค่าเฉลี่ยตำรับที่ใส่ปุ๋ย	0.31	3.1
F-test	*	*
CV (%)	14	22

หมายเหตุ * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์

[1/] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.11 การตอบสนองของมันสำปะหลังต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ที่ปลูกในดินชุดดินปากช่อง

4.11.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสกับผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด

ผลผลิตหัวมันสดเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 4 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ (ภาพที่ 16) จากนั้นผลผลิตยังเพิ่มขึ้นแล้วกลับลดลง เมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสเป็น 8, 12, 16 และ 20 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ตามลำดับ จากการวิเคราะห์สมการ Linear Response Plateau Model (Xiufu's LRP2) ได้กราฟและสมการการตอบสนองที่เหมาะสม

สมการการตอบสนอง คือ $Y=2.57+0.60X$ (if $X<3.53$) adj.$R^2=0.59$*

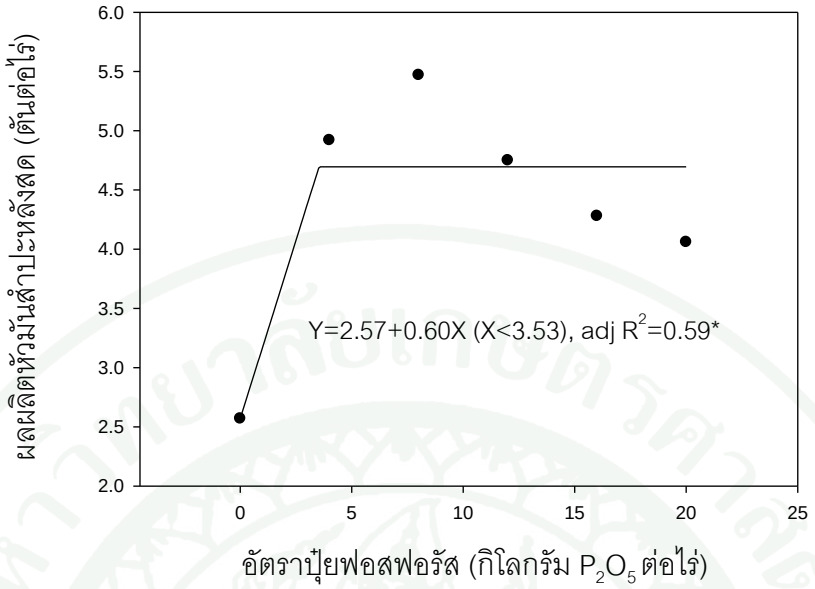
เมื่อ Y=ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด (ตันต่อไร่)

X=อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส (กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่)

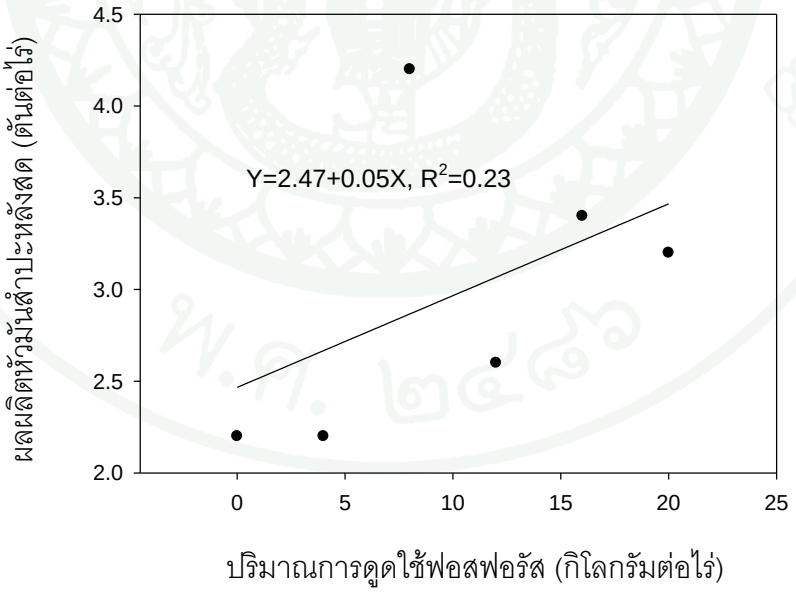
เมื่อ $X<3.53$ เป็นจุดการตอบสนอง (response point) ของผลผลิตหัวมันสดต่อปุ๋ยฟอสฟอรัส หมายถึงดินชุดดินปากช่องที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เริ่มต้น 11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หากใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 3.53 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ จะได้ผลผลิตมันสำปะหลังที่เหมาะสมเท่ากับ 4.68 ตันต่อไร่ ดังนั้นคำแนะนำปุ๋ยฟอสฟอรัสสำหรับมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ที่ปลูกในชุดดินปากช่อง เมื่อพิจารณาโดยสมการ Linear Response Plateau Model (Xiufu's LRP2) คือ 3.53 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ซึ่งมีความใกล้เคียงกับคำแนะนำในการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสกับมันสำปะหลังของ กรมวิชาการเกษตร (2548) ที่พิจารณาจากค่าวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน หากมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าอยู่ในช่วง 7-30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะแนะนำให้ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 4 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ สอดคล้องกับ Howeler and Cadavid (1990) รายงานว่า มันสำปะหลังมีการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสได้ดี ในสภาพที่ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสค่อนข้างต่ำ

ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของมวลชีวภาพส่วนเหนือดินกับผลผลิตหัวมันสด ได้ความสัมพันธ์ที่เหมาะสมแบบเส้นตรง $Y= 2.47+0.05X$; $R^2=0.23$ (ภาพที่ 17)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 16 การตอบสนองของน้ำหนักหัวมันสำปะหลังสดพันธุ์ระยอง 5 ต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ ที่ปลูกในดินชุดดินปากช่อง

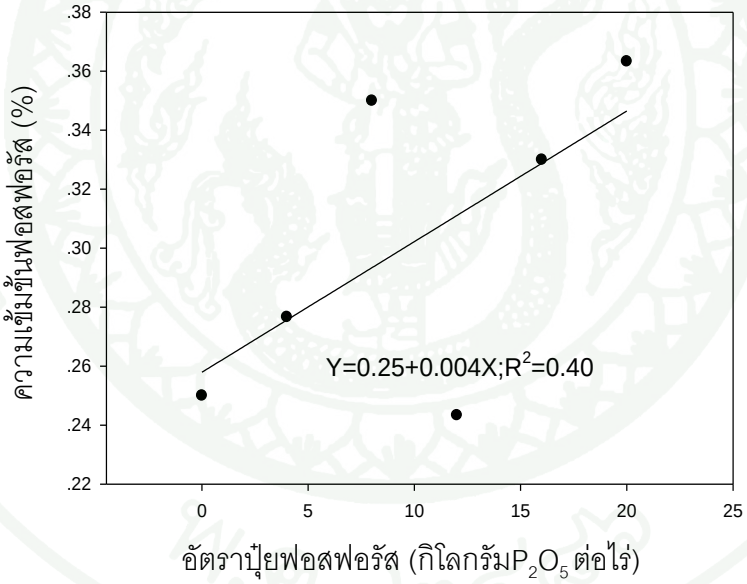


ภาพที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของมวลชีวภาพส่วนเหนือดินกับน้ำหนักมันสำปะหลังสดของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ที่ปลูกในดินชุดดินปากช่อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

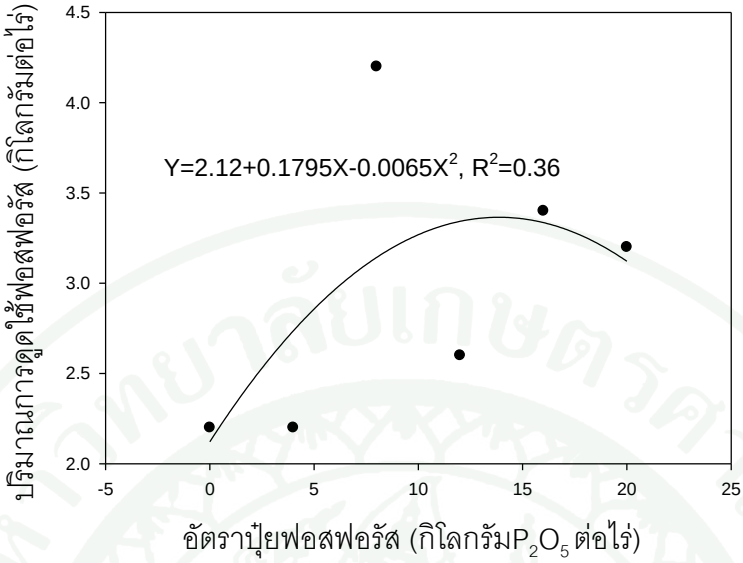
4.11.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสกับความเข้มข้นและปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่กับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน (ภาพที่ 18) ได้ความสัมพันธ์ที่เหมาะสมแบบเส้นตรงคือ $Y=0.25+0.004X$; $R^2=0.40$ เนื่องจากสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ค่อนข้างต่ำทำให้สมการนี้ใช้ทำนายอิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อความเข้มข้นได้เพียงระดับหนึ่งเท่านั้นแม้จะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ (R=0.63) ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสกับปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสส่วนเหนือดิน ได้ความสัมพันธ์แบบ quadratic คือ $Y=2.12+0.1795X-0.0065X^2$, $R^2=0.36$ (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่กับความเข้มข้นฟอสฟอรัสในมวลชีวภาพส่วนเหนือดินมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ที่ปลูกในดินชุดดินปากช่อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่กับปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ที่ปลูกในดินชุดดินปากช่อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินชุดดินสตึกที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เริ่มต้น 23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสที่อัตรา 6.87 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวมันสดที่เหมาะสม 8.58 ตันต่อไร่

2. มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ที่ปลูกในดินชุดดินปากช่องที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เริ่มต้น 11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสที่อัตรา 3.53 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวมันสดที่เหมาะสม 4.68 ตันต่อไร่

3. การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสทุกอัตราให้น้ำหนักหัวมันสำปะหลังสดพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ดัชนีการเก็บเกี่ยว และผลผลิตแป้งมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย แต่น้ำหนักต้นและใบสด น้ำหนักต้นและใบแห้งและเปอร์เซ็นต์แป้งไม่แตกต่างกัน

4. การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสทุกอัตราให้น้ำหนักหัวมันสำปะหลังสดพันธุ์ระยอง 5 และผลผลิตแป้งมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย แต่น้ำหนักต้นและใบสด น้ำหนักต้นและใบแห้ง ดัชนีการเก็บเกี่ยวและเปอร์เซ็นต์แป้งไม่แตกต่างกันทางกันทางสถิติ

ข้อเสนอแนะ

ผลผลิตที่ได้จากการทดลองนี้ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับผลผลิตเฉลี่ยทั้งประเทศที่ได้ประมาณ 3.6 ตันต่อไร่ หากมีการทดลองต่อเนื่องในปีต่อๆไปคาดว่าจะได้ข้อมูลที่ยืนยันได้ดีขึ้น นอกจากนี้ดินชุดดินสตึกในพื้นที่ทดลองมีชั้นแน่นทึบในชั้นล่าง (คล้ายดาน) การซึมน้ำค่อนข้างต่ำ ในดินล่าง เกิดการขังน้ำเป็นบางครั้งเมื่อฝนตกหนัก หากมีการแก้ไขความแน่นทึบของดินล่าง เช่น ไถระเบิดดานจะทำให้หัวมันสำปะหลังเติบโตดีขึ้น ส่วนดินชุดดินปากช่องเนื้อดินเป็นดินเหนียวอาจมีการตรึงฟอสฟอรัสมากทำให้ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้น้อยการใส่ปูนเพื่อปรับ pH ประมาณ 7 จะช่วยเพิ่มการละลายของฟอสฟอรัสให้อยู่ในรูปที่เป็นพืชใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. **รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดิน เล่มที่ 2 ดินบนพื้นที่ดอน**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2548. **คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ, ชุมพล นาควิโรจน์ และ ไพโรจน์ พันธุ์พฤกษ์. 2549. การจัดการดินและปุ๋ยในระบบปลูกพืชมันสำปะหลังในดินชุดดินแม่ริมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. **วารสารดินและปุ๋ย**. 28(1): 30-41.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2549. **คู่มือปฏิบัติการปฐพีวิทยาเบื้องต้นและวิทยาศาสตร์ทางดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จรุงสิทธิ์ ลิ่มศิลา. และ อัจฉรา ลิ่มศิลา. 2537. ชนิดและพันธุ์มันสำปะหลัง, น. 1-13. *ใน* สถาบันวิจัยพืชไร่. **เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง**. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์. 2532. **มันสำปะหลังการปลูกอุตสาหกรรมแปรรูปและการใช้ประโยชน์**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์. 2536. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชาญ ถิรพร, วัฒนะ วัฒนานนท์, อัจฉรา ลิ่มศิลา, จรุงสิทธิ์ ลิ่มศิลา, ดนัย ศุภาหาร, พวงเพชร นรินทราพร, จารินี จันทร์คำ, วุฒิศักดิ์ พรพรหมประทาน, สุนี ศรีสิงห์, อนุชิต ทองกล่ำ, เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์ และ Kazuo Kawano. 2538. มันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 5, น. 103-111. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33 (สาขาพืช)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โชติ สิทธิบุศย์ และ ชาญ ถิรพร. 2537. ดินและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพกับมันสำปะหลัง, น. 128-143. *ใน* **เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง**. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

โชติ สิทธิบุศย์, ชุมพล นาควิโรจน์ และกอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2537. การใช้ค่าวิเคราะห์ดินเพื่อประเมินความต้องการปุ๋ยของมันสำปะหลัง. เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องปัญหาการผลิต การใช้มันสำปะหลัง และต้นทุนการผลิต, 1-3 กันยายน 2537, ชลบุรี

โชติ สิทธิบุศย์, วิชัย นพอบรมดี, สนั่น รัตนานุกูล และชุมพล นาควิโรจน์. 2522. อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและโปตัสเซียม ที่มีต่อปริมาณแป้ง และผลผลิตมันสำปะหลัง, น. 57-60. *ใน* **รายงานการทดลองและวิจัยประจำปี 2522**. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ไชยรัตน์ เพ็ชรชลานุวัฒน์. 2542. ผลกระทบของพันธุ์ **อายุการเก็บเกี่ยว อัตราปุ๋ยที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพมันสำปะหลัง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดนัย ศุภาหาร. 2537. พฤกษศาสตร์และพันธุ์ของมันสำปะหลัง, น. 14-30. *ใน* สถาบันวิจัยพืชไร่, **เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง**. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2551. **คู่มือการปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์, ทวีศักดิ์ เวียร์ศิลป์, สหัสชัย คงทน, หริ่ง มีสวัสดิ์, ประดิษฐ์ บุญอำพล, กู้เกียรติ สร้อยทอง และ อรุณี เจริญศักดิ์ศิริ. 2546. การคาดคะเนรายได้และอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมในการปลูกข้าวโพดบนชุดดินต่างๆ ในพื้นที่ 4 จังหวัด. น. 396-407. *ใน* **การประชุมวิชาการข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่** 31. ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ, กรุงเทพฯ .

นฤมล ขันติสมบูรณ์. 2531. **การศึกษาวิธีการประเมินความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินที่ปลูกมันสำปะหลัง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประภาส ช่างเหล็ก. 2544. **ผลของปุ๋ยที่มีต่อผลผลิตและปริมาณแป้งของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ ที่ปลูกในดินชุดมาบบอน (Mb) และ โคราช (Kt)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประภาส ช่างเหล็ก. 2552. **การปลูกและการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทยพืชอาหารพลังงานทดแทน**. ม.ป.ท.

ปิยะ ดวงพัตรา, วิจารณ์ วิชชุกิจ, เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ, ปยะวุฒิ พูลสงวน, จำลอง เจียมจำนรรจา, เอ็จ สโรบล, และวัชรี เลิศมงคล. 2542. **ดินและปุยมันสำปะหลัง**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2552. **ธาตุอาหารพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจิตรา มหาอุตม์. 2547. **การศึกษาความสัมพันธุ์ระหว่างชนิดและปริมาณธาตุอาหารหลักและรองที่พบในใบและในดิน ที่มีผลต่อผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งของหัวมันสำปะหลังสดพันธุ์ระยอง 5 และพันธุ์ห้วยบง 60**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริสุดา บุตรเพชร. 2553. **การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับการผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุขุมาลย์ เลิศมงคล. 2546. **อิทธิพลของความยาวท่อนพันธุ์ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ที่ปลูกในช่วงต้นและปลายฤดูฝน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรีรัตน์ แสงนิล, ชัยสิทธิ์ ทองจู และ ศุภชัย อำคา. 2552. **การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนต้นฤดูฝน**. **แหล่งที่มา**: http://research.rdi.ku.ac.th/forest/Present.aspx?PresentID=12092, 1 กันยายน 2554.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2552**. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/download/download_journal/yearbook2552.pdf, 19 สิงหาคม 2554.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. **สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ ปี 2553**. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/download/journal/statistics53.pdf, 19 สิงหาคม 2554.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อภิชาติ เมืองซอง และ เสาวรี ดังสกุล. 2550. **ผลของอายุเก็บเกี่ยวที่มีต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง 4 พันธุ์ ในสภาพแวดล้อมจังหวัดนครราชสีมา**. แหล่งที่มา: http://lib.doa.go.th/elib/cgi-bin/opacexe.exe?op=dsp&cat=aut&lang=0&db=Main&pat=&cat=aut&skin=u&lpp=16&catop=&scid=zzz&bid=13092, 24 สิงหาคม 2554.

อัจฉรา ลิ่มศิลา และ จรุงสิทธิ์ ลิ่มศิลา. 2537. ชนิดและพันธุ์มันสำปะหลัง, น. 41-62. *ใน* สถาบันวิจัยพืชไร่. **เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง**. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

โอภาษ บุญเส็ง. 2531. **การศึกษาการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โอภาษ บุญเส็ง. 2539. **พันธุกรรมและปุ๋ยเคมีในการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพมันสำปะหลัง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โอภาษ บุญเส็ง. 2546. **เอกสารวิชาการเรื่องสรีรวิทยาและการผลิตมันสำปะหลัง**. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง. สำนักพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6.

โอภาษ บุญเส็ง. 2550. การเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังเพื่อรองรับโรงงานผลิตเอทานอล. **กสิกร**. ปี 79 (3): 17-20.

Alves, A.A.C. 2002. Cassava botany and physiology, pp. 67-85. *In* Hillocks, R.J., Thresh J.M. and Bellotii, A.C., eds. **Cassava: Biology, Production and Utilization**. CAB International, Wallingford, UK,

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Attanandana, T., C. Suwannarat, T. Vearasilp, S. Kongton, R. Meesawat, P. Boonampol, K. Soitong, C. Tipanuka and R.S. Yost. 2002. Use of decision-aids in on-farm experiments in Thailand, pp. 1-11 . *In* **The Regional Workshop on Decision-Aids for Nutrient Management Support System (NuMaSS)**. 21-24 January, 2002. PhilRice, Maligaya, Philippines.

Brady, N.C. and R.R. Weil. 2002. **Elements of the Nature and Properties of Soils**. The Macmilla Co., New York.

Bray, R.H. and N. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. **Soil Science**. 59: 39–45.

Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity, pp. 891–901. *In* C.A. Black, ed. **Method of Soil Analysis Part II**. American Society of Agronomy, Madison.

Cock, J.H. 1985. **Cassava New Potential for a Neglected Crop**. West view Press, Inc, Boulder, London.

Cock, J.H., D. Franklin, G. Sandoval and P. Juri. 1979. The ideal cassava plant for maximum yield. **Crop Science**. 19: 271-279.

Day, D.R. 1965. Particle fraction and particle size analysis, pp. 545–566. *In* C.A. Black, ed. **Method of Soil Analysis Part II**. American Society of Agronomy,Madison.

Department of Tropical Plant and Soil Science. 2003. **Phosphorus Decision Support System for Windows Version 3.0**. (Computer Program). University of Hawaii at Manoa, Hawaii.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

El-Sharkawy, M.A. and J.H. Cock. 1984. Water use efficiency of cassava. I. Effects of air humidity and water stress on stomatal conductance and gas exchange. **Crop Science** 24: 497-502

El-Sharkawy, M.A. and J.H. Cock. 1990. Photosynthesis of Cassava (*Manihot esculenta*). **Experimental Agriculture** 26: 325-340.

Fageria, N.K., V. C. Bralicar and C. L. Jones. 1997. **Growth and Mineral Nutrient of Field Crops.** Marcel Dekker, Inc. New York.

Haaland, P.D. 1989. **Experimental Design in Biotechnology**. Marcel Dekker, Inc. New York. USA.

Hagens, P. and Sittibussaya, C. 1990. Short and long term aspect of fertilizer application on cassava in Thailand. pp. 244-259. *In* **Howeler, RH. (ed) Proceedings 8th Symposium International Society of Tropical Root Crop**, 30 October-5 November, 1988, Bangkok, Thailand.

Havlin, J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisdale , and W. L. Nelson. 2005. **Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management.** 7th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

Howeler, R.H. 1991. Long-term effect of cassava cultivation on soil productivity. **Field Crops Research.** 26(1): 1-18

Howeler, R.H. 2002. Mineral nutrition and fertilization of cassava, pp. 115-147. *In* R.J. Hillocks, J.M. Thresh and A. Bellotti., eds. **Cassava: Biology, Production and Utilization.** CABI publishing, New York.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Howeler, R.H. and Cadavid, L.P. 1990. Short-and long-term fertility trials in Columbia to determine the nutrient requirements of cassava. **Fertilizer Research** 26 (1): 61-80.

Hu, R. 1999. **Food Product Design: A Computer-Aided Statistical Approach**. Technology Publishing Co., Ltd. Pennsylvania.

Jackson, M.L. 1958. **Soil Chemical Analysis**. Prentice Hall, Inc. Englewaed Cliffs, New Jersey.

Jackson, M.L. 1965. **Soil Chemical Analysis-Advanced Course**. Department of Soils, University of Wisconsin.

Jones, W.O. 1959. **Manioc in Africa**. Standford University Press, California.

Julio, M. and B. A. Charles. 1980. Agronomic practices for cassava production: a literature review, pp. 13-28. *In* **Cassava Cultural Practices : Proceedings of a Workshop Held in Salvador, Bahia, Brazil**. 18-21 March 1980, Centro Internacional de Agricuirura Tropical (CIAT), Ottawa, Canada.

Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. **Soil Interpretation Handbook of Thailand**. Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperative, Bangkok.

Lenis, J.I., F. Calle, G. Jaramillo, J.C Perez. H. Ceballos and Cock J.H. 2006. Leaf retention and cassava productivity. **Field Crops Research** 95(2): 126-134

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Loveday, J., H.J. Beatty and J.M. Norris. 1972. Comparison of current chemical methods for evaluating irrigation soils. **CSIRO Division of Soils Technical Paper.** 14.

Marschner, H. 1986. **Mineral Nutritoin of Higher Plants**. Academic Press, San Diego, CA.

Millar, C.E. 1959. **Soil Fertility**. John Willey and Sons, Inc., New York.

Mississippi State University. 2011. **Phosphorus Fertility.** Souce: http://msucares.com/crops/soils/phosphorus.html, September 2, 2011.

Oka, M., J. Limsila, S. Sarakarn, S. Sinthuprama and C. Tiraporn. 1987. **Eco-physiological studies on cassava (M. esculenta Crantz) in Thailand. Under the coorperative research work between Thailand and Japan**. Dept. of Agr., Thailand.

Parow, E. 1953. Handbuchder starke fabrication, pp. 40-46. *In* **C.A. Brantlech(ed.).Starch its Source, Properties amd Use**. Rainhold Publishing, New York.

Pellet, D. and M.A. El-Sharkawy. 1993. Cassava varietal response to phosphorus fertilization. I. Yield, biomass and gas exchange. **Field Crops Research.** 35: 1-11

Pratt, P.E. 1965. Potassium, pp. 1022-1030. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis. Part II**: Chemical and Mineralogical Methods. Agronomy No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Rodjanaridpiched, C., A. Limsila, D. Suprahan, O. Boonsenf, P. Poolsanguan, C. Tiraporn and K. Kawano. 1993. Recent progress in cassava varietal improvement in Thailand, pp. 125–134. *In* R.H. Howeler, ed. **Cassava breeding, agronomy research and technology transfer in Asia, Proc. 4th**. Regional workshop held in Trivandrum, India.

Talsma, T. 1968. Soil salinity. Part III. pp. 35–48. *In* **Environmental Studies of The Colleambally Irrigation Area and Surrounding Districts**. Land Use Series Water Conservation and Irrigation Commission, NSW.

Walkley, A. and I..A. Black. 1934. An examination digestion method of determining soil organic matter and propose modification of the chromic acid titration method. **Soil Science** 37: 29-37

Yost, R., A.B. Onken, F. Cox and S. Reid. 1992. The diagnosis of phosphorus deficiency and predicting phosphorus requirement. *In* **Proceeding of the Phosphorus Decision Support System Workshop**. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii, Hawaii.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อจำกัดของสมบัติทางเคมีที่ใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Land Classification Division และ FAO Project Staff, 1973)

ตารางผนวกที่ 1 pH ดิน (ดิน:น้ำ = 1:1)

ระดับ (rating)		พิสัย (range)
กรดจัดมาก	Extremely acid	< 4.5
กรดจัด	Very strong acid	4.5-5.0
กรดแก่	Strongly acid	5.1-5.5
กรดปานกลาง	Moderately acid	5.6-6.0
กรดเล็กน้อย	Slightly acid	6.1-6.5
กลาง	Neutral	6.6-7.3
ด่างอ่อน	Mildly alkaline	7.4-7.8
ด่างปานกลาง	Moderately alkaline	7.9-8.4
เป็นด่างจัด	Strongly alkaline	8.5-9.0
ด่างจัด	Extremely alkaline	> 9.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 อินทรียวัตถุ (organic matter) (% organic carbon x 1.724)

ระดับ (rating)		พิสัย (g kg^{-1})
ต่ำมาก	VL	< 5
ต่ำ	L	5-10
ค่อนข้างต่ำ	ML	10-15
ปานกลาง	M	15-25
ค่อนข้างสูง	MH	25-35
สูง	H	35-45
สูงมาก	VH	> 45

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณไนโตรเจนรวม (total nitrogen)

ระดับ (rating)		พิสัย (g kg^{-1})
ต่ำมาก	VL	< 0.25
ต่ำ	L	0.50-0.75
ปานกลาง	M	0.75-1.25
สูง	H	1.25-1.75
สูงมาก	VH	> 2.25

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) (Bray II)

ระดับ (rating)		พิสัย (mg kg^{-1})
ต่ำมาก	VL	<3
ต่ำ	L	3-6
ค่อนข้างต่ำ	ML	6-10
ปานกลาง	M	10-15
ค่อนข้างสูง	MH	15-25
สูง	H	25-45
สูงมาก	VH	>45

ตารางผนวกที่ 5 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available K) (NH_4OAc)

ระดับ (rating)		พิสัย (mg kg^{-1})
ต่ำมาก	VL	< 30
ต่ำ	L	30-60
ปานกลาง	M	60-90
สูง	H	90-120
สูง (H)	VH	> 120

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 ด่างที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable base) (NH_4OAc)

ระดับ (rating)	พิสัย (cmol (+) kg^{-1})			
	Exch.Ca	Exch.Mg	Exch.K	Exch.Na
ต่ำมาก (VL)	< 2.0	< 0.3	< 0.2	< 0.1
ต่ำ (L)	2-5	0.3-1.0	0.2-0.3	0.1-0.3
ปานกลาง (M)	5-10	1.0-3.0	0.3-0.6	0.3-0.7
สูง (H)	10-20	3.0-8.0	0.6-1.2	0.7-2.0
สูงมาก (VH)	> 20	> 8.0	> 1.2	> 2.0

ตารางผนวกที่ 7 ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity: CEC)

ระดับ (rating)		พิสัย (cmol kg^{-1})
ต่ำมาก	VL	< 3
ต่ำ	L	3-5
ค่อนข้างต่ำ	ML	5-10
ปานกลาง	M	10-15
ค่อนข้างสูง	MH	15-20
สูง	H	20-30
สูงมาก	VH	> 30

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่สกัดได้จากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (electrical conductivity: EC) (ดิน:น้ำ=1:5)

ระดับ (rating)		พิสัย (dS. m^{-1})
ต่ำมาก	VL	<2
ต่ำ	L	2-4
ปานกลาง	M	4-8
สูง	H	8-16
สูงมาก	VH	>16

หมายเหตุ VL = ต่ำมาก (Very low)
V = ต่ำ (Low)
ML = ค่อนข้างต่ำ (Moderately low)
M = ปานกลาง (Moderately)
ML = ค่อนข้างสูง (Moderately high)
H = สูง (High)
VH = สูงมาก (Very high)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวศุภลักษณา แสงอ่อน
วัน เดือน ปี ที่เกิด	8 พฤศจิกายน 2528
สถานที่เกิด	จังหวัดปทุมธานี
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีการเกษตร)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์