ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา | ปฐพีวิทยา

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง การตอบสนองของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินจตุรัสต่อปุ๋ยโพแทสเซียม

Response of Cassava Grown on a Chatturat Soil to Potassium Fertilizer

นามผู้วิจัย นางสาวอรชุมา จงเจือกลาง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ....

(อาจารย์ศุภิฌา ธนะจิตต์, ปร.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสาวนุช ถาวรพฤกษ์, ปร.ด.)

หัวหน้าภาควิชา ....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การตอบสนองของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินจตุรัสต่อปุ๋ยโพแทสเซียม

Response of Cassava Grown on a Chatturat Soil to Potassium Fertilizer

โดย

นางสาวอรชุมา จงเจือกลาง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อรชุมา จงเจือกลาง 2555: การตอบสนองของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินจตุรัสต่อปุ๋ยโพแทสเซียม ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์ศุภิฌา ธนะจิตต์, ปร.ด. 73 หน้า

การศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจตุรัสต่ออัตราปุ๋ยโพแทสเซียม 6 อัตราได้แก่ 0, 4, 8, 16, 24 และ 32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ และเปรียบเทียบกับผลผลิตที่คาดคะเนด้วยแบบจำลองการปลูกพืชเพื่อให้ได้อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมที่เหมาะสม ทำการทดลองที่อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ใส่ปุ๋ยในอัตรา 20 กิโลกรัม N ต่อไร่ และ 10 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ในทุกตำรับการทดลอง ปุ๋ยทั้งหมดแบ่งใส่ 2 ครั้ง ๆ ละ เท่ากันเมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 1 และ 3 เดือน เก็บเกี่ยวผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังที่อายุ 9 เดือน และทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นและปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในชีวมวลส่วนเหนือดินและในหัวมันสำปะหลังเมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง

ผลการศึกษา พบว่า น้ำหนักต้นและใบของมันสำปะหลัง และร้อยละการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังสดไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใส่ การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 16 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ มีแนวโน้มให้ผลผลิตแป้งสูงสุดเท่ากับ 1.85 ตันต่อไร่ และให้น้ำหนักหัวมันสำปะหลังสดสูงที่สุดเท่ากับ 6.15 ตันต่อไร่ แต่ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 4 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ (5.34 ตันต่อไร่) ที่มันสำปะหลังมีการดูดใช้โพแทสเซียมไปสะสมในหัวมันสำปะหลังสูงที่สุด

ดินในพื้นที่ทดลองเป็นดินร่วนปนทราย และมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ระดับปานกลาง (83 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จึงมีผลให้มันสำปะหลังตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราต่ำเท่ากับ 4.23 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตหัวมันสดเท่ากับ 5.39 ตันต่อไร่เมื่อคาดคะเนด้วยสมการ Linear Response Plateau Model (LRP) ซึ่งผลผลิตที่ได้ใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการทดสอบในสนามมากที่สุดเมื่อใส่ปุ๋ยในอัตรา 4 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ แต่เมื่อใส่ปุ๋ยนี้ในอัตราที่สูงขึ้น ผลผลิตที่ประเมินได้จะสูงกว่าผลผลิตที่ได้จริง ขณะที่สมการ Mitscherlich-Bray จะคาดคะเนผลผลิตหัวมันสำปะหลังได้ใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้ในแปลงทดลองในทุกอัตราปุ๋ย แต่จะมีปริมาณผลผลิตต่ำกว่า ส่วนโปรแกรม Phosphorus Decision Support System (PDSS) จะคาดคะเนอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใช้สูงกว่าความเป็นจริงถึง 4 เท่าถึงจะให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเทียบเท่ากัน

________________ ____________________________ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Onchuma Chongchuaklang 2012: Response of Cassava Grown on a Chatturat Soil to Potassium Fertilizer. Master of Science (Soil Science), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Miss Suphicha Thanachit, Ph.D. 73 pages.

A study on the response of cassava KU50 variety that was grown on a Chatturat soil to six rates (0, 4, 8, 16, 24 and 32 kg rai^{-1}) of K fertilizer and the comparison between actual and predicted yields for obtaining suitable rate of K fertilizer was carried out in Si Kheu district, Nakhon Ratchasima province. Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications was employed. Applications of N and P_2O_5 at the rate of 20 and 10 kg rai^{-1}, respectively, were implemented to all treatments. All fertilizers were equally applied twice at one and three months after planting. Yield of cassava and its parameters were harvested and measured at nine months old. Nutrient concentration and uptake in above ground biomass and tuber were undertaken after at the end of the experiment.

Result of the study indicated that stem and leave weight of cassava and starch percentage had no relationship with rates of K applied. The application of 16 kg K_2O rai^{-1} tended to produce the highest starch yield of 1.85 ton rai^{-1} and the greatest fresh tuber weight of 6.15 ton rai^{-1} but this the latter result was indifferent to the application of 4 kg K_2O rai^{-1} (5.34 ton rai^{-1}), which cassava had the highest to uptake in tuber.

The soil in experimental site had sandy loam texture. Potassium level in the soil was moderate (83 mg kg^{-1}). As a result, the response to K application was at the low rate (4.23 kg K_2O rai^{-1}) and fresh tuber yield was predictably 5.39 ton rai^{-1} using Linear Response Plateau Model (LRP). The amount gained from this prediction was the most similar to the actual yield at the application rate of 4 kg K_2O rai^{-1} but predicted yield was higher than those achieved from the experiment when applied at the higher rates. Tuber yield of cassava predicted using Mitscherlich-Bray model was rather the same as the yield obtained from the experiment at all rates of K_2O application but the yield was seemingly lower. The prediction using Phosphorus Decision Support System (PDSS) program suggested four times higher in K_2O fertilizer applied than the application used for producing the same amount of tuber yield under the trial.

____________________ ______________________________________ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือแนะนำและตรวจแก้ไขให้เรียบร้อยจาก อาจารย์ ดร.ศุภิฌา ธนะจิตต์ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เสาวนุช ถาวรพฤกษ์ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือ ขอขอบพระคุณ อาจารย์ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม และ ดร.พิชิต พงษ์สกุล ที่ช่วยให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนูชัย กองแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ท่านแรก ขอบพระคุณอาจารย์ที่อดทนและพยายามเข้าใจ ขอบพระคุณที่อาจารย์ผลักดันเรามาจนกระทั่งมีวันนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์และบุคลากรทุกท่านในภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ขอบพระคุณผู้บังคับบัญชาและพี่ๆ กรมวิชาการเกษตร ที่ได้คอยให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนในการเรียนและทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีตลอดมา และสุดท้ายขอบคุณความรักและกำลังใจจากครอบครัว ที่เป็นแรงผลักดันให้พยายามทำทุกอย่างให้ดีที่สุด

อรชุมา จงเจือกลาง

เมษายน 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	18
อุปกรณ์	18
วิธีการ	19
ผลและวิจารณ์	29
สรุปและข้อเสนอแนะ	50
สรุป	50
ข้อเสนอแนะ	51
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	52
ภาคผนวก	62
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	73

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1	รายละเอียดการใช้ปุ๋ยเคมีในแต่ละตำรับทดลอง	23
2	สมบัติของดินจตุรัสก่อนทำการทดลองที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร	29
3	ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังจากแปลงทดลองและจากการคาดคะเนโดยสมการ LRP	41
4	ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังจากแปลงทดลองและจากการคาดคะเนโดยสมการ Mitscherlich-Bray	45
5	ข้อมูลที่นำเข้ามาใช้ในโปรแกรม Phosphorus Decision Support System (PDSS) เพื่อคาดคะเนอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับมันสำปะหลัง	46
6	อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใช้จริงและจากประเมินโดยโปรแกรม Phosphorus Decision Support System (PDSS) โดยใช้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังที่ได้จริงเป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ	47
7	เปรียบเทียบผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังจากแปลงทดลองและจากการคาดคะเนโดยสมการ Linear Response Plateau Model (LRP model)s สมการ Mitscherlich-Bray และ Phosphorus Decision Support System (PDSS)	48

ตารางผนวกที่

1	ปริมาณน้ำฝนบริเวณที่ศึกษา ตั้งแต่เดือนมกราคม – ธันวาคมพ.ศ. 2553	64
2	อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด - ต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณที่ศึกษา ตั้งแต่เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2553	65
3	อิทธิพลของปุ๋ยโพแทสเซียมที่มีต่อความสูงของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจตุรัส	66
4	อิทธิพลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจตุรัส	67
5	อิทธิพลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อความเข้มข้นโพแทสเซียมของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจตุรัส	68

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
6	อิทธิพลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อการดูดใช้โพแทสเซียมของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจตุรัส	69
7	เกณฑ์การประเมินพีเอชดิน (ดินต่อน้ำ = 1:1)	70
8	เกณฑ์การประเมินระดับอินทรียวัตถุและธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดิน	71
9	เกณฑ์การประเมินระดับด่างที่สกัดได้และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน	72

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการเจริญเติบโตกับผลผลิต	17
2	ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ตั้งแต่เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2553 ของบริเวณที่ทำการศึกษา	20
3	อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด - ต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยตั้งแต่เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2553 ของบริเวณที่ทำการศึกษา	20
4	การนำเข้าข้อมูลทั่วไป ข้อมูลประวัติการใช้พื้นที่ และข้อมูลดิน เพื่อใช้ในการคาดคะเนคำแนะนำปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับมันสำปะหลังโดยใช้โปรแกรม PDSS	26
5	การนำเข้าข้อมูลวิเคราะห์ดิน เพื่อใช้ในการคาดคะเนค่าแนะนำปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับมันสำปะหลังโดยใช้โปรแกรม PDSS	27
6	คำแนะนำการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมเพื่อให้ได้ผลผลิตตามที่กำหนด	27
7	ความสูงของต้นมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 2-7 เดือน ที่ปลูกในดินจัตุรัสเมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 0-32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่	30
8	ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจัตุรัสเมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 0-32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่	32
9	น้ำหนักชีวมวลส่วนเหนือดินสดของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจตุรัสเมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 0-32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่	33
10	ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจตุรัสเมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 0-32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่	34
11	ร้อยละการสะสมแป้งของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจตุรัสเมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 0-32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่	35
12	ผลผลิตแป้งของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจตุรัสเมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 0-32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่	36
13	ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม ในหัวสดของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจัตุรัสเมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 0-32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่	37

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

14 ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในชีวมวลส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจัตุรัสเมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 0-32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ 38
15 การดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมของหัวสดมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจตุรัสเมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 0-32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ 39
16 การดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม ของชีวมวลส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจตุรัสเมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 0-32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ 40
17 การตอบสนองของมันสำปะหลังต่ออัตราปุ๋ยโพแทสเซียมโดยใช้ LRP model 41
18 สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมกับการดูดใช้โพแทสเซียมในมวลชีวส่วนเหนือดิน (ก), การดูดใช้โพแทสเซียมกับผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด (ข), ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมกับความเข้มข้นของโพแทสเซียมในมวลชีวส่วนเหนือดิน (ค) และความสัมพันธ์ระหว่างการดูดใช้โพแทสเซียมกับผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด (ง) 42
19 ความสัมพันธ์แบบ เส้นแนวโน้มโพลิโนเมียลระหว่างอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมกับผลผลิตหัวมันสำปะหลังที่ได้จากการทดลองในแปลงทดลอง 43
20 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ย K_2O ที่ใส่กับผลผลิตที่ได้ในสมการ Mitscherlich-Bray 45
21 สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตที่คำนวณได้จาก Mit.-Bray equation กับผลผลผลิตที่ได้จริงจากแปลงทดลอง (ก) และผลผลิตที่คำนวณได้จากสมการ LRP กับผลผลิตที่ได้จริงจากแปลงทดลอง (ข) 48
22 สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยที่แนะนำจาก PDSS กับอัตราปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง 49

ภาพผนวกที่

1 เครื่องชั่งหาเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังด้วยหลักการแทนที่น้ำ 63

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตอบสนองของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินจตุรัสต่อปุ๋ยโพแทสเซียม

Response of Cassava Grown on a Chatturat Soil to Potassium Fertilizer

คำนำ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* (L.) Crantz) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศที่ใช้เป็นพืชอาหารสำหรับสัตว์และเป็นพืชพลังงานทางเลือกที่สำคัญในการผลิตเอทานอล ปัจจุบันความต้องการใช้มันสำปะหลังเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงควรเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้นและเพียงพอต่อความต้องการ ปัจจัยสำคัญในการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังนอกจากการใช้พันธุ์ที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่แล้ว ยังรวมถึงการใช้ปุ๋ยอย่างเหมาะสม โดยพบว่าปุ๋ยโพแทสเซียมช่วยรักษาระดับผลผลิตและเพิ่มผลผลิตหัวมันสำปะหลังได้ดี (สมพงษ์ และ อนุชิต, 2547) การจัดการดินและปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพมีความสัมพันธ์กับพันธุ์และสภาพพื้นที่ มันสำปะหลังแต่ละสายพันธุ์มีลักษณะประจำพันธุ์และความต้องการธาตุอาหารต่างกัน จึงควรทราบถึงความต้องการธาตุอาหารของมันสำปะหลังแต่ละสายพันธุ์เมื่อมีการปลูกในสภาพพื้นที่ต่าง ๆ โดยพิจารณาสภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศ การเขตกรรมและชนิดดิน การใช้คำแนะนำการจัดการดินและปุ๋ยกับมันสำปะหลังอย่างมีประสิทธิภาพจะช่วยลดต้นทุนการผลิตมันสำปะหลังลงได้เมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยโดยทั่ว ๆ ไปของเกษตรกรที่ใส่ปุ๋ยตามความรู้สึกของตัวเองเป็นหลัก คำแนะนำปุ๋ยสำหรับมันสำปะหลังในปัจจุบันเป็นแบบกว้าง ๆ ไม่ได้คำนึงถึงปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ดั้งเดิมในดิน ไม่ได้นำปัจจัยสภาพแวดล้อมและการจัดการมาร่วมพิจารณาการใส่ปุ๋ย ทำให้การใช้ปุ๋ยไม่ตรงตามความต้องการของพืชและมีประสิทธิภาพต่ำ เพิ่มต้นทุนในการผลิตโดยไม่จำเป็น (ทัศนีย์ และ ประทีป, 2551) โครงการการจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่นั้นดำเนินการกับข้าวโพดและข้าวจนประสบผลสำเร็จมาแล้ว ส่วนมันสำปะหลังเป็นอีกพืชหนึ่งที่กำลังดำเนินการ การจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่นั้นใช้โปรแกรม Phosphorus Decision Support System (PDSS) และสมการ Mitscherlic-Bray ช่วยในการคาดคะเนอัตราปุ๋ยที่จำเพาะสำหรับพื้นที่ ร่วมกับการปลูกมันสำปะหลังทดสอบการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมในแปลงทดลอง เป็นวิธีที่สามารถคาดการณ์ความต้องการปุ๋ยของมันสำปะหลังได้ค่อนข้างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ต่อปุ๋ยโพแทสเซียม อัตราต่าง ๆ ที่ปลูกในดินจตุรัส

2. เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของผลผลิตมันสำปะหลังที่ได้จากการคาดคะเนโดยใช้แบบจำลองการปลูกพืชกับผลผลิตจากการทดสอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. มันสำปะหลัง

1.1 การผลิตมันสำปะหลัง

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* (L.) Crantz) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยประมาณ 2 ศตวรรษมาแล้วจากปี พ.ศ. 2510 ถึง 2530 มันสำปะหลังที่ปลูกทั้งหมดในประเทศไทยใช้พันธุ์เดียวคือ พันธุ์ระยอง 1 (พันธุ์พื้นเมือง) จนเพิ่มพื้นที่ปลูกในปี 2532 ถึง 9.96 ล้านไร่ ปัจจุบัน มีพื้นที่ปลูกประมาณ 7 ล้านไร่ มีผลผลิตประมาณ 25 ล้านตันต่อปี จังหวัดที่ปลูกมากที่สุดคือนครราชสีมารองลงมาได้แก่ กำแพงเพชร สระแก้ว และชัยภูมิ ประเทศไทยส่งผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังออกขายต่างประเทศมากเป็นอันดับหนึ่งของโลกตลอดระยะเวลามากกว่า 30 ปี ในรูปของแป้งมันสำปะหลัง มันเส้น มันอัดเม็ด กากมัน และสาคู ทำรายได้ให้แก่ประเทศมากกว่า 3 หมื่นล้านบาท รองจาก ข้าว ยางพารา และอ้อย และจะยิ่งมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้นทุกปี เนื่องจากมีการพัฒนาการผลิตจากเดิมมากขึ้น และยังมีอุตสาหกรรมใหม่ เช่น อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ อุตสาหกรรมการแปรรูปต่อเนื่อง และการผลิตเอทานอล เพื่อใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากปิโตรเลียม (กรมวิชาการเกษตร, 2550)

1.2 สภาพและปัจจัยที่มีความเหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชที่ขึ้นได้ในดินทุกชนิด แต่ชอบดินร่วนปนทรายเพราะจะลงหัวและเก็บเกี่ยวง่าย เจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินที่ไม่มีน้ำท่วมขัง พีเอชอยู่ในพิสัย 5.5-8.0 ทนต่อความเป็นกรดได้ดี ถึงแม้พีเอชจะต่ำกว่า 4.5 ก็ไม่ส่งผลให้ผลผลิตลดลง แต่มันสำปะหลังกลับไม่ทนต่อความเป็นด่าง ซึ่งจะไม่สามารถขึ้นได้ถ้าพีเอชสูงถึง 8.5 (โอภาษ และคณะ, 2546) มันสำปะหลังเป็นพืชวันสั้น ผลผลิตจะลดลงถ้าช่วงแสงของวันยาวเกิน 10-12 ชั่วโมง (Hillocks *et al.*, 2002) มันสำปะหลังขึ้นได้ดีในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิประมาณ 10-30 องศาเซลเซียส และมีปริมาณน้ำฝน 500-2,500 มิลลิเมตรต่อปี (โสภณ, 2526)

มันสำปะหลังมีความต้องการธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม โดยในแต่ละฤดูการผลิตมันสำปะหลังจะไนโตรเจนประมาณ 10-20 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัส 6-10 กิโลกรัมต่อไร่ และต้องการโพแทสเซียม 8-12 กิโลกรัมต่อไร่ (อัจฉรา และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จรุงสิทธิ์, 2547) มันสำปะหลังจะตอบสนองต่อปริมาณธาตุไนโตรเจนที่ได้รับมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความสามารถในการอุ้มน้ำของดินและปริมาณฝนที่ตกกระจายอย่างสม่ำเสมอ แต่เมื่อได้รับไนโตรเจนมากเกินไป จะทำให้ร้อยละการสะสมแป้งในหัวมันลดลง (สมลักษณ์, 2551) สำหรับฟอสฟอรัสนั้นถึงแม้จะมีปริมาณความต้องการน้อยกว่าไนโตรเจนและโพแทสเซียม แต่จะมีบทบาทที่สำคัญเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตรวมทั้งผลผลิต (Havlin *et al.*, 2005) โดยทั่วไปฟอสฟอรัสจะเป็นประโยชน์ต่อพืชมากที่สุดเมื่อพีเอชเป็นกลาง โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 6-7 (มุกดา, 2544; Brady and Weil, 2008) โพแทสเซียมนั้นมีความสำคัญต่อการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตจากส่วนใบและต้นไปสะสมในราก ช่วยเพิ่มปริมาณแป้งในหัวมันรวมทั้งช่วยลดปริมาณไฮโดรไซยานิค โดยมีรายงานว่ามันสำปะหลังที่ขาดโพแทสเซียมมีผลผลิตหัวมันลดลงอย่างชัดเจน ใบแก่จะร่วงหล่นเร็วกว่าปกติ ใบเล็กแคบ และลำต้นแคระแกร็น (Lenis *et al.*, 2006)

1.3 ฤดูปลูกมันสำปะหลัง

ช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการปลูกมันสำปะหลังมี 2 ช่วงเวลา คือ ปลูกต้นฤดูฝนประมาณเดือนเมษายน-พฤษภาคม สำหรับบางปีที่มีฝนเพียงพอในช่วงเดือนกุมภาพันธ์หรือมีนาคมก็สามารถปลูกได้ในช่วงเวลาดังกล่าว และการปลูกในช่วงปลายฤดูฝนประมาณเดือนตุลาคม - ธันวาคม (ก่อนที่ฝนจะหมด) การที่เกษตรกรสามารถเตรียมแปลงปลูกได้ทันในฤดูปลูกทั้ง 2 ช่วงนี้จะได้ผลผลิตสูงกว่าปลูกในช่วงฤดูอื่น มันสำปะหลังที่ปลูกในช่วงต้นฤดูฝนจะเจริญเติบโตสม่ำเสมอกว่ามันสำปะหลังที่ปลูกปลายฤดูฝน เนื่องจากการปลูกในปลายฤดูฝนมันสำปะหลังจะติดแล้งในช่วงแรกของการเจริญเติบโต มันสำปะหลังที่ปลูกต้นฤดูฝนจะมีหัวขนาดเล็ก เรียวยาว มีจำนวนหัวมากเพราะหัวมันออกเป็นชั้น ๆ ส่วนมันสำปะหลังที่ปลูกปลายฤดูฝนจะมีหัวขนาดใหญ่ป้อม แต่ไม่ค่อยดก (Lenis *et al.*, 2006) การปลูกในช่วงปลายฤดูฝนมีข้อดีคือ สามารถลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัชพืช และเป็นการอนุรักษ์ดินและป้องกันการกร่อนดินจากอิทธิพลของเม็ดฝนและน้ำไหลบ่า แต่การปลูกปลายฤดูฝน ไม่แนะนำให้ปลูกในพื้นที่ดินค่อนข้างเหนียว ซึ่งเมื่อกระทบแล้งดินจะรัดตัวแน่นและแข็ง ทำให้มันสำปะหลังตาย (กรมวิชาการเกษตร, 2551) รวมทั้งในฤดูแล้งการไถพรวนจะได้ดินก้อนใหญ่ ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังจะแห้งตายก่อนที่จะงอก แต่ในกรณีของดินทรายสามารถปลูกได้ตลอดปี แต่เกษตรกรมักนิยมปลูกปลายฤดูฝน เช่น แถบจังหวัดระยอง และชลบุรี (โสภณ, 2526)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.4 การเจริญเติบโตและพัฒนาการของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นไม้พุ่มยืนต้นมีการเจริญเติบโตไม่สิ้นสุด มีช่วงการเจริญเติบโตทางต้นใบ สลับกับการสะสมแป้งในราก บางครั้งมีระยะพักตัวขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม และปัจจัยการผลิต เช่น อุณหภูมิต่ำ แล้ง ฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน มีความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างชีวมวลรวมและหัว (Ramanujam, 1990)

การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังแตกต่างจากพืชชนิดอื่นๆ โดยมันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตในส่วนต้นและใบต่อเนื่องไปพร้อม ๆ กัน ทำให้เกิดการแย่งสารอาหาร ซึ่งรูปแบบการเจริญเติบโตแบ่งออกเป็น 5 ระยะ ดังนี้

1. Establishment phase คือ ระยะที่ลำต้นเริ่มแตกออกมาจากท่อนพันธุ์จะเริ่มมีการสร้างใบ โดยใช้ระยะเวลา 10-12 วันหลังปลูก โดยใบแรกจะแผ่ขยายเต็มที่หลังจากงอกประมาณ 30 วัน และเริ่มมีการเจริญเติบโตทางลำต้น (สมลักษณ์, 2551)

2. Storage roots initiation คือ ระยะที่รากเริ่มพองออก เนื่องจากเริ่มมีการสะสมสารอาหารในราก เป็น การพัฒนาของใบและระบบรากเริ่มต้นโดยใช้ระยะเวลา 15-90 วันหลังปลูก เมื่อใบแรกแผ่เต็มที่หลังจากงอกประมาณ 30 วันจะเริ่มมี การเจริญเติบโตทางลำต้นและรากโดยใช้อาหารที่เก็บสะสมไว้ในท่อนพันธุ์ นอกจากนี้ในช่วง 30 วันหลังปลูก รากฝอยจะเริ่มเจริญเติบโตและแผ่กระจายในดินลึก 40-50 เซนติเมตร ซึ่งเป็นบริเวณราก (root zone) ที่พืชดูดน้ำและธาตุอาหารในดิน (Conceicao, 1979)

3. First bulking คือ ระยะที่รากหาอาหารและน้ำ และรากฝอยจะเริ่มเปลี่ยนเป็นรากสะสมอาหาร สามารถมองเห็นและแยกออกจากกันได้ชัดเจน ในระยะ 60-90 วันหลังงอกจะเป็นการพัฒนาของลำต้นและใบ ต่อมาในระยะ 90-180 วันหลังปลูกโดยในช่วงนี้จะมีอัตราการเจริญเติบโตของใบและลำต้นสูงสุด ต่อมาประมาณ 120-300 วันหลังปลูกมันสำปะหลังจะเริ่มมีการแตกกิ่งและทรงพุ่ม ใบในทรงพุ่มสามารถรับแสงได้ทั้งหมด ทรงพุ่มมีขนาดใหญ่ที่สุด การสังเคราะห์แสงและการสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนใบและลำต้นสูงที่สุด การสะสมอาหารในรากเกิดขึ้นสูงสุดเช่นกัน (Veltkamp, 1985)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. Dormancy คือ ระยะพักตัว ได้แก่ช่วง 300-360 วันหลังปลูก อัตราการเกิดใบลดลง จะมีการทิ้งใบ ดังนั้นการเจริญเติบโตจะมีการชะงักในช่วงนี้ แต่ยังคงมีการเคลื่อนย้ายแป้งไปเก็บไว้ในราก และการสะสมน้ำหนักแห้งในรากสูงสุด ระยะพักตัวนี้เกิดเนื่องจากความชื้นในดินต่ำ (Conceicao, 1979) ซึ่งช่วงนี้เป็นช่วงเวลาที่เหมาะสม สำหรับการเก็บเกี่ยวผลผลิตหัวมันสด

5. Recovery คือ ระยะฟื้นตัว หลังจากพักตัว มันสำปะหลังจะมีการแตกใบใหม่หลังจากได้รับน้ำ เริ่มฟื้นตัวจากการทิ้งใบเพราะฝนทิ้งช่วง มีการดึงสารอาหารจากหัวมาสร้างทรงพุ่มใหม่ในระยะนี้ (สมลักษณ์, 2551)

1.5 การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง

รากมันสำปะหลังจะเริ่มพองเป็นหัวเมื่ออายุประมาณ 2 เดือน และจะเจริญเติบโตเรื่อยไป โดยมีการสะสมแป้งมากขึ้น เมื่อมันสำปะหลังมีอายุมากขึ้นผลผลิตก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย มันสำปะหลังสามารถเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่อายุ 8-18 เดือน แต่จะให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง และร้อยละการสะสมแป้งสูงสุดเมื่ออายุมากกว่า 12 เดือนขึ้นไป อย่างไรก็ตามผลผลิตที่อายุ 12 เดือน จะมีคุณภาพตรงกับความต้องการของตลาด และช่วยให้การปลูกในฤดูถัดไปอยู่ในช่วงฤดูฝน ไม่ควรเก็บเกี่ยวในช่วงที่มีฝนตกชุก เนื่องจากหัวมันสำปะหลังจะมีร้อยละการสะสมแป้งต่ำ (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2537)

2. มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 เป็นพันธุ์ลูกผสมระหว่างพันธุ์ระยอง 1 กับพันธุ์ระยอง 90 เกิดจากการพัฒนาพันธุ์ร่วมกันโดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรมวิชาการเกษตร และศูนย์เกษตรเขตร้อนนานาชาติ (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT) แนะนำให้เกษตรกรปลูก เนื่องในวาระครบรอบ 50 ปี ของการก่อตั้งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อ พ.ศ. 2536 พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 สามารถปลูกได้ทั่วประเทศ งอกดี ลำต้นสูงใหญ่ หัวดกและมีลักษณะเป็นกลุ่มสามารถเก็บเกี่ยวได้สะดวก และยังมีปริมาณแป้งในหัวสูง ด้วยลักษณะเด่นดังกล่าว ทำให้มีการขยายพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 เป็นพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกมากในประเทศ (วิจารณ์ และคณะ, 2546) พื้นที่ปลูกถึง 3,791,104 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 60.91 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลักษณะประจำพันธุ์ของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ยอดอ่อนมีสีม่วง ไม่มีขนอ่อน ใบที่เจริญเต็มที่มีสีเขียวอมม่วง แผ่นใบเป็นแบบใบหอก (lancrolate) ต้นมีความสูงประมาณ 2-3 เมตร แตกกิ่งน้อย หากแตกกิ่งระดับของกิ่งแรกคือ 1.5 เมตร กิ่งทำมุม 75-90 องศา ก้านใบมีสีเขียว ลำต้นมีสีเขียวเงิน หัวมีเปลือกสีน้ำตาลอ่อนและมีเนื้อสีขาว (อัจฉรา และจรุงสิทธิ์, 2537)

วิจารณ์ และคณะ (2546) รายงานว่า พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 2,791 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่พันธุ์พื้นเมือง (ระยอง 1) ที่เคยมีพื้นที่ปลูกร้อยละ 90 ของประเทศ แต่ได้ผลผลิตเฉลี่ยเพียง 2,068 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งการปลูกด้วยพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 นี้ จะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นไร่ละ 723 กิโลกรัม นอกจากนี้มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีปริมาณแป้งในหัวสูง โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณร้อยละ 25 ทำให้มาตรฐานของการผลิตแป้งของโรงงานแป้งมันสำปะหลังใช้วัตถุดิบน้อยลง ข้อมูลของสมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย พบว่าหลังปี พ.ศ. 2542 การผลิตแป้ง 1 กิโลกรัม ต้องใช้หัวมันสด 4.59 กิโลกรัม จากเดิมใช้ 4.75 กิโลกรัม จะลดวัตถุดิบลง 0.16 กิโลกรัม ดังนั้นเฉพาะปีพ.ศ. 2545 ประเทศไทยผลิตแป้งมันสำปะหลังจำนวน 2,300,300 ตัน โรงงานใช้หัวมันสดลดลง 368,048 ตัน ทำให้อุตสาหกรรมมันสำปะหลังประหยัดต้นทุนได้ 220 ล้านบาท ทั้งนี้เป็นผลมาจาก การขยายพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (คำนวณจาก 60% ของพื้นที่ปลูก)

3. ธาตุโพแทสเซียม

3.1 โพแทสเซียมในดิน

โพแทสเซียมเป็นธาตุที่มีอยู่ในดินปริมาณมากเมื่อเทียบกับฟอสฟอรัส กล่าวคือ ในขณะที่ฟอสฟอรัสมีอยู่ในผิวโลกเพียงร้อยละ 0.11 แต่โพแทสเซียมมีอยู่ถึงร้อยละ 2.4 ปริมาณโพแทสเซียมในดินจะผันแปรตั้งแต่ 100 ปอนด์ต่อเอเคอร์ (หรือเท่ากับ 18 กิโลกรัมต่อไร่) ในดินชั้นไถพรวนของดินเนื้อหยาบที่เกิดจากหินทราย หรือควอตไซต์ จนถึง 50,000 ปอนด์ (หรือเท่ากับ 22,500 กิโลกรัม) หรือมากกว่าในดินเนื้อละเอียดที่เกิดจากหินที่มีแร่ที่ประกอบด้วยโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณที่สูง (Tisdale and Nelson, 1963) แร่สำคัญที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณมาก ได้แก่ โพแทสเฟลด์สปาร์($KAlSi_3O_8$) มัสโคไวต์ {$H_2KAl_3(SiO_4)_3$} และ ไบโอไทต์{$(H, K)_2$ $(Mg, Fe)_2Al_2$ $(SiO_4)_3$} ซึ่งจัดเป็นแหล่งของโพแทสเซียมแร่เหล่านี้เมื่อสลายตัวกลายเป็นดินจะให้ธาตุโพแทสเซียม และแร่ดินเหนียวชนิดต่าง ๆ เช่น อิลไลต์ และ เวอร์มิ-คิวไลต์ ตกค้างอยู่ในดินเป็นปริมาณมาก จึงมักพบว่าดินเนื้อละเอียดหรือดินเหนียวจะมีปริมาณ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โพแทสเซียมสูงกว่าดินเนื้อหยาบหรือดินทราย (Mengel and Kirkby, 1987; Brady and Weil, 2008) นอกจากนี้ความสามารถของพืชที่จะใช้โพแทสเซียมจากแร่เหล่านี้เรียงลำดับจากสูงไปต่ำ คือ ไบโอไทต์ > มัสโคไวต์ > โพแทสเฟลด์สปาร์ (Tisdale and Nelson, 1963; Mengel and Kirkby, 1987; Brady and Weil, 2008)

3.2 รูปของโพแทสเซียมในดิน

โพแทสเซียมในดินสามารถแบ่งออกเป็น 3 รูป ดังนี้ 1) Non-exchangeable K คือ โพแทสเซียมที่อยู่ในโครงสร้างของแร่ที่เหลือตกค้างอยู่ในดิน และโพแทสเซียมที่ถูกตรึงอยู่ในระหว่างหลืบ (interlayer) ของอนุภาคดินเหนียว 2) Exchangeable K คือ โพแทสเซียมที่ดูดยึดอยู่กับพื้นผิวของคอลลอยด์ดิน สามารถแลกเปลี่ยนที่กับไอออนบวกอื่น ๆ ในสารละลายดินได้ 3) Water-soluble K คือ โพแทสเซียมที่ละลายอยู่ในสารละลายดิน ซึ่งเป็นรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที โดยโพแทสเซียมทั้งสามรูปดังกล่าวจะอยู่ในสภาพที่สมดุลกัน (ชัยฤกษ์, 2536; Brady and Weil, 2008)

เมื่อพิจารณาทางด้านความเป็นประโยชน์สำหรับพืช โพแทสเซียมในดินจะอยู่ในรูป 1) Relatively unavailable K คือ โพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของแร่ เช่น เฟลด์สปาร์ และ ไมกา เมื่อมีการผุพังสลายตัวจะสามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมให้ออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช 2) Slowly available K คือ โพแทสเซียมที่ถูกตรึงอยู่ในระหว่างหลืบของอนุภาคดินเหนียวพวกอิลไลต์ เวอร์มิคูไลต์ และแร่ดินเหนียวพวก 2:1 อื่น ๆ โพแทสเซียมส่วนนี้เป็นส่วนที่พืชไม่สามารถจะใช้ประโยชน์ได้โดยตรง แต่เป็นแหล่งชดเชยให้แก่ส่วนที่อยู่ในสภาพของไอออนในสารละลายดินเมื่อถูกพืชหรือจุลินทรีย์ดูดไปใช้ และ 3) Readily available K คือ โพแทสเซียมที่อยู่ในสารละลายดิน (Soil solution) ซึ่งเป็นรูปที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ง่ายที่สุด นอกจากนี้โพแทสเซียมในนี้กับโพแทสเซียมที่ถูกดูดซับอยู่ที่ผิวของคอลลอยด์ดินจะอยู่ในสภาพสมดุลกันตลอดเวลา โดยเมื่อโพแทสเซียมที่อยู่ในสารละลายดินถูกพืชดูดไปใช้ รูปที่ถูกดูดซับอยู่ที่ผิวของคอลลอยด์ดินก็จะถูกปลดปล่อยออกมาอยู่ในสารละลายดินแทน (ชัยฤกษ์, 2536; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 บทบาทและความสำคัญของโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตของพืช

โพแทสเซียมเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเติบโตของพืช แม้จะไม่ใช่ธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบของพืชหรือทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของพืช โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการมากธาตุหนึ่ง แต่พืชจะไม่นำไปใช้ในการสังเคราะห์เป็นองค์ประกอบทางอินทรีย์ต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชเหมือนไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โพแทสเซียมมักพบในเนื้อเยื่อของพืชในรูปของเกลืออนินทรีย์ หรือไม่ก็เชื่อมกับแอนไอออนในกรดอินทรีย์ (Tisdale and Nelson, 1963) แต่โพแทสเซียมกลับมีหน้าที่สำคัญคือเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาต่าง ๆ โดยเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ต่าง ๆ มากกว่า 40 ชนิดในพืชให้สามารถทำงานได้ตามปกติ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Evan and Sorger, 1966; Mengel and Kirkby, 1987) เช่น การทำงานของเอนไซม์ Starch synthetase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการถ่ายโอนกลูโคสไปยังโมเลกุลของแป้ง คือ

$$\text{ADP-glucose} + \text{starch} \rightleftharpoons \text{ADP} + \text{glucose-starch}$$

กิจกรรมของเอนไซม์ Starch synthetase สามารถดำเนินได้โดยการใช้แคตไอออนประจุบวกหนึ่งได้หลายชนิด เช่น Li^+, Na^+ และ K^+ เป็นต้น แต่โพแทสเซียมสามารถช่วยให้เอนไซม์ Starch synthetase มีกิจกรรมสูงที่สุด ซึ่งความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 50-100 มิลลิโมลาร์ หากสูงมากเกินกว่านี้กลับส่งผลในเชิงยับยั้งและทำให้ปริมาณแป้งลดลง โดยเฉพาะในอวัยวะที่สะสมแป้ง เช่น หัว ในส่วนของการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแป้ง พืชที่ขาดโพแทสเซียมจะมีการ 1) เพิ่มการสะสมคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ 2) ลดปริมาณแป้ง และ 3) เพิ่มการสะสมสารประกอบไนโตรเจนที่ละลายได้ (ยงยุทธ, 2546)

หน้าที่โดยทั่วไปของโพแทสเซียมนั้น นอกจากจะเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ต่าง ๆ หลายชนิด แล้วโพแทสเซียมยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่

1) ขบวนการสร้างและเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาล (Carbohydrate metabolism and translocation) โพแทสเซียมจำเป็นสำหรับการสร้างคาร์โบไฮเดรตและช่วยส่งเสริมให้ใบมีประสิทธิภาพในการดึงดูดคาร์บอนไดออกไซด์ เข้ามาใช้ประโยชน์และช่วยในการเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาลจากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่งของพืช ถ้าพืชขาดธาตุนี้แล้วปริมาณแป้งและน้ำตาลในต้นพืชจะต่ำกว่าปกติและก่อให้เกิดการสะสม Reducing sugar ในปริมาณที่สูง (Tisdale and Nelson, 1963)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2) กระบวนการสังเคราะห์แสงและหายใจ โพแทสเซียมยังมีบทบาทต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง การหายใจ การสังเคราะห์โปรตีน การขยายขนาดเซลล์ การปิดและเปิดปากใบ การขนส่งน้ำรวมทั้งน้ำตาล และช่วยเพิ่มคุณภาพของผลผลิตพืช (ชัยฤกษ์, 2536; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

3) กระบวนการสร้างโปรตีนจากสารประกอบไนโตรเจน การขาดโพแทสเซียมจะยับยั้งกระบวนการสร้างโปรตีน ซึ่งจะก่อให้เกิดการสะสมสารประกอบไนโตรเจนที่เป็นพิษ (Toxic nitrogeneous compounds) โดยการขาดโพแทสเซียมนั้นจะเปลี่ยนองค์ประกอบของไนโตรเจนในเนื้อเยื่อของพืช ซึ่งอาจจำกัดการสังเคราะห์ จึงทำให้โปรตีนลดลง (Eaton, 1952; Tisdale and Nelson (1963)

4) โพแทสเซียมช่วยทำให้เกิดการพัฒนาที่ดีของ Cortex ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการที่จะต้านทานการหักล้มของพืชและป้องกันโรคและแมลง (Janssen and Bartholomew, 1932)

พืชมีการดูดใช้โพแทสเซียมในปริมาณมากและใกล้เคียงกับธาตุไนโตรเจน (อัจฉรา และ จรุงสิทธิ์, 2547) ซึ่งพืชหัวจะมีความต้องการโพแทสเซียมในปริมาณมากกว่าความต้องการของพืชที่ให้โปรตีน ในสภาพที่มีโพแทสเซียมจำกัด พืชหัวจะมีการเจริญของรากลดลงเมื่อเทียบกับการเจริญของใบ สำหรับในกระบวนการสร้างแป้งและน้ำตาล พืชที่ขาดโพแทสเซียมจะมีปริมาณแป้งต่ำกว่าปกติ โดยจะมี Reducing sugar เพิ่มขึ้นและ Non- reducing sugar ลดลงโดยเฉพาะในราก โพแทสเซียมจึงมีความสำคัญต่อการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตจากส่วนใบและต้นของมันสำปะหลังไปยังราก (Mengel and Kirkby, 1987; Havlin *et al*., 2005)

มันสำปะหลังใช้โพแทสเซียมประมาณร้อยละ 60 จากที่ดูดใช้จากดินและจะนำไปสะสมในหัว (ชาญ และ โชติ, 2537; สมพงษ์ และ อนุชิต, 2547) โดยในแต่ละฤดูการผลิตมันสำปะหลังมีความต้องการโพแทสเซียมประมาณ 8-12 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่โชติ และคณะ (2529) พบว่า เมื่อมันสำปะหลังอายุ 12 เดือน ต้องมีการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม 15.2, 3.6 และ 12.4 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

โชติ และคณะ (2537) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารพืชในดินกับผลผลิตมันสำปะหลังในแปลงเกษตรกรภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า ค่าวิกฤติ (Critical level) ของโพแทสเซียมในดินมีค่าประมาณ 28-30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สอดคล้องกับการศึกษาของ Hargen

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(1987) ที่พบว่าโพแทสเซียมในดินมีสหสัมพันธ์กับร้อยละผลผลิตสัมพัทธ์ของมันสำปะหลังอย่างมีนัยสำคัญ โดยระดับวิกฤติของโพแทสเซียมมีค่าเท่ากับ 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.4 อาการขาดโพแทสเซียมของพืช

เนื่องจากโพแทสเซียมทำหน้าที่เกี่ยวกับ Osmotic regulation ซึ่งทำให้พืชมีแรงดึงดูด (Osmotic pull) เอาน้ำเข้าสู่ราก เมื่อพืชขาดโพแทสเซียมจะแสดงอาการเหี่ยวเฉาง่ายเมื่อความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินมีอยู่จำกัด พืชอาจแสดงอาการมีสีซีดที่ขอบใบ (Chlorosis) แล้วกลายเป็นสีน้ำตาลและแห้งไปในที่สุด (Necrosis) อาการเริ่มจากปลายใบสู่โคนใบ (ยงยุทธ, 2546; สุมาลี, 2536) ระหว่างเส้นใบอาจจะมีจุดสีน้ำตาลแห้ง โพแทสเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ (Mobile)ในพืช ลักษณะอาการขาดจึงเกิดขึ้นที่ใบแก่ก่อนใบอ่อน จะมีการสะสมแป้งต่ำแต่มีปริมาณน้ำมาก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) มันสำปะหลังที่ขาดโพแทสเซียม จะทำให้การเจริญเติบโตลดลง ลำต้นแคระแกร็น มีใบแคบลงและใบแก่จะร่วงหล่นเร็วกว่าปกติ (Asher and Edwards., 1978; Lenis *et al*., 2006)

Obigbesan (1977) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมจะช่วยเพิ่มปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลัง ขณะเดียวกันก็ลดปริมาณไฮโดรไซยานิค (HCN) ในหัวมันสำปะหลังด้วย และการปลูกมันสำปะหลังในดินที่มีระดับโพแทสเซียมต่ำ จะทำให้ได้หัวมันสำปะหลังที่มีปริมาณไฮโดรไซ-ยานิคสูงกว่าในดินที่มีระดับโพแทสเซียมเพียงพอ

4. อิทธิพลของปุ๋ยโพแทสเซียมที่ทีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของมันสำปะหลัง

4.1 การเจริญเติบโต

การศึกษาทดลองเกี่ยวกับอิทธิพลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่าง ๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังนั้นมีอยู่น้อยมาก อย่างไรก็ตามจากข้อมูลที่รวบรวมได้ Ngongi (1976) พบว่า มันสำปะหลังในแปลงที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟตนั้น จะมีความสูงมากกว่าแปลงที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับ Malavolta *et al.* (1955) ที่รายงาน การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟตในอัตรา 28 กรัมต่อกระถางต่อเดือนจะเพิ่มผลผลิตหัวมันสำปะหลังจาก 940 กรัมต่อกระถาง เป็น 1,460 กรัมต่อกระถาง ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์อัตราสูง ๆ จะทำให้อัตราส่วนระหว่างธาตุไนโตรเจนต่อธาตุซัลเฟอร์เท่ากับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

17.2 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ร่วมกับธาตุซัลเฟอร์ หรือการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต ซึ่งมีค่าอัตราส่วนระหว่างธาตุไนโตรเจนและซัลเฟอร์เท่ากับ 15.1 และ 14.8 ตามลำดับ ซึ่งเมื่ออัตราส่วนระหว่างธาตุไนโตรเจนและซัลเฟอร์สูงกว่า 15.0 แล้ว มันสำปะหลังมักจะแสดงอาการขาดธาตุซัลเฟอร์ จึงอาจทำให้มันสำปะหลังตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ในเชิงลบนอกจากนั้นอาจเป็นผลเนื่องมาจากอนุมูลคลอไรด์ในปุ๋ยนั้นจะไปลดการดูดซัลเฟอร์ หรืออาจเกิดเนื่องมาจากความเป็นพิษของอนุมูลคลอไรด์เนื่องจากปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์โดยตรงก็ได้ เนื่องจากปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์จะให้อนุมูลคลอไรด์เท่ากับร้อยละ 0.11 ในขณะที่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์เมื่อใส่ร่วมกับธาตุซัลเฟอร์ และปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟตให้อนุมูลคลอไรด์เท่ากับร้อยละ 0.99 และ 0.06 ตามลำดับ (Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1975)

4.2 น้ำหนักหัวมันสด

กรมวิชาการเกษตร (2519) ได้ทำการทดลองปลูกมันสำปะหลังในดินยโสธรที่มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่า การใส่ปุ๋ย 20-20-20 จะทำให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย 20-20-0 เช่นเดียวกับการศึกษาของ Pinho *et al.* (1978) ที่ทำการทดลองปลูกมันสำปะหลังในสภาพไร่นา โดยทำการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 100 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 80 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อเฮกตาร์ และ 300 กิโลกรัม CaO ต่อเฮกตาร์ ทำการเก็บเกี่ยวที่อายุ 14 และ 18 เดือน ได้ผลผลิตของหัวมันสำปะหลังสดเท่ากับ 9.3 และ 8.0 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ แต่เมื่อมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 60 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์ร่วมด้วย ผลผลิตที่ได้จะเพิ่มเป็น 16.3 และ 18.4 ตันต่อเฮกตาร์ที่อายุ 14 และ 18 เดือนหลังปลูกตามลำดับ Ngongi (1976) ได้ทำการทดลองที่ประเทศโคลัมเบีย พบว่า ผลผลิตของหัวมันสำปะหลังจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม โดยที่อัตรา 120 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์เป็นอัตราที่เหมาะสมที่สุด นอกจากนั้นยังพบความสัมพันธ์ในทางบวกระหว่างผลผลิตของหัวมันสำปะหลังกับน้ำหนักสดของส่วนต้นและใบอย่างชัดเจน

สำหรับการศึกษาเรื่องอิทธิพลของวิธีและระยะเวลาในการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมต่อน้ำหนักหัวมันสำปะหลังนั้น Kumar *et al.* (1971) รายงานผลการทดลองว่า เวลาที่เหมาะสมในการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเพื่อให้ได้ผลผลิตของหัวมันสำปะหลังและปริมาณแป้งสูงสุดคือ การใส่ครั้งเดียวตอนปลูกและอีกครั้งหนึ่งที่อายุ 1 เดือนหลังปลูก แต่ Centro Internacional de Agricultura Tropical (1977) พบว่า การใส่ครั้งเดียวตอนปลูกจะทำให้ผลผลิตของหัวมันสำปะหลังดีกว่าการใส่ครั้งเดียวที่อายุ 1 เดือนหลังปลูกอย่างมีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.3 คุณภาพของหัวมันสด

Agboola and Obigbesan (1976) ได้รายงานว่าการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมมีผลช่วยเพิ่มปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังสดและมีผลทำให้คุณภาพของหัวมันสำปะหลังดีขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Centro Internacional de Agricultura Tropical (1980) ที่พบว่าปริมาณแป้งของหัวมันสำปะหลังสดของแปลงที่ไม่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมจะเพิ่มจากร้อยละ 26.7 เป็นร้อยละ 34.2 เมื่อมีการใส่ปุ๋ยในอัตรา 50 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์ และจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในเชิงเส้นตรงจนถึงระดับปุ๋ยที่ 200 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์ Obigbesan (1973) ได้รายงานว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมทำให้ผลผลิตของแป้งเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อความเข้มข้นของแป้งในหัวมันสำปะหลัง โดยที่อัตรา 60 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์ เป็นอัตราที่เหมาะสมที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณแป้งในหัวมันสดที่ได้จากแปลงที่ได้นั้นไม่แตกต่างจากแปลงที่ได้รับปุ๋ยในอัตรา 120 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์

5. แบบจำลองทางการเกษตร (Crop Modeling)

การใช้คำแนะนำการจัดการดินและปุ๋ยกับมันสำปะหลังอย่างมีประสิทธิภาพจะช่วยลดต้นทุนการผลิตมันสำปะหลังลงได้เมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยโดยทั่ว ๆไปของเกษตรกรที่ใส่ตามความรู้สึกของตัวเองเป็นหลัก คำแนะนำปุ๋ยสำหรับมันสำปะหลังในปัจจุบันจะแนะนำแบบกว้างๆ ไม่ได้คำนึงถึงปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ดั้งเดิมในดิน ไม่ได้นำปัจจัยสภาพแวดล้อมและการจัดการมาร่วมพิจารณาการใส่ปุ๋ย ทำให้การใช้ปุ๋ยไม่ตรงตามความต้องการของพืชและมีประสิทธิภาพต่ำ เพิ่มต้นทุนในการผลิตโดยไม่จำเป็น (ทัศนีย์ และ ประทีป, 2551) แบบจำลองทางการเกษตรเป็นแบบจำลองสถานการณ์ทางเกษตร เป็นส่วนหนึ่งของระบบสนับสนุนการตัดสินใจทางเกษตร โปรแกรมแบบจำลองสถานการณ์นี้สามารถจำลองกระบวนการทั้งทางกายภาพและเศรษฐศาสตร์สังคม ที่เป็นความต้องการพื้นฐานได้อย่างชัดเจน เพื่อความเข้าใจที่มากขึ้นทั้งทำนายและสร้างผลลัพท์ที่น่าเชื่อถือ แบบจำลองที่นิยมใช้ ได้แก่

5.1 Phosphorus Decision Support System: PDSS

PDSS เป็นโปรแกรมที่ถูกคิดค้นโดย Yost *et al.* (1992) และพัฒนาขึ้นโดยกลุ่มงานฟอสฟอรัสของหน่วยงาน Soil Management CRSP ร่วมกับมหาวิทยาลัย Cornell มหาวิทยาลัย North Carolina มหาวิทยาลัย Texas A&M และมหาวิทยาลัย Hawaii ซึ่ง PDSS เป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่สร้างขึ้นโดยคำนึงถึงสภาพแวดล้อมในเขตร้อนเพื่อช่วยในการวินิจฉัยและแก้ไข

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปัญหาการขาดฟอสฟอรัสในดินและในพืช สำหรับ PDSS version 3.0 เป็นการพัฒนาเพื่อให้สามารถใช้ในการคาดคะเนได้ทั้งความต้องการธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม

การทำงานของ PDSS สำหรับโพแทสเซียม ประกอบด้วย

1) การวินิจฉัย (Diagnosis)

เป็นการนำเข้าข้อมูลต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานของการใช้งานโปรแกรม ประกอบด้วย ข้อมูลพื้นที่ที่ใช้ทำการเกษตร ประวัติการปลูกพืช ประวัติการขาดธาตุอาหารของพืช ลักษณะอาการบางอย่างพืชที่พืชแสดงออก ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถบ่งชี้ถึงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน

2) การคาดคะเนปริมาณโพแทสเซียม (K prediction)

เป็นการนำเข้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสมบัติดินรวมทั้งประวัติการจัดการดินในพื้นที่ เช่น ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน สูตรปุ๋ย วิธีการใส่ปุ๋ย ความลึกของการใส่ปุ๋ย รวมทั้งผลผลิตที่ตั้งเป้าหมายไว้

3) คำแนะสำหรับอัตราโพแทสเซียมที่เหมาะสม (Recommendation)

เป็นการแปลผลที่ได้จากขั้นตอนการวินิจฉัย และการคาดคะเนปริมาณโพแทสเซียม ซึ่งผลคำแนะนำที่ได้จะบอกถึง อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมที่จะต้องใส่เพื่อให้ได้ผลผลิตตามที่ตั้งเป้าหมายไว้

Yost and Attanandana (2006) ศึกษาการคาดคะเนและทดสอบการจัดการธาตุอาหารโพแทสเซียมเฉพาะพื้นที่เพื่อการผลิตข้าวโพด ผลการทดลองพบว่าค่าประมาณเบื้องต้นของระดับวิกฤติของโพแทสเซียมในดินที่ใช้ในจังหวัดนครราชสีมาสูงมาก ข้าวโพดจึงไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียม ต่อมาในปี 2004 ได้ทำการทดลองเพิ่มเติมในจังหวัดน่านและจังหวัดลพบุรีโดยดำเนินการในดินที่มีโพแทสเซียมที่สกัดได้ต่ำ ข้าวโพดจึงแสดงการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใส่อย่างชัดเจน และจากอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใช้ในทดลองดังกล่าวถูกนำมาเปรียบเทียบกับการศึกษาในแปลงทดลอง ทำให้ได้ K response curve ซึ่งสามารถใช้คาดคะเนความต้องการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โพแทสเซียมได้ถูกต้องแม่นยำมากกว่าการใช้สมการ Mitscherlich-Bray แบบจำลองโพแทสเซียมนี้จึงถูกใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อเป็นเกณฑ์ในการวัดโพแทสเซียมในโปรแกรม PDSS

5.2 Linear Response Plateau Model

Linear Response Plateau Model หรือ LRP model เป็นแบบจำลองการตอบสนองเชิงเส้น โดยการใช้กราฟเส้นตรงสองเส้นเชื่อมต่อกันแทนเส้นโค้ง และให้เส้นตรงเส้นที่สองอยู่ในแนวราบ ทำให้สามารถกำหนดอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมได้ที่จุดที่เส้นตรงทั้งสองเส้นบรรจบกัน โดยสมการดังกล่าวพัฒนาขึ้นตามทฤษฎี Low of the Minimum โดย Liebig Waugh *et al.* (1973) จากนั้นในปี 1975 Anderson และ Nelson ได้พัฒนา LRP model โดยทำให้ LRP model เป็นรูปสมการแบบง่ายของกราฟเส้นตรง 2 เส้นตัดกันในโครงสร้างของสมการ Xiufu's LRP2 ซึ่งเป็นสมการแบบง่าย จึงสะดวกต่อการใช้งานเพิ่มมากขึ้น (สุทิน และ สัมฤทธิ์, 2531)

Waugh *et al.* (1973) ศึกษาการใช้ LRP model สำหรับการให้คำแนะนำอัตราปุ๋ย NPK กับมันฝรั่งได้คำแนะนำปุ๋ยดังนี้ (1) เมื่อต้องการให้ได้ผลผลิตสูงสุด (100% Relative yield) จะต้องใส่ปุ๋ย$N-P_2O_5-K_2O$ อัตรา 75-70-20 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (2) ถ้าต้องการผลผลิตในระดับที่ K เป็นตัวจำกัด (93% relative yield) จะต้องใส่ปุ๋ย $N-P_2O_5-K_2O$ อัตรา 65-60-0 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ หรือ (3) ถ้าต้องการผลผลิตในระดับที่ P เป็นตัวจำกัด (58% Relative yield) ใส่เพียงปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 25 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ N และ (4) ในกรณีที่ไม่ใส่ปุ๋ยใดจะได้ผลผลิตเพียงร้อยละ 45 จากคำแนะนำดังกล่าวเกษตรกรสามารถเลือกใช้อัตราปุ๋ยที่ตนพอใจและเหมาะสมกับสภาพเศรษฐกิจและปัจจัยการผลิตที่มีอยู่ได้ โดยวิธีการนี้ทำให้ทราบว่าไนโตรเจนเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเพิ่มผลผลิตมากที่สุด รองลงมาได้แก่ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ตามลำดับ

5.3 สมการ Mitscherlich-Bray Equation

สมการ Mitscherlich-Bray เป็นสมการที่ดัดแปลงมาจากสมการของ Mitscherlich (Mitscherlich, 1909) ที่กล่าวว่าอัตราการเพิ่มของผลผลิตพืชอันเนื่องมาจากการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารเป็นสัดส่วนกับอัตราการลดลงไปจากผลผลิตสูงสุด เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$\log[A - y] = \log A - CX$$

เมื่อ C = ปัจจัยเรื่องธาตุอาหาร (ธาตุอาหารในดิน)

X = อัตราธาตุอาหาร (ปุ๋ยที่ใส่)

Y = ผลผลิตเมื่อใส่ธาตุอาหาร (ปุ๋ย) อัตรา X

A = ผลผลิตสูงสุด

จากความสัมพันธ์ระหว่างการตอบสนองของพืชต่อปัจจัยการเจริญเติบโตของพืชจะมีลักษณะเป็นกราฟเส้นโค้ง (ภาพที่ 1) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า อัตราส่วนการเพิ่มขึ้นของพืชจะค่อยๆ ลดลงเมื่อพืชได้รับปัจจัยที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตเพิ่มเติม และพืชจะไม่มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเมื่อถึงจุดที่พืชให้ผลผลิตสูงสุด

จากนั้น Bray (1954) ได้ดัดแปลงสมการของ Mitscherlich โดยเพิ่มปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการวิเคราะห์ดินร่วมในสมการด้วย และเรียกชื่อใหม่ว่า Mitscherlich-Bray โดยแสดงในรูปสมการดังนี้

$$\log[A-y] = \log A - C_1 b - C_2 X$$

เมื่อ C_1 = ค่าคงที่ของปัจจัยจากดิน

b = ปริมาณธาตุอาหารในดินเริ่มต้น

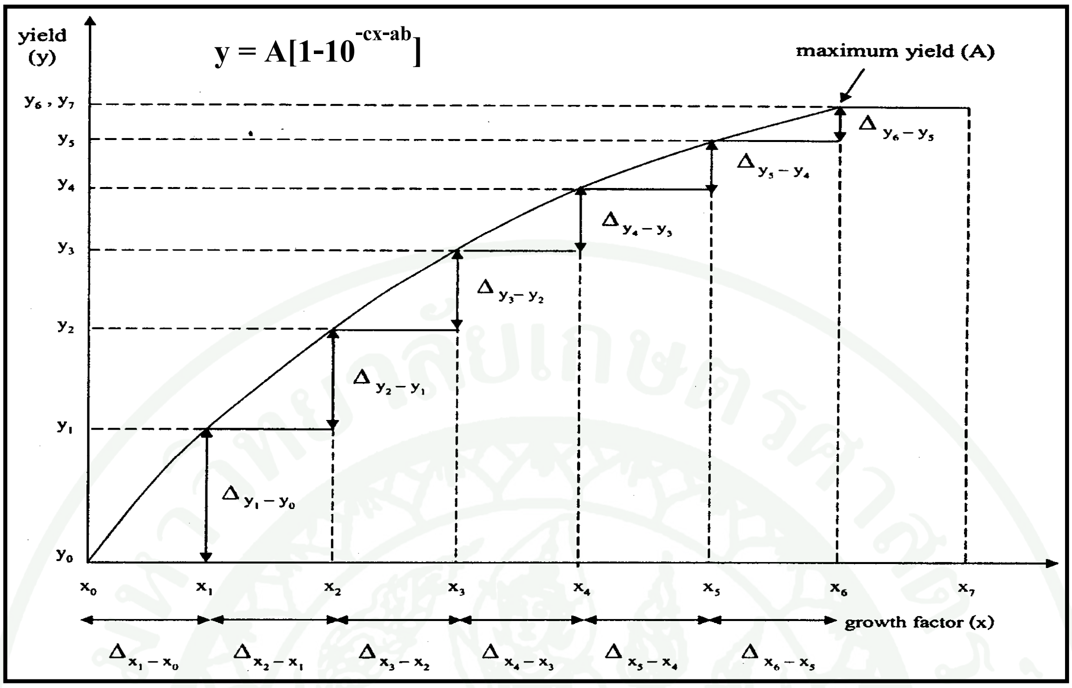
C_2 = ค่าคงที่ของปัจจัยจากธาตุอาหาร

X = อัตราธาตุอาหารที่ใส่

Y = ผลผลิตเมื่อใส่ธาตุอาหารอัตรา X หรือ X+b

A = ผลผลิตสูงสุดเมื่อ X เพิ่มไปแบบไม่มีที่สิ้นสุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการเจริญเติบโตกับผลผลิต

การศึกษาของ สุทิน (2542) ได้รายงานว่าการใช้ Mitscherlich-Bray ที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตพืชกับระดับความพอเพียงของปริมาณธาตุอาหารในดิน พบว่าผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินจะมีสัดส่วนผกผันกับผลผลิตพืชที่เพิ่มขึ้นเมื่อได้รับการใส่ปุ๋ย ประดิษฐ์ และคณะ (2543) พบว่าการใช้แบบจำลอง Mitscherlich-Bray ประเมินอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสให้กับข้าวโพดที่ปลูกในดินปากช่อง จังหวัดลพบุรี สามารถให้ผลใกล้เคียงกับอัตราการแนะนำโดยทั่ว ๆ ไปได้ดี แต่อาจต้องลดอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสลงร้อยละ 20-30 จากอัตราแนะนำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรม ได้แก่ โปรแกรม PDSS (Yost *et al*., 1992) และ LRP model (Waugh *et al*., 1973)

2. พืชทดสอบ: มันสำปะหลัง พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

3. ปุ๋ยเคมี ประกอบด้วย ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ปุ๋ยทริปเปิ้ลซุปเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60)

4. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างดินและพืช

5. ไม้วัดความสูงต้นพืช

6. สารเคมีป้องกันกำจัดโรคและศัตรูพืช ได้แก่ แอคคาร่า และกรัมม็อกโซน

7. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืช

8. สารเคมี และเครื่องแก้วที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืชในห้องปฏิบัติการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

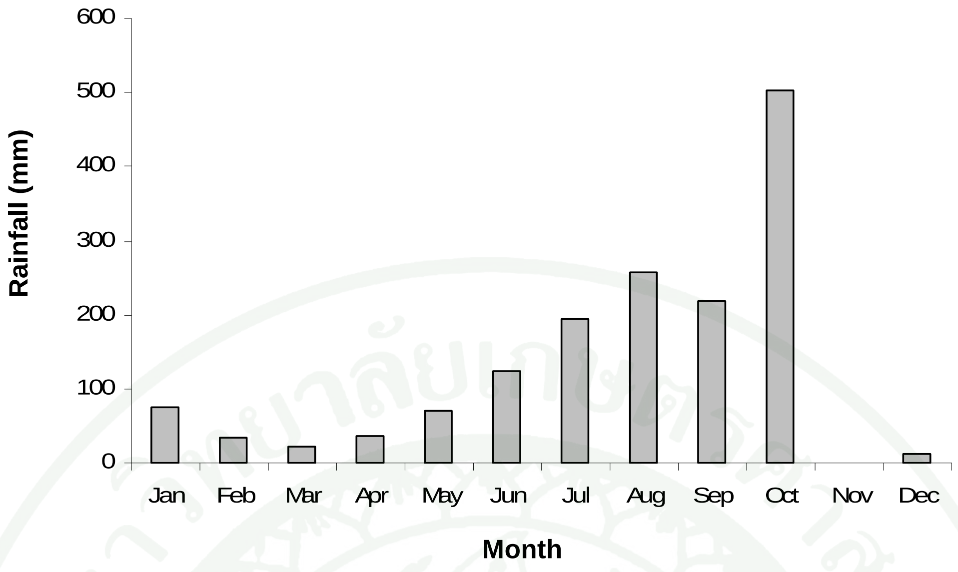
วิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

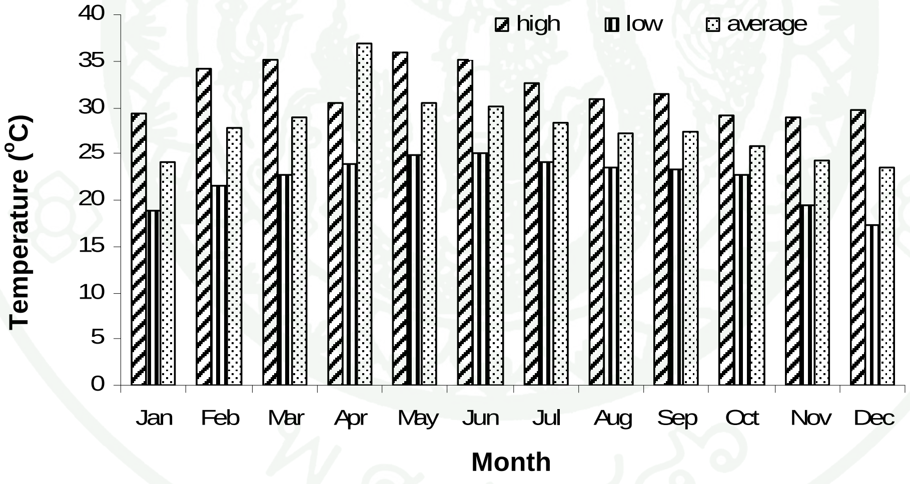
ศึกษาบริเวณของดินจตุรัส (Fine, mixed, active isohyperthermic Typic Haplustalf) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) ซึ่งเป็นแปลงเกษตรกร ในตำบลลาดบัวขาว อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่บันทึกตั้งแต่เดือนมกราคม 2553 ถึงเดือนมกราคม 2554 พบว่าในพื้นที่ทดลองมีปริมาณน้ำฝนรวม 1,557 มิลลิเมตรต่อปี โดยในเดือนตุลาคมมีปริมาณน้ำฝนรวมตลอดทั้งเดือนสูงที่สุด คือ 504.9 มิลลิเมตร และเดือนพฤศจิกายนมีปริมาณน้ำฝนรวมตลอดทั้งเดือนต่ำที่สุด (ภาพที่ 2) แสดงให้เห็นว่าบริเวณพื้นที่ทดลองมีปริมาณน้ำฝนเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง โดยทั่วไปมันสำปะหลังเป็นพืชที่ทนแล้งต้องการน้ำฝนเฉลี่ย 1,000-3,000 มิลลิเมตรต่อปี (อัจฉรา และ จรุงสิทธิ์, 2537) และยังสอดคล้องกับรายงานของ Indira *et al.* (1998) รายงานว่าสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับมันสำปะหลังมากที่สุดต้องมีปริมาณน้ำฝนรายปีมากกว่า 1,000 มิลลิเมตร

สำหรับข้อมูลอุณหภูมิพื้นที่ทดลองมีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีเท่ากับ 27.91 องศาเซลเซียส โดยในเดือนเมษายนจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 36.8 องศาเซลเซียส ขณะที่ในเดือนธันวาคมมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 17.3 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 3) ซึ่งมันสำปะหลังสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงอุณหภูมิ 16-38 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการงอก, ขนาดใบ, กระบวนการสร้างใบ, การสร้างรากสะสมอาหาร และการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง (Concaiceo, 1979) แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมในการปลูกมันสำปะหลังควรมีช่วงอุณหภูมิเฉลี่ย 25-29 องศาเซลเซียส (Hillocks Thresh and Bellotti, 2002) แสดงให้เห็นว่าบริเวณพื้นที่ทดลองมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง จึงไม่เป็นอุปสรรคต่อการศึกษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ตั้งแต่เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2553 ของบริเวณที่ทำการศึกษา



ภาพที่ 3 อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด - ต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยตั้งแต่เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2553 ของบริเวณที่ทำการศึกษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การเก็บตัวอย่างดินและวิเคราะห์ดิน

2.1 การเก็บตัวอย่างดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกแบบ composite sample ที่ 2 ระดับความลึก ได้แก่ 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร

2.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

นำตัวอย่างดินที่ได้มาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม เก็บเศษซากพืชออก ผสมคลุกเคล้าเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วร่อนดินผ่านตะแกรงร่อนขนาด 0.5 และ 2.0 มิลลิเมตร เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วย

(1) พีเอชดิน (pH) วัดโดยใช้เครื่อง pH meter ใช้อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำเท่ากับ 1:1 (Nation Soil Survay Center, 1996)

(2) ปริมาณไนโตรเจนรวม (Total N) โดยวิธี Kjeldhal method (Jackson, 1965)

(3) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorus) สกัดโดยวิธี Bray II (Bray and Kurzt, 1945) แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง spectrophotometer

(4) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available potassium) สกัดโดยวิธี NH_4OAc pH 7.0 วิเคราะห์ปริมาณโดย atomic absorption spectrophotometer (Pratt, 1965)

(5) ปริมาณอินทรียวัตถุ โดยวิธี Walkley and Black Titration (Walkey and Black, 1934)

(6) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation exchange capacity: CEC) โดยวิธี 1 M NH_4OAc pH 7 replacement method (Chapman, 1965)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(7) การกระจายขนาดของอนุภาคดิน (Soil particle size distribution) โดยวิธีแยกด้วยตะแกรง (sieving method) ในขนาดอนุภาคทรายและโดยวิธีปิเปตต์ (pipette method) (Kilmer and Alexander, 1949; Day, 1965) ในขนาดอนุภาคทรายแป้งและอนุภาคดินเหนียว ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นำมาแจกแจงประเภทของเนื้อดิน (soil textural class) โดยการเปรียบเทียบกับชั้นเนื้อดินตามเกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA textural class) (Soil Survey Division Staff, 1999)

3. การศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังต่อปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราต่าง ๆ

3.1 การวางแผนการทดลอง

การวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block : RCB) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 6 ตำรับการทดลอง ดังนี้ (ตารางที่ 1)

ตำรับที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม

ตำรับที่ 2 ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม อัตรา 4 กิโลกรัม K_2O ต่อ ไร่

ตำรับที่ 3 ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม อัตรา 8 กิโลกรัม K_2O ต่อ ไร่

ตำรับที่ 4 ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม อัตรา 16 กิโลกรัม K_2O ต่อ ไร่

ตำรับที่ 5 ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม อัตรา 24 กิโลกรัม K_2O ต่อ ไร่

ตำรับที่ 6 ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม อัตรา 32 กิโลกรัม K_2O ต่อ ไร่

ปุ๋ยโพแทสเซียมให้ในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์ และในทุกตำรับการทดลองใส่ยูเรียเท่ากับ 43.47 กิโลกรัมต่อไร่ เทียบเท่ากับ 20 กิโลกรัม N ต่อไร่ และใส่ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตเท่ากับ 21.73 กิโลกรัมต่อไร่ เทียบเท่ากับ 10 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 รายละเอียดการใช้ปุ๋ยเคมีในแต่ละตำรับทดลอง

Treatment	Application rate (kg rai^{-1})		
	N	P_2O_5	K_2O
1	20	10	0
2	20	10	4
3	20	10	8
4	20	10	16
5	20	10	24
6	20	10	32

3.2 การเตรียมแปลงทดลองสำหรับการปลูกมันสำปะหลัง

เตรียมแปลงทดลองย่อยขนาด 5.0 x 6.0 ตารางเมตร เริ่มต้นไถครั้งแรกด้วยรถแทรกเตอร์ติดตั้งไถจานผาล 3 ตากดินทิ้งไว้ประมาณ 7 วัน แล้วไถแปรด้วยไถจานผาล 7 ทำการยกร่องปลูกที่มีระยะห่างระหว่างร่องเท่ากับ 1.0 เมตร ปักท่อนพันธุ์มันสำปะหลังพันธ์เกษตรศาสตร์ 50 บนสันร่อง ที่มีระยะห่างระหว่างต้นเท่ากับ 1.0 x 1.0 เมตร

ดำเนินการใส่ปุ๋ยตามตำรับทดลองโดยในทุกตำรับทำการแบ่งใส่ปุ๋ยจำนวน 2 ครั้ง ๆละเท่ากันเมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 1 และ 3 เดือน โดยโรยปุ๋ยรอบโคนต้นห่างประมาณ 10 เซนติเมตร แล้วกลบลงดินลึกประมาณ 15 เซนติเมตร

การกำจัดวัชพืช ทำการฉีดยาคุมกำจัดวัชพืชหลักจากปักท่อนพันธุ์ ดำเนินการกำจัดวัชพืชก่อนการใส่ปุ๋ย ทำการพ่นยาป้องกันโรคและแมลงเมื่อจำเป็น

3.3 การเก็บข้อมูล

ทำการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเมื่ออายุ 9 เดือน โดยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวเท่ากับ 5 ตารางเมตร โดยข้อมูลที่ทำการเก็บประกอบด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(1) ความสูงของต้นมันสำปะหลัง โดยเริ่มบันทึกตั้งแต่มันสำปะหลังมีอายุครบเดือนที่ 2 ถึงกระทั่งเดือนที่ 7

(2) น้ำหนักสดของหัวมันสำปะหลังและต้น-ใบมันสำปะหลัง

(3) น้ำหนักแห้งของหัวมันสำปะหลังและต้น-ใบมันสำปะหลัง

(4) ร้อยละการสะสมแป้งของหัวมันสำปะหลังสด

(5) ผลผลิตแป้ง โดยคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ผลผลิตแป้ง (กิโลกรัมต่อไร่)} = \frac{\text{ร้อยละการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังสด x น้ำหนักของหัวสด}}{100}$$

(6) ค่าดัชนีเก็บเกี่ยว (harvest index) โดยคำนวณได้จากสูตร (Lenis *et al.,* 2006)

$$\text{Harvest index} = \frac{\text{น้ำหนักผลผลิตหัวสด}}{\text{น้ำหนักผลผลิตหัวสด+น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน (น้ำหนักใบ ลำต้น และเหง้า)}}$$

3.4 การวิเคราะห์พืช

นำตัวอย่างหัว ลำต้นและใบ ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จากนั้น แล้วบดให้ละเอียด เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารประกอบด้วย

(1) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยการย่อยตัวอย่างพืชด้วย Digestion mixture (H_2SO_4-Na_2SO_4-Se mixture) แล้ววัดปริมาณของไนโตรเจนด้วยเครื่อง Nitrogen distillate (Mill and Jones, 1996)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(2) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด โดยการย่อยตัวอย่างพืชด้วย Digestion mixture (H_2SO_4-Na_2SO_4-Se mixture) แล้ววัดปริมาณของฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง Spectrophotometer (Jaskson, 1958)

(3) ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด โดยการย่อยตัวอย่างพืชด้วย Digestion mixture (H_2SO_4-Na_2SO_4-Se mixture) แล้ววัดปริมาณของธาตุโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (Mill and Jones, 1996)

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลองค์ประกอบด้านการเจริญเติบโต ผลผลิต นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-test โดยโปรแกรม SPSS version 17.0 พร้อมทั้งเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี DMRT (Duncan multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4. เปรียบเทียบปริมาณผลผลิตที่ได้จริงจากแปลงทดลองกับปริมาณผลผลิตที่คาดคะเนจากแบบจำลองทางการเกษตร

4.1 การตอบสนองของมันสำปะหลังต่ออัตราปุ๋ยโพแทสเซียม

วิเคราะห์หาความสหสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมกับความเข้มข้นของโพแทสเซียมรวมทั้งการดูดใช้โพแทสเซียมในส่วนเหนือดินและหัวมันสำปะหลังสด และผลผลิต โดยใช้โปรแกรม SPSS version 17.0

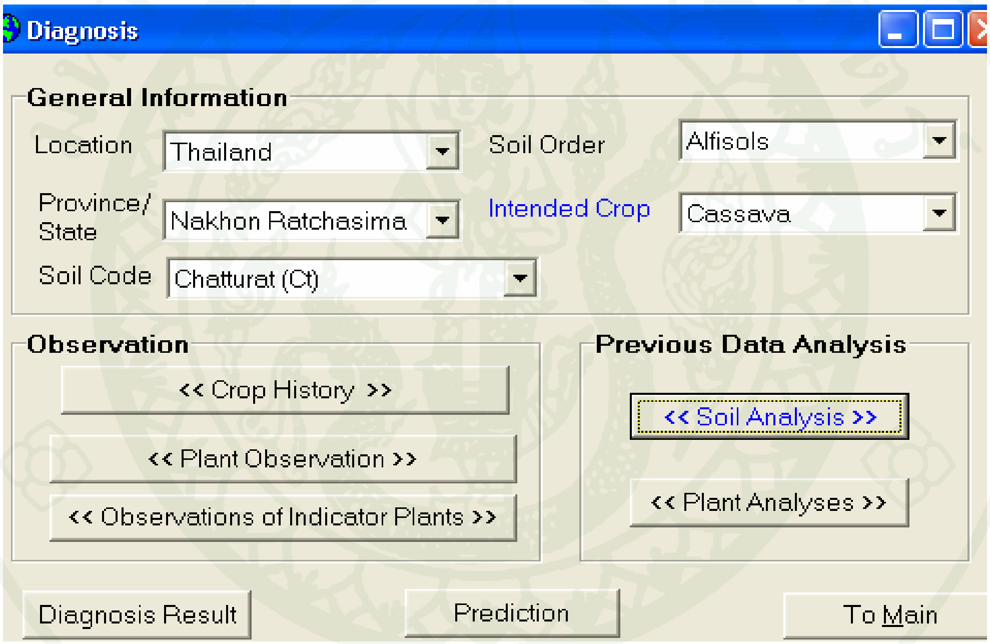
4.2 การคาดคะเนปริมาณผลผลิต

เปรียบเทียบปริมาณผลผลิตที่ได้จริงจากแปลงทดลองกับปริมาณผลผลิตที่คาดคะเนจากโปรแกรม Phosphorus Decision Support System (PDSS) สมการ Mitscherlich-Bray (Mit.-Bray equation) และ Linear Response Plateau Model (LRP Model)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

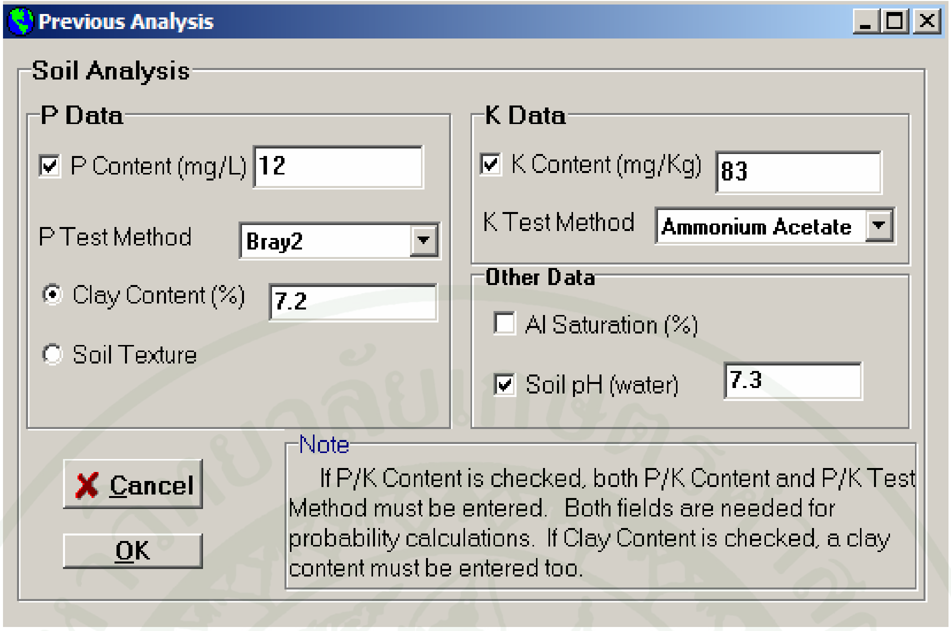
4.2.1 โปรแกรม Phosphorus Decision Support System (version 3.0) (PDSS)

ข้อมูลของพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกพืช ได้แก่ จังหวัด ดิน อันดับดิน (soil order) ประวัติการปลูกพืช ชนิดพืช ลักษณะอาการต่าง ๆ ที่แสดงบนพืชที่สังเกตเห็น สมบัติดินที่เกี่ยวข้องกับการปลูกพืช เช่น ปริมาณฟอสฟอรัสดั้งเดิมในดินก่อนปลูกพืช รวมทั้งระบุวิธีที่ใช้ในวิเคราะห์ (ในการทดลองนี้ใช้วิธี Bray 2) ปริมาณโพแทสเซียม (ในการทดลองนี้ใช้ NH_4OAc) ปริมาณดินเหนียวหรือเนื้อดิน พีเอชดิน ระบุผลผลิตที่(โดยในการทดลองนี้ระบุ ผลผลิตที่ได้จริงจากแปลงทดลอง) จากนั้นนำข้อมูลข้างต้นใส่ในโปรแกรม เพื่อให้โปรแกรมทำนายอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ให้ผลผลิตเท่ากับที่ได้จริงจากแปลงทดลอง (ภาพที่ 4-6)

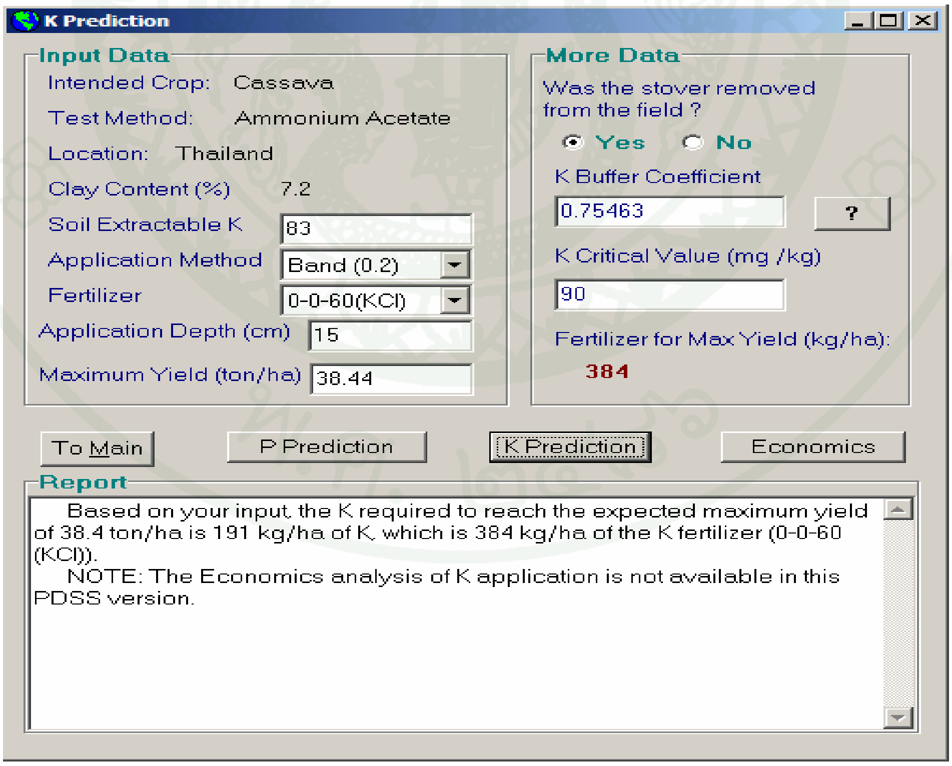


ภาพที่ 4 การนำเข้าข้อมูลทั่วไป ข้อมูลประวัติการใช้พื้นที่ และข้อมูลดิน เพื่อใช้ในการคาดคะเนค่าแนะนำปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับมันสำปะหลังโดยใช้โปรแกรม Phosphorus Decision Support System (PDSS)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 การนำเข้าข้อมูลดินเพื่อใช้ในการคาดคะเนค่าแนะนำปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับมันสำปะหลังโดยใช้โปรแกรม Phosphorus Decision Support System (PDSS)



ภาพที่ 6 คำแนะนำการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมเพื่อให้ได้ผลผลิตตามที่กำหนดด้วยโปรแกรม Phosphorus Decision Support System (PDSS)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2.2 สมการ Mitscherlich-Bray

นำผลผลิตมันสำปะหลังที่ได้ อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใช้ รวมทั้งปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน มาทำการประเมินผลผลิตมันสำปะหลังจากสมการ Mitscherlich-Bray ดังนี้

$$\log[A-y] = \log A - C_1 b - C_2 X$$

เมื่อ C_1 = ค่าคงที่ของปัจจัยจากดิน

C_2 = ค่าคงที่ของปัจจัยจากธาตุอาหาร

b = ปริมาณธาตุอาหารในดินเริ่มต้น

X = อัตราธาตุอาหารที่ใส่

Y = ผลผลิตเมื่อใส่ธาตุอาหารอัตรา X หรือ X+b

A = ผลผลิตสูงสุดเมื่อ X เพิ่มไปแบบไม่มีที่สิ้นสุด

4.2.3 LRP model

นำผลผลิตมันสำปะหลังที่ได้จากการทดลองในภาคสนามและอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใช้ มาทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SigmaPlot (LRP plateau curve) Version 10 เพื่อหาอัตราการตอบสนองของมันสำปะหลัง

สถานที่และระยะเวลาในการศึกษา

1. สถานที่ศึกษา

1) แปลงเกษตรกร ตำบลลาดบัวขาว อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา

2) ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร

2. ระยะเวลาในการศึกษา

เริ่มการทดลองเดือนมีนาคม พ.ศ. 2553 สิ้นสุดการทดลองในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. สมบัติของดินจตุรัส

ดินที่ใช้ทำการศึกษาเป็นชุดดินจัตุรัส ดินเป็นดินตื้น เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย พีเอชดินเป็นกลางเท่ากับ 7.3 มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำอยู่ในพิสัยเท่ากับ 10.9-12.0 กรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ในระดับปานกลางโดยมีค่าอยู่ในพิสัยเท่ากับ 0.6-0.9 กรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับปานกลางมีค่าอยู่ในพิสัยเท่ากับ 6.4-9.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลาง และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำโดยมีค่าอยู่ในพิสัยเท่ากับ 78-83, 975-1814 และ 50-71 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับปานกลางอยู่ในพิสัย 11-12 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 สมบัติของดินจตุรัสก่อนทำการทดลองที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร

Soil Property	Soil depth (cm)	
	0-15	15-30
Textural class	Sandy loam	nd
Sand (g kg^{-1})	670	nd
Silt (g kg^{-1})	258	nd
Clay (g kg^{-1})	72	nd
pH (1:1)	7.3	7.3
OM (g kg^{-1})	12.0	10.9
Total N (g kg^{-1})	0.9	0.6
Available P (mg kg^{-1})	9.0	6.4
Available K (mg kg^{-1})	83	78
Exchangeable Ca (mg kg^{-1})	1814	975
Exchangeable Mg (mg kg^{-1})	71	50
Cation exchange capacity (cmol kg^{-1})	11	12

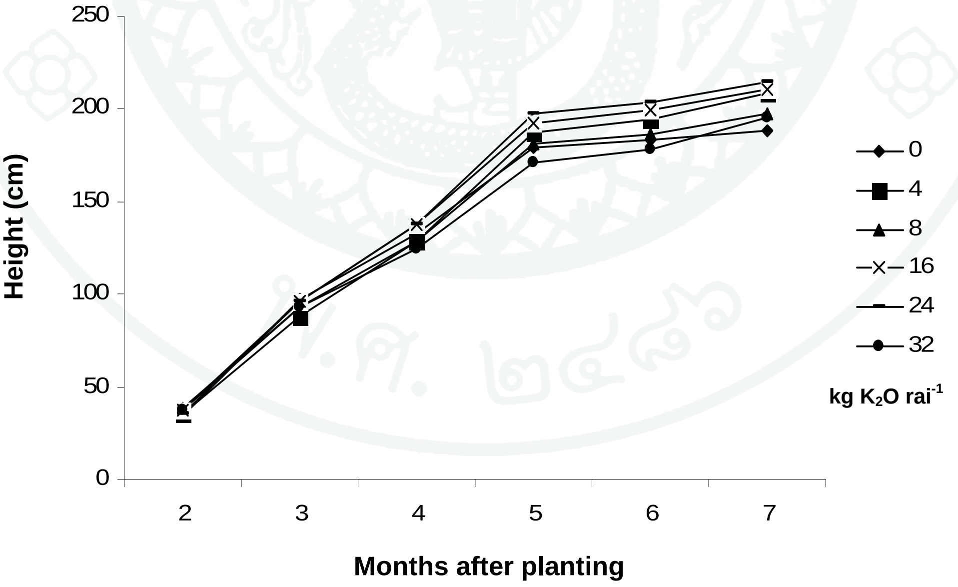
หมายเหตุ nd = not determine

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. อิทธิพลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อความสูง ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

2.1 ความสูงของมันสำปะหลัง

การใส่ K_2O ในอัตราที่เพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง 32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ไม่ทำให้มันสำปะหลังมีความสูงต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 7) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลตกค้างจากธาตุอาหารในดิน ซึ่งมันสำปะหลังอาจนำไปใช้ในการเจริญเติบโตจึงทำให้ความสูงของต้นมันสำปะหลังไม่แตกต่างกัน (ชุมพล และ วัลลีย์, 2549) อย่างไรก็ตามความสูงของมันสำปะหลังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยโพแทสเซียม โดยการใส่ปุ๋ยอัตรา 24 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ มีแนวโน้มให้มันสำปะหลังมีความสูงมากที่สุดโดยในเดือนที่ 7 มีความสูงถึง 215 เซนติเมตร ขณะที่การที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมจะให้มันสำปะหลังที่อายุ 7 เดือนมีความสูงเท่ากับ 188 เซนติเมตร อย่างไรก็ตามมันสำปะหลังทั้งที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมหรือไม่ได้ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมีความสูงอยู่ในระดับปกติของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ซึ่งมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน จะมีความสูงประมาณ 200-300 เซนติเมตร (อัจฉรา และ จรุงสิทธิ์, 2537)



ภาพที่ 7 ความสูงของต้นมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 2-7 เดือน ที่ปลูกในดินจัตุรัส เมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 0-32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่

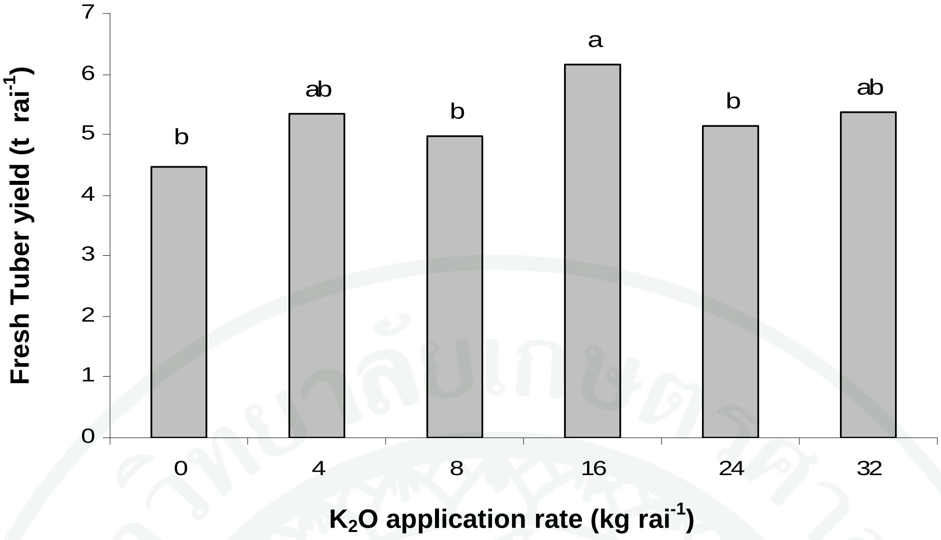
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อพิจารณาแต่ละช่วงอายุ พบว่า มันสำปะหลังจะมีความสูงเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในช่วงแรกของการเจริญเติบโตโดยเฉพาะในช่วง 5 เดือนแรก และเริ่มคงที่ (เดือนที่ 5-7) สอดคล้องกับ โอภาษ (2552) ที่รายงานว่าความสูงของมันสำปะหลังจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ และเริ่มคงที่ในช่วง 7-12 เดือน เพราะเป็นระยะการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตลงหัว (Carbohydrate translocation to root) ถึงระยะพักตัว (Dormancy) โดยระยะนี้การเจริญเติบโตของใบและต้นจะชะงักหรือหยุดลง ส่งผลให้ความสูงของต้นมันสำปะหลังคงที่

2.2 ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด

การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราต่าง ๆ ส่งผลให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 16 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ จะให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงสุดเท่ากับ 6.15 ตันต่อไร่ ซึ่งไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยในอัตรา 4 และ 32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ อย่างไรก็ตามการไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดต่ำที่สุดเท่ากับ 4.46 ตันต่อไร่ โดยเมื่อมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่เพิ่มขึ้น มีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวมันสดเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 8) ซึ่งผลการทดลองนี้ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Nguyen *et al*. (2002) และ Adekayode and Adeola (2009) ที่ได้รายงานว่าการเพิ่มอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมจะเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง แต่อย่างไรก็ตามผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจะไม่เป็นสัดส่วนกับปริมาณปุ๋ยที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากปริมาณโพแทสเซียมในดินเริ่มต้นมีปริมาณค่อนข้างสูง จึงทำให้มันสำปะหลังตอบสนองต่อโพแทสเซียมที่ใส่เพิ่มเติมไม่ชัดเจน นอกจากนี้ในพื้นที่แปลงทดลองก่อนทำการทดลองได้มีการปลูกข้าวโพด ซึ่งมีตอซังหลงเหลือในพื้นที่ในปริมาณมาก เมื่อเกิดการย่อยสลายของเศษซากพืชจะมีการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชในภายหลัง (Brady and Weil, 2008) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Howeler (1981) ที่พบว่าการหมุนเวียนของสารประกอบอินทรีย์ที่ได้จากการสลายตัวของเศษพืชจะตกค้างในดินจึงส่งผลต่อการตอบสนองของมันสำปะหลัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



หมายเหตุ The same letter in graph indicated no statistical difference at P< 0.05 propability by using DMRT.

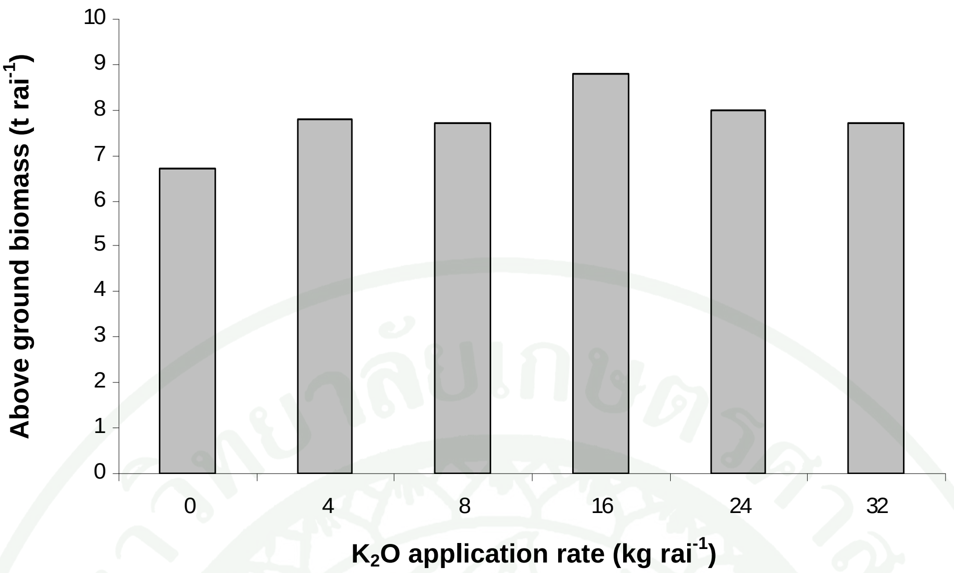
ภาพที่ 8 ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจัตุรัสเมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 0-32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่

2.3 องค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง

2.3.1 น้ำหนักสดชีวมวลส่วนเหนือดิน

การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราต่าง ๆ ไม่มีผลต่อน้ำหนักสดชีวมวลส่วนเหนือดินของมันสำปะหลัง (ภาพที่ 9) อย่างไรก็ตามน้ำหนักสดชีวมวลส่วนเหนือดินที่ได้ให้ผลไปทิศทางเดียวกันกับน้ำหนักหัวมันสำปะหลังสดที่ได้โดยการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 16 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ มีแนวโน้มให้น้ำหนักสดชีวมวลส่วนเหนือดินสูงที่สุดเท่ากับ คือ 8.80 ตันต่อไร่ รวมทั้งการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 4-32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ จะให้น้ำหนักสดชีวมวลส่วนเหนือดินใกล้เคียงกับการใส่ในอัตรา 16 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 7.68-8.20 ตันต่อไร่ และเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม มีแนวโน้มให้น้ำหนักสดชีวมวลส่วนเหนือดินต่ำที่สุดเท่ากับ 6.72 ตันต่อไร่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของประภาส (2544) ที่รายงานว่าการใส่ปุ๋ยมีผลให้น้ำหนักสดชีวมวลส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินมาบบอนและดินโคราชมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

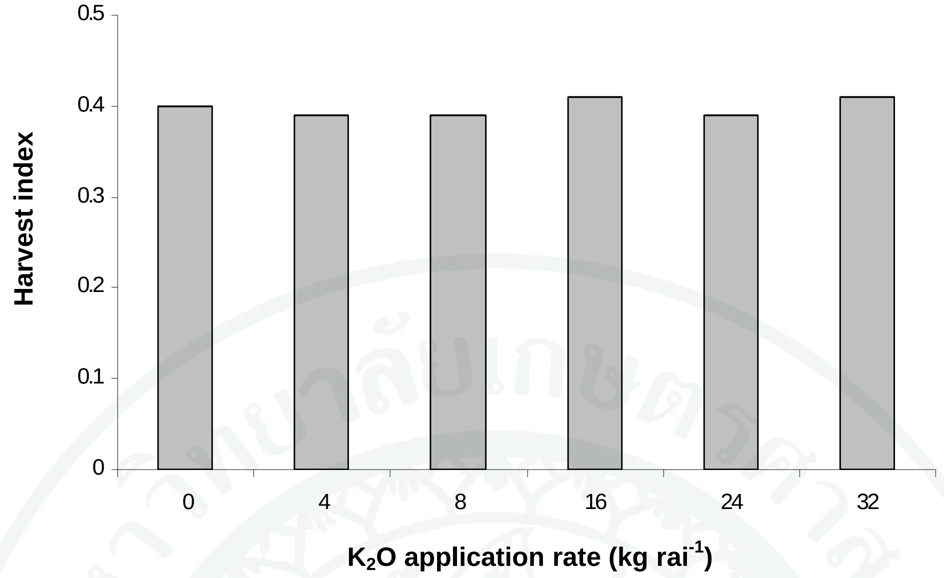


ภาพที่ 9 น้ำหนักชีวมวลส่วนเหนือดินสดของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจตุรัสเมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 0-32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่

2.3.2 ค่าดัชนีเก็บเกี่ยว

การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมไม่มีผลต่อค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวทางสถิติ (ภาพที่ 10) โดยให้ค่าใกล้เคียงกันทั้งในกรณีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม และการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราต่าง ๆ โดยค่าอยู่ในพิสัย 0.39-0.41 จึงให้ผลการทดลองใกล้เคียงกับการทดลองโดยเจริญศักดิ์ (2532) ที่รายงานว่าโดยทั่วไปมันสำปะหลังจะมีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวประมาณ 0.45-0.75 ขณะที่การศึกษาของอัจฉรา และ จรุงสิทธิ์ (2537) พบว่าค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และระยอง 5 จะมีค่าค่อนข้างสูง โดยจะมีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวสูงถึง 0.65 ซึ่งค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวจะแสดงถึงความสามารถในการสร้างต้นและใบซึ่งเป็นลักษณะประจำพันธุ์ของมันสำปะหลังมากกว่าที่จะเป็นผลมาจากการการจัดการ (ปิยะวุฒิ, 2535) ซึ่งมีรายงานว่า ดัชนีเก็บเกี่ยว มันสำปะหลังที่มีค่าระหว่าง0.5-0.6 เป็นค่าที่อยู่ในระดับสูง ซึ่งจะแสดงถึงความสามารถในการผลิตหัวของมันสำปะหลัง (Iglesias *et al*., 1994)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

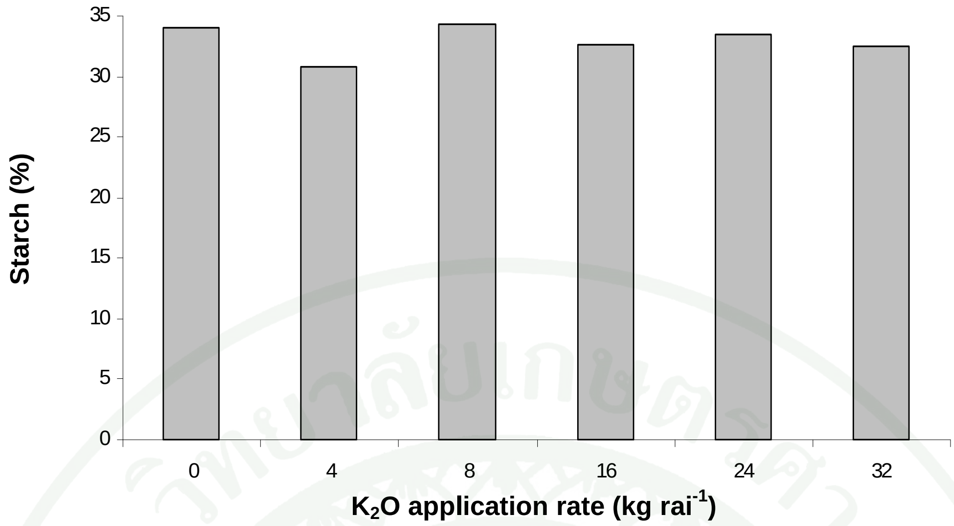


ภาพที่ 10 ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจัตุรัสเมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 0-32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่

2.3.3 ร้อยละการสะสมแป้ง

การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราต่าง ๆ ไม่มีผลต่อร้อยละการสะสมแป้งของหัวมันสำปะหลังสด (ภาพที่ 11) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในพิสัยร้อยละ 30.8-34.3 แม้ว่าโพแทสเซียมจะมีบทบาทสำคัญในเพิ่มปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังดังที่เคยมีรายงานมาก่อนหน้า (Obigbesan, 1973; Asher and Edwards, 1978; Mengel and Kirkby, 1987; Havlin *et al*., 2005; Lenis *et al*., 2006) อย่างไรก็ตามการสะสมปริมาณแป้งในหัวสดมันสำปะหลังยังมีความสัมพันธ์กับเจริญเติบโตโดยการสร้างใบ หรือการคงอยู่ของใบ ซึ่งเป็นแหล่งสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหารของพืช (นพศูล และคณะ, 2550) รวมทั้งขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม อายุของมันสำปะหลัง ฤดูกาล รวมทั้งพันธุ์มันสำปะหลัง (วัลลีย์ และคณะ, 2549)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

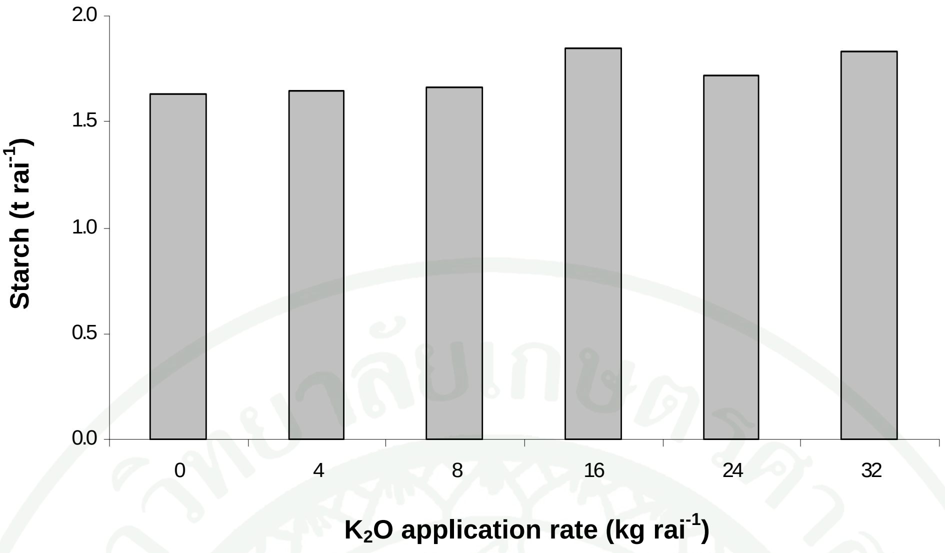


ภาพที่ 11 ร้อยละการสะสมแป้งของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจัตุรัสเมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 0-32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่

2.3.4 ผลผลิตแป้ง

การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราต่าง ๆ ไม่มีผลให้ผลผลิตแป้งแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 12) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในพิสัย 1.65-1.85 ตันต่อไร่ โดยในแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมจะมีแนวโน้มมีผลผลิตแป้งต่ำที่สุดเท่ากับ 1.63 ตันต่อไร่ ทั้งนี้อาจเป็นสาเหตุจากการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมีแนวโน้มเพิ่มขนาดของหัวมันสำปะหลังให้มีขนาดใหญ่ขึ้น อวบน้ำมากขึ้น ร้อยละการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังสดจึงลดลง ถึงแม้ว่าผลผลิตหัวมันที่ได้จะสูงขึ้น ดังแสดงในการศึกษาของอนุชิต และคณะ (2521) ที่พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์ จะทำให้ร้อยละการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังสดลดลงร้อยละ 1-2 เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ย แต่ผลผลิตแป้งทั้งหมดต่อไร่ หรือผลผลิตแป้งที่ได้ต่อพื้นที่จะเพิ่มขึ้น แม้ว่าโพแทสเซียมจะมีบทบาทสำคัญในเพิ่มปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลัง (Obigbesan, 1973; Asher and Edwards, 1978; Mengel and Kirkby, 1987; Havlin *et al*., 2005; Lenis *et al*., 2006)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



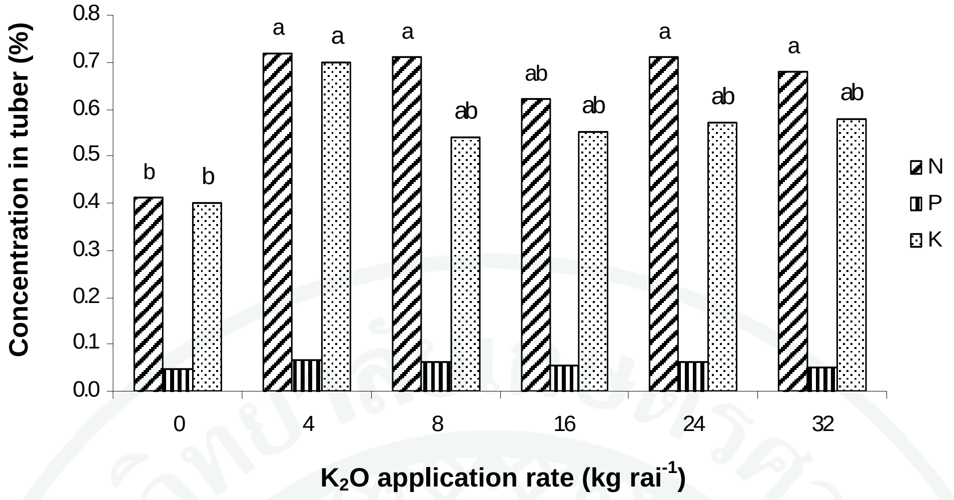
ภาพที่ 12 ผลผลิตแป้งของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจัตุรัสเมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 0-32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่

3. อิทธิพลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อความเข้มข้นและการดูดใช้โพแทสเซียม ของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

3.1 ความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในมันสำปะหลัง

การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราต่าง ๆ มีผลต่อความเข้มข้นของโพแทสเซียมในมันสำปะหลังสด โดยการใส่อัตรา 4 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ มีผลให้ค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมในหัวมันสำปะหลังสูงสุดเท่ากับร้อยละ 0.70 ขณะที่การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 8, 16, 24, และ 32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในหัวมันสำปะหลังสดไม่แตกต่างโดยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.54-0.58 และการไม่ใส่ปุ๋ยจะให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในหัวมันสำปะหลังสดต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 0.40 การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราต่างๆส่งผลให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในหัวมันสำปะหลังสดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยให้ผลคล้ายคลึงกับในกรณีของโพแทสเซียม ขณะที่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในหัวมันสำหลังสดไม่มีความแตกต่างกันถึงแม้จะได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมที่แตกต่างกัน (ภาพที่ 13)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

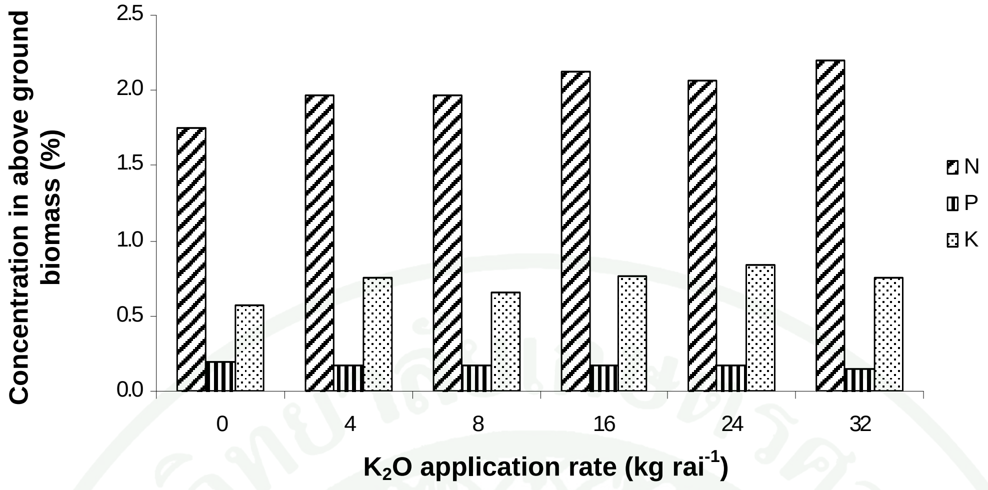


หมายเหตุ The same letter in graph indicated no statistical difference at P< 0.05 propability by using DMRT.

ภาพที่ 13 ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม ในหัวสดของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจัตุรัสเมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 0-32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่

ในกรณีความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในชีวมวลส่วนเหนือดินกลับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 24 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ จะมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในชีวมวลส่วนเหนือดินสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 0.84 การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 4, 8, 16 และ 32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ จะให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในชีวมวลส่วนเหนือดินอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.65-0.76 ขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยจะให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในชีวมวลส่วนเหนือดินต่ำที่สุด (ร้อยละ 0.57) (ภาพที่ 14)

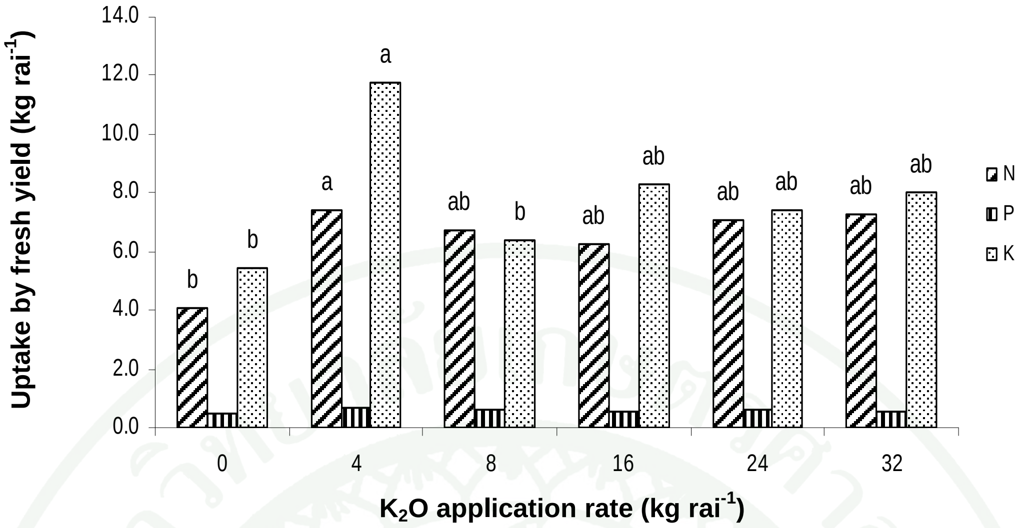
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 14 ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม ในชีวมวลส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจัตุรัสเมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมใน อัตรา 0-32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่

3.2 ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารหลักของมันสำปะหลัง

ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารหลักของหัวมันสำปะหลังให้ผลไปในทิศทางเดียวกับความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในหัวมันสำปะหลัง การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราต่าง ๆ มีผลให้การดูดใช้โพแทสเซียมในหัวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 4 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ จะมีผลให้มีการดูดใช้โพแทสเซียมในหัวมันสำปะหลังสูงที่สุดเท่ากับ 18.98 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดที่ได้ และการไม่ใส่ปุ๋ยจะมีแนวโน้มให้การดูดใช้โพแทสเซียมในหัวมันสำปะหลังสดต่ำที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 8.82 กิโลกรัมต่อไร่ (ภาพที่ 15)

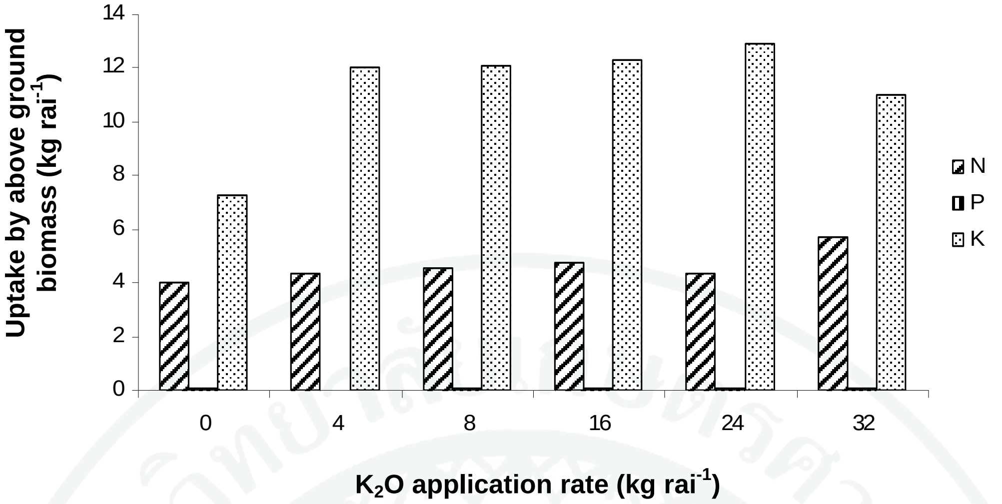


หมายเหตุ The same letter in graph indicated no statistical difference at P< 0.05 propability by using DMRT.

ภาพที่ 15 การดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมของหัวสดมันสำปะหลังพันธุ์เกษตร-ศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจตุรัสเมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 0-32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่

เมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราต่างๆปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในชีวมวลส่วนเหนือดินกลับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 24 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ จะมีแนวโน้มให้การดูดใช้โพแทสเซียมในชีวมวลส่วนเหนือดินสูงที่สุดเท่ากับ 12.94 กิโลกรัมต่อไร่ การไม่ใส่ปุ๋ยจะมีผลให้การดูดใช้โพแทสเซียมในชีวมวลส่วนเหนือดินต่ำที่สุด (ร้อยละ 7.29 กิโลกรัมต่อไร่) (ภาพที่ 16)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



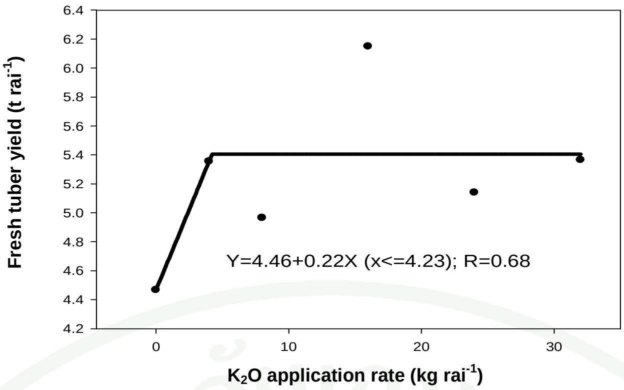
ภาพที่ 16 การดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม ของชีวมวลส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจัตุรัสเมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมใน อัตรา 0-32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่

4. การคำนวณผลผลิตโดยใช้สมการ Linear Response Plateau model, Mitscherlich-Bray และโปรแกรม PDSS

4.1 Linear Response Plateau model (LRP model)

จากการประเมินด้วย Linear Response Plateau Model (LRP model) โดยนำผลผลิตมันสำปะหลังที่ได้จากการทดลองในภาคสนามและอัตราโพแทสเซียมที่ใช้ในการทดลองได้แก่ 0 – 32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ พบว่า มันสำปะหลังตอบสนองปุ๋ยโพแทสเซียมต่ำคือ 4.23 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ โดยให้ผลผลิต 5.39 ตันต่อไร่ (ภาพที่ 17) และเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเลยจะทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเท่ากับ 4.46 ตันต่อไร่ และเมื่อมีการเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียม ผลผลิตจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากดินที่ใช้ทำการศึกษาครั้งนี้อาจมีปริมาณโพแทสเซียมใกล้กับความต้องการของมันสำปะหลัง เมื่อนำอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใช้ในการทดลองจริงในสนามไปแทนค่า X ในสมการ Y= 4.46 + 0.22X ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดที่ประเมินได้แสดงในตารางที่ 3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 17 การตอบสนองของมันสำปะหลังต่ออัตราปุ๋ยโพแทสเซียมโดยใช้ Linear Response Plateau Model (LRP model)

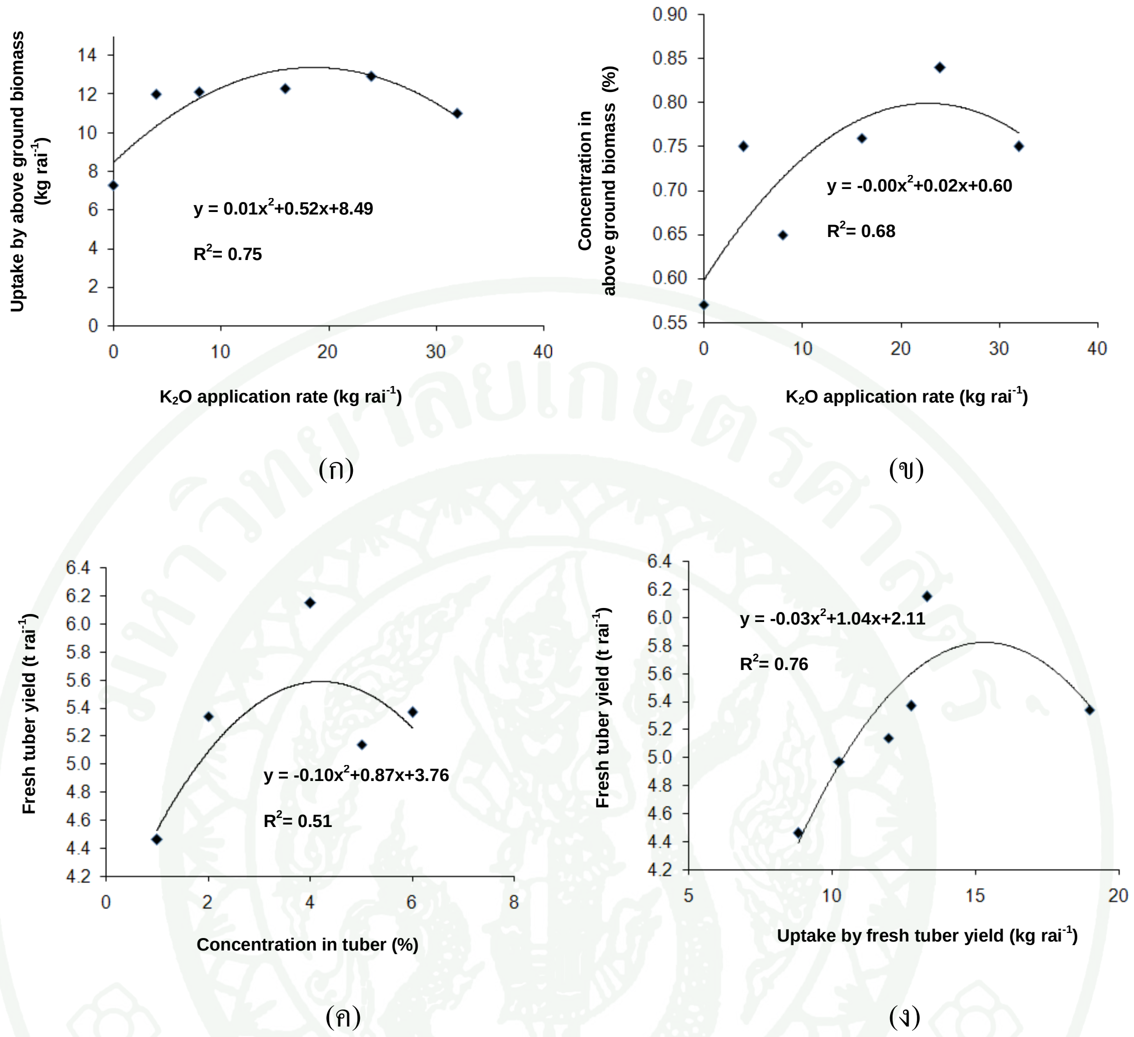
ตารางที่ 3 ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังจากแปลงทดลองและจากการคาดคะเนโดยสมการใช้ Linear Response Plateau Model (LRP model)

Rate of K_2O (kg rai^{-1})	Actual yield	LRP
	(---------------- t rai^{-1}	-----------------)
0	4.46	4.46
4	5.34	5.34
4.23[1]	-	5.39
8	4.97	6.22
16	6.15	7.98
24	5.14	9.74
32	5.37	11.5

หมายเหตุ [1] = critical point/response point predicted by LRP model

ที่จุด X≤4.23 เป็นจุดที่มันสำปะหลังตอบสนองต่อปุ๋ยมากที่สุดแต่ ณ จุดดังกล่าวยังคงไม่ใช่จุดที่ให้ผลผลิตสูงหัวมันสำปะหลังสดสูงที่สุด (ภาพที่ 17) นอกจากนี้การใส่ K_2O ในอัตราที่เพิ่มมากขึ้นมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นและการดูดใช้โพแทสเซียมของมวลชีวส่วนเหนือดินเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 18) และผลผลิตหัวมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นเมื่อมีการดูดใช้โพแทสเซียมเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 18) และยังพบว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมในมวลชีวส่วนเหนือดินที่เพิ่มขึ้นทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 18)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 18 สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมกับการดูดใช้โพแทสเซียมในมวลชีวส่วนเหนือดิน (ก), การดูดใช้โพแทสเซียมกับผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด (ข), ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมกับความเข้มข้นของโพแทสเซียมในมวลชีวส่วนเหนือดิน (ค) และความสัมพันธ์ระหว่างการดูดใช้โพแทสเซียมกับผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด (ง)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

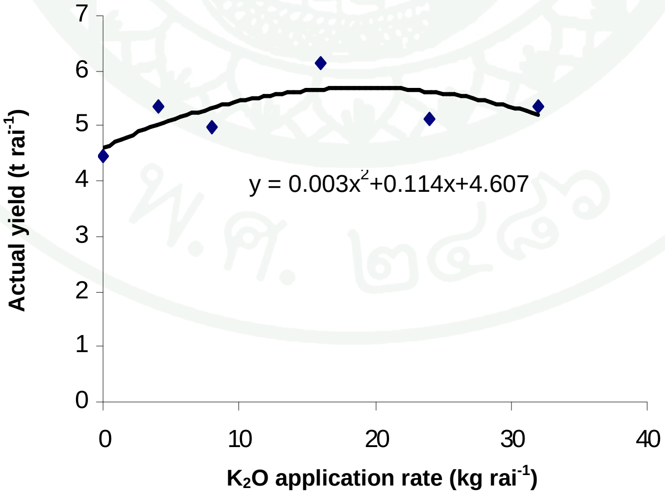
4.2 สมการ Mitscherlich-Bray

การคาดคะเนผลผลิตจากสมการ Mitscherlich-Bray โดยนำผลผลิตมันสำปะหลังที่ได้จากการทดลองในแปลงทดลอง (Actual yield) มาคำนวณเป็นผลผลิตสัมพัทธ์ (Eq relative yield)

โดย Equation yield ได้มาจากความสัมพันธ์แบบเส้นแนวโน้มโพลิโนเมียลระหว่างอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมกับผลผลิตหัวมันสำปะหลังที่ได้จากการทดลองในแปลงทดลอง (ภาพที่ 19) ซึ่งนำคำนวณเป็นผลผลิตสัมพัทธ์โดยได้สมการดังนี้

$$Y = -0.003x^2 + 0.113x + 4.607$$

เมื่อ Y คือ Eq yield และ X = อัตราปุ๋ยโพแทสเซียม เมื่อแทนค่า X ด้วยปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราต่าง ๆ ได้แก่ 0, 4, 8, 16, 24 และ 32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ในสมการข้างต้นจะสามารถคำนวณผลผลิตสัมพัทธ์ (Eq relative yield) โดยให้ผลผลิตจาก Eq yield ที่มากที่สุดเป็นผลผลิตสัมพัทธ์สูงสุดเท่ากับ 100 จากนั้นนำผลผลิตในทุกอัตราปุ๋ยมาเปรียบเทียบ พบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 16 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ จะให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสัมพัทธ์สูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 100 และเมื่อทำการใส่ปุ๋ยในอัตราที่ลดลง น้ำหนักหัวมันสำปะหลังสดสัมพัทธ์ที่ได้ก็จะมีค่าลดลง โดยการไม่ใส่ปุ๋ยจะให้น้ำหนักหัวมันสำปะหลังสดสัมพัทธ์มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 81 (ตารางที่ 4)



ภาพที่ 19 ความสัมพันธ์แบบ เส้นแนวโน้มโพลิโนเมียลระหว่างอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมกับผลผลิตหัวมันสำปะหลังที่ได้จากการทดลองในแปลงทดลองจากนั้นนำผลผลิตสัมพัทธ์ที่ได้มาแทนค่าในสมการ Mitscherlich-Bray

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากนั้นนำผลผลิตสัมพัทธ์ที่ได้มาแทนค่าในสมการ Mitscherlich-Bray

$$\log[100-y] = \log A - C_1 b - C_2 X$$

ทำให้ได้สมการที่มีค่าคงที่ของดินและปุ๋ยใหม่ดังนี้

$$\log [100-y] = 2 - 0.0087(b) - 0.046(X)$$

เมื่อ b = โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเริ่มต้น (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

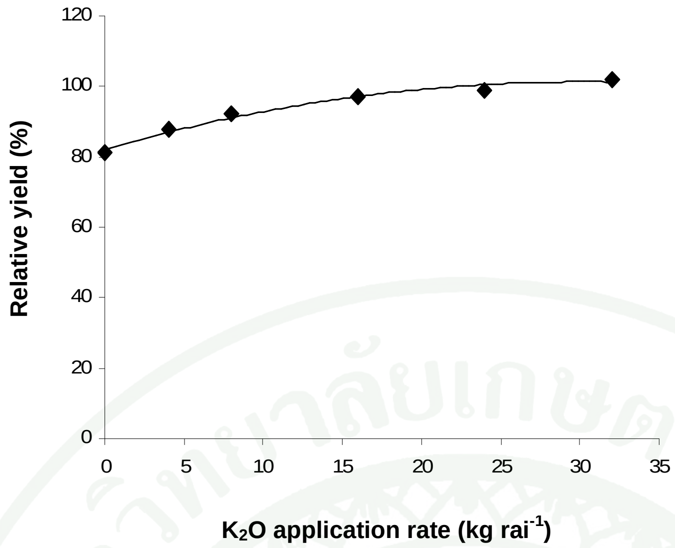
X = อัตราปุ๋ยโพแทสเซียม (กิโลกรัม K_2O ต่อไร่)

Y = ผลผลิตมันสำปะหลัง (% ของผลผลิตสูงสุด)

เมื่อแทนค่า X ด้วยอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใช้ในการทดลอง (0, 4, 8, 16, 24 และ 32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่) ในสมการข้างต้น ทำให้ได้กราฟแสดงการตอบสนองของมันสำปะหลังต่อปุ๋ยโพแทสเซียม โดยการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 32 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ จะให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสัมพัทธ์สูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 102 และเมื่อทำการใส่ปุ๋ยในอัตราที่ลดลง น้ำหนักหัวมันสำปะหลังสดสัมพัทธ์ที่ได้ก็จะมีค่าลดลง โดยการไม่ใส่ปุ๋ยจะให้น้ำหนักหัวมันสำปะหลังสดสัมพัทธ์มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 81 (ภาพที่ 20)

นำค่าผลผลิตสัมพัทธ์ของ Mitscherlich-Bray ที่ได้ไปคำนวนหาผลผลิตของ Mitscherlich-Bray โดยการเทียบกับผลผลิตมันสำปะหลังที่ได้จากการทดลองในแปลงทดลอง (Actual yield) และผลผลิตสัมพัทธ์ (Eq relative yield) ก็จะทำให้ได้ผลผลิตจากการคาดคะเน ของ Mitscherlich-Bray (ตารางที่ 4)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ย K_2O กับผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสัมพัทธ์โดยใช้สมการ Mitscherlich-Bray

ตารางที่ 4 ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังจากแปลงทดลองและจากการคาดคะเนโดยสมการ Mitscherlich-Bray

Rate of K_2O (kg rai^{-1})	Actual yield	Eq Yield	Eq relative yield	Mit.-Bray relative yield	Mit.-Bray yield (t rai^{-1})
	(--------- t rai^{-1} ---------)		(-------- % --------)		
0	4.46	4.61	81	81	4.46
4	5.34	5.01	88	88	5.28
8	4.97	5.33	94	92	4.86
16	6.15	5.66	100	97	5.97
24	5.14	5.61	99	99	5.14
32	5.37	5.18	91	102	5.95

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.3 โปรแกรม Phosphorus Decision Support System (PDSS)

โปรแกรม Phosphorus Decision Support System (PDSS) นั้น โดยข้อมูลที่นำเข้าแสดงในตารางที่ 5 ทำให้สามารถคาดคะเนผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดที่จะได้ ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 5 ข้อมูลที่นำเข้ามาใช้ในโปรแกรม Phosphorus Decision Support System (PDSS) เพื่อคาดคะเนอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับมันสำปะหลัง

Diagnosis	General Information	Location	Thailand Nakhon Ratchasima
		Soil series	Chatturat (Ct)
		Soil order	Alfisols
		Intended crop	cassava
Previous Data Analysis	P Data	P content (mg L^{-1})[1]	12
		P Test method	Bray 2
		Clay content (%)	7.2
	K Data	K content (mg kg^{-1})	83
		K test method	Ammonium Acetate
	Other Data	Soil pH (water)	7.3
P Prediction	Input Data	Soil extractable P (mg kg^{-1})	9
		Application method	Band (0.2)
		Fertilizer	0-45-0 (TSP)
		Maximum yield (t rai^{-1})	38.44
	Output	P Buffer coefficient	0.2235
		P Critical value (mg L^{-1})	11.5
K Prediction	Input Data	Soil Extractable K (mg kg^{-1})	83
		Application method	Band (0.2)
		Fertilizer type	0-0-60 (KCl)
		Maximum yield (ton rai^{-1})	38.44
	More Data	Was the stover removed from the field?	Yes
		K buffer coefficient	0.68834
		K critical value (mg L^{-1})	90

หมายเหตุ [1] = Phosphorus content at Phosphorus buffer capacity (0.2 mg L^{-1})

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใช้จริงและจากประเมินโดยโปรแกรม Phosphorus Decision Support System (PDSS) โดยใช้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังที่ได้จริงเป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ

Rate of K_2O	PDSS K_2O[1]	Actual yield
(----------- kg rai^{-1}	-----------)	(t rai^{-1})
0	27	4.46
4	32	5.34
8	30	4.97
16	37	6.15
24	31	5.14
32	32	5.37

หมายเหตุ [1] = K_2O rate was predicted by using PDSS basing on the actual yield

5. เปรียบเทียบการคำนวณผลผลิตโดยใช้สมการต่าง ๆ และผลผลิตที่ได้จริงจากแปลงทดลอง

สมการ LRP model จะคาดคะเนผลผลิตได้ใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จากแปลงทดลองเมื่ออัตราปุ๋ยที่ใส่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 4.23 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ (critical/response point) แต่เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ผลผลิตที่ประเมินได้มีค่าสูงกว่าความเป็นจริงเพิ่มขึ้น โดยที่การใส่โพแทสเซียมในอัตรา 16 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ จะให้น้ำหนักหัวมันสำปะหลังสดเท่ากับ 7.98 ตันต่อไร่ขณะที่ในแปลงการทดลองจริงได้เพียง 6.15 ตันต่อไร่ซึ่งถือว่าผลผลิตที่ได้สูงที่สุด (ตารางที่ 7 และภาพที่ 21) อย่างไรก็ตามสมการ LRP model จะคาดคะเนผลผลิตได้ใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จากแปลงทดลองเมื่ออัตราปุ๋ยที่ใส่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 4.23 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ (critical/response point) แต่เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ผลผลิตที่ประเมินได้มีค่าสูงกว่าความเป็นจริง

สมการ Mitscherlich-Bray จะคาดคะเนผลผลิตหัวมันสำปะหลังได้ใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้ในแปลงทดลองในเกือบทุกอัตราปุ๋ยโพแทสเซียม โดยผลผลิตที่คาดคะเนได้มีแนวโน้มต่ำกว่าผลผลิตที่วัดได้จริง แต่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.79 ดังนั้น Mit.-Bray equation จึงเป็นสมการที่สามารถใช้ในการแนะนำอัตราปุ๋ยสำหรับมันสำปะหลังได้ (ตารางที่ 7 และภาพที่ 21)

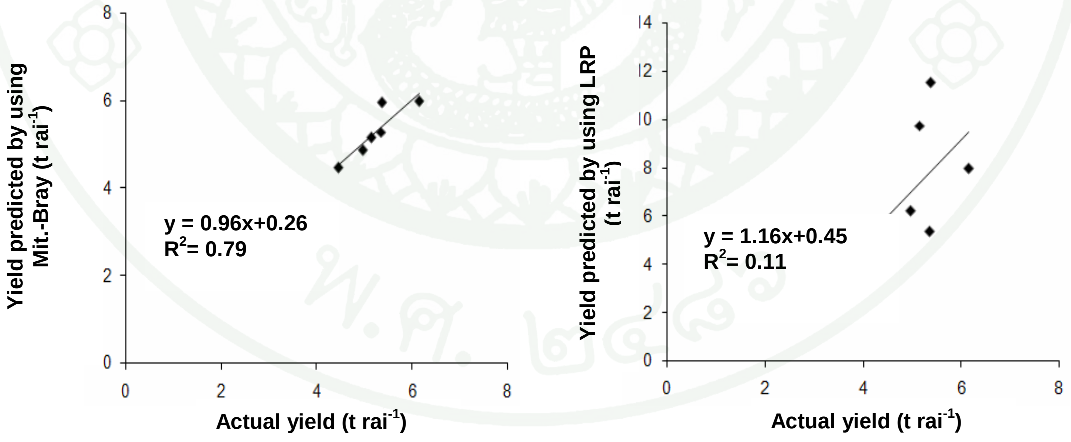
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังจากแปลงทดลองและจากการคาดคะเนโดยสมการ Linear Response Plateau Model (LRP model), สมการ Mitscherlich-Bray และ Phosphorus Decision Support System (PDSS)

Rate of K_2O	PDSS K_2O[2]	Actual yield	LRP	Mit.-Bray yield
---------- (kg rai^{-1}) ----------		------------------ (t rai^{-1}) ------------------		
0	27.07	4.46	4.46	4.46
4	32.06	5.34	5.34	5.28
4.23[1]	-	-	5.39	-
8	30.14	4.97	6.22	4.86
16	36.86	6.15	7.98	5.97
24	31.10	5.14	9.74	5.14
32	32.45	5.37	11.5	5.95

หมายเหตุ [1] = critical point/response point predicted by LRP model

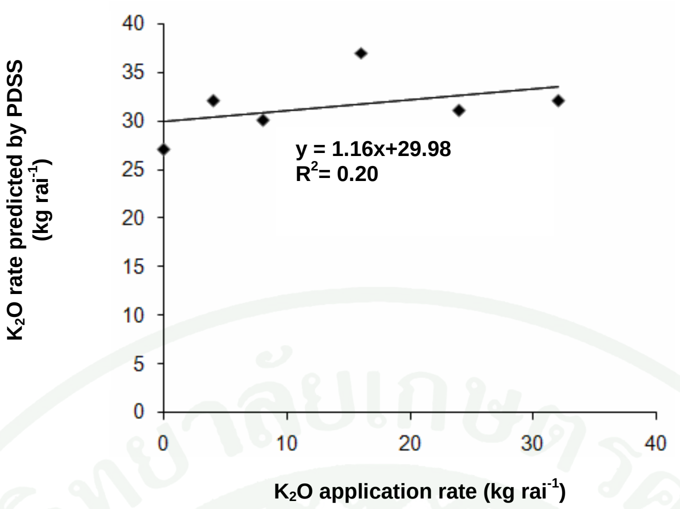
[2] = K_2O rate was predicted by using PDSS basing on the actual yield



(ก) (ข)

ภาพที่ 21 สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตที่คำนวณได้จาก Mit.-Bray equation กับผลผลผลิตที่ได้จริงจากแปลงทดลอง (ก) และผลผลิตที่คำนวณได้จากสมการ LRP กับผลผลิตที่ได้จริงจากแปลงทดลอง (ข)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 22 สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยที่คาดคะเนโดยโปรแกรม Phosphorus Decision Support System (PDSS) กับอัตราปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง

การใช้โปรแกรม PDSS ในการคาดคะเนผลผลิตที่จะได้จะต้องใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่สูงกว่าอัตราที่ใช้จริงในการศึกษาภาคสนามจึงจะให้ผลผลิตเทียบเท่ากัน โดยพบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 37 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ จะทำให้ได้ผลผลิตเท่ากับผลผลิตจริงจากแปลงทดลอง คือ 6.15 ตันต่อไร่ ซึ่งได้ผลผลิตสูงที่สุดที่ได้มาจากการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 16 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ (ตารางที่ 7 และภาพที่ 22) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโปรแกรม PDSS คาดคะเนอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมสูงกว่าความเป็นจริงถึง 4 เท่า

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจตุรัสที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย และมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ปานกลาง จะให้ผลผลิตสูงที่สุดเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 16 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ แต่การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 4 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ จะมีผลทำให้การดูดใช้โพแทสเซียมไปสะสมในหัวมันสำปะหลังสูงที่สุด ในขณะที่น้ำหนักต้นและใบ และร้อยละการสะสมแป้งในหัวมันสดไม่มีความสัมพันธ์กับปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใส่

2. มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 จะตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 4.23 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ โดยให้ผลผลิต 5.39 ตันต่อไร่ เมื่อคาดคะเนจากสมการ Linear Response Plateau model ซึ่งเป็นค่าคาดคะเนที่ใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการทดสอบในสนามมากที่สุดเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 4 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่

3. การคาดคะเนด้วยสมการ Mitscherlich-Bray ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเท่ากับ 5.28 ตันต่อไร่ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าผลผลิตที่ได้จริงเล็กน้อยแต่จะคาดคะเนผลผลิตหัวมันสำปะหลังได้ใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้ในแปลงทดลองในทุกอัตราปุ๋ย ส่วนโปรแกรม Phosphorus Decision Support System (PDSS) ไม่สามารถนำมาใช้คาดคะเนได้เนื่องจากให้ผลทำนายอัตราที่สูงเกินจริงมากเกินไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

หากต้องการใช้โปรแกรม PDSS ในการคาดคะเนอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินร่วนปนทรายนี้ ควรมีการปรับเปลี่ยนข้อมูลที่นำเข้ามาใช้ในโปรแกรมให้มีความเหมาะสมมากกว่านี้ ขณะที่การใช้ Linear Response Plateau Model และสมการ Mitscherlich-Bray ซึ่งสามารถใช้คาดคะเนสำหรับกรณีศึกษานี้ได้ค่อนข้างดีโดยเฉพาะการใส่ในอัตราต่ำ น่าจะมีการศึกษาทดลองเพิ่มเติมในพื้นที่อื่นเพื่อยืนยันความแม่นยำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. **รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มดิน เล่ม 2 ดินบนพื้นที่ดอน.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2519. **รายงานกองพืชไร่ประจำปี 2518**. เอกสารวิชาการ, กรุงเทพฯ

กรมวิชาการเกษตร. 2550. **เอกสารวิชาการ เทคนิคการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2551. **มันสำปะหลัง**. เอกสารวิชาการ, โรงพิมพ์โอเดียลสแคว์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 10. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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

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

ชาญ ถิรพร และ โชติ สิทธิบุศย์. 2537. **ดินและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพกับมันสำปะหลัง.** เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง, ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ชุมพล นาควิโรจน์ และ วัลลีย์ อมรพล. 2549. **การวิจัยการใช้ปุ๋ยในการผลิตมันสำปะหลังอย่างยั่งยืน**. เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักสูตร การใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพกับพืชเศรษฐกิจ. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สปผ. กรมวิชาการเกษตร.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โชติ สิทธิบุศย์, ชุมพล นาควิโรจน์ และ กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2529. **การปลูกพืชหมุนเวียนและการใช้ปุ๋ยเพื่อการผลิตมันสำปะหลังระยะยาว.** *ใน* เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 4 เรื่อง เราจะพัฒนาดินอิสานกันอย่างไร. สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย วันที่ 4 เมษายน 2529. ณ ห้องประชุมกรมวิชาการเกษตร บางเขน กรุงเทพฯ.

โชติ สิทธิบุศย์, ชุมพล นาควิโรจน์ และ กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2537. การใช้ค่าวิเคราะห์ดินเพื่อประเมินความต้องการปุ๋ยของมันสำปะหลัง, น. 43-59. *ใน* **เอกสารประกอบการสัมมนาปัญหาการผลิต**. กรมวิชาเกษตร, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และ ประทีป วีระพัฒนานิรันดร์. 2551. **คู่มือสำหรับการเกษตรยุคใหม่ฉบับพิเศษ**. กรมส่งเสริมการเกษตร.

นพศูล สมุทรทอง, เอ็จ สโรบล, วิจารณ์ วิชชุกิจ และ สุเทพ ทองแพ. 2550. ผลของปริมาณและอัตราการให้น้ำต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของมันสาปะหลัง. น. 75-82. *ใน* **การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45 ประจำปี 2550.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประดิษฐ์ บุญอำพล, สันติ ธีราภรณ์ และ ประสาร พรมสูงวงศ์. 2543. การทดสอบความเสถียรของค่าคงที่ในการให้คำแนะนำปุ๋ย P และ K กับข้าวโพดในดินปากช่อง จังหวัดลพบุรี., น. 3-4. *ใน* **บทคัดย่อผลงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยพืชไร่ปี 2543**. กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยพืชไร่, กองปฐพีวิทยา, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ประภาส ช่างเหล็ก. 2544. **ผลของปุ๋ยที่มีต่อผลผลิตและปริมาณแป้งของมันสำปะหลังพันธุ์ต่าง ๆ ที่ปลูกในดินชุดมาบบอนและโคราช**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิยะวุฒิ พูลสงวน. 2535. อิทธิพลของปุ๋ยและอายุเก็บเกี่ยว ต่อผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ต่าง ๆ, น. 17-23. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 30 (สาขาพืช)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2546. **ธาตุอาหารพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วัลลีย์ อมรพล, สมลักษณ์ จูฑังคะ, อัจฉรา ลิ่มศิลา, จรุงสิทธิ์ ลิ่มศิลา และ ดนัย ศุภาหาร. 2549. ทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก. น. 35-38. *ใน* **รายงานผลงานวิจัยและพัฒนาฉบับเต็ม ปี 2550**. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วิจารณ์ วิชชุกิจ, เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์, เอ็จ สโรบล และ ประภาส ช่างเหล็ก. 2546. **เกษตรศาสตร์ 50 พันธุ์มันสำปะหลังที่นิยมปลูกมากที่สุดในประเทศไทย**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยพืชไร่. 2537. **มันสำปะหลัง**. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

สมพงษ์ กาทอง และ อนุชิต ทองกล่ำ. 2547. การปลูกและการดูแลรักษา. **เอกสารวิชาการเรื่องมันสำปะหลัง ลำดับที่ 7/2547.** พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ.

สมลักษณ์ จูฑังคะ. 2551. **เทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลัง**. เอกสารวิชาการ, ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

สุทิน คล้ายมนต์. 2542. การวิเคราะห์และแปลความหมายผลการทดสอบปุ๋ยพืชไร่เพื่อให้คำแนะนำปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน : การพัฒนาและทดสอบโปรแกรม dbsoilTest for DOS, น. 157-178. *ใน* **รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง การจัดการดินไร่และการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชไร่**. กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยพืชไร่, กองปฐพีวิทยา, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุทิน คล้ายมนต์ และ สัมฤทธิ์ ชัยวรรณคุปต์. 2531. แนวทางการใช้ Linear Response and Plateau Model แนะนำปุ๋ยพืชไร่ตามการจำแนกดินแบบ Fertility Capability Classification.,น. 152-161. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการประจำปี 2531 (ด้านปฐพีวิทยา)**. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

สุมาลี สุทธิประดิษฐ์. 2536. **เอกสารคำสอนวิชาความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. ภาควิชาธรณีศาสตร์, คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

โสภณ สินธุประมา. 2526. **ประวัติความสำคัญ และดินฟ้าอากาศที่เหมาะสมในมันสำปะหลัง**. เอกสารวิชาการ เล่มที่ 7, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

สำนักชั่งตวงวัด กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์. 2549. **เครื่องชั่งหาเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลัง** (แผ่นพับ).

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

อนุชิต ทองกล่ำ, ชาญ ถิรพร และโสภณ สินธุประมา. 2521. ผลของระยะเวลาการเก็บเกี่ยวหลังจากการตัดต้นที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพมันสำปะหลัง., น. 142-145. *ใน* **รายงานผลการทดลองมันสำปะหลัง พ.ศ.2521**. สาขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

อัจฉรา ลิ่มศักดา และ จรุงสิทธิ์ ลิ่มศักดา. 2537. **ชนิดและพันธุ์มันสำปะหลัง**. เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง, ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

อัจฉรา ลิ่มศิลา และ จรุงสิทธิ์ ลิ่มศิลา. 2547. **พันธุ์มันสำปะหลัง**. เอกสารวิชาการเรื่องมันสำปะหลัง ลำดับที่ 7/2547. พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ.

โอภาษ บุญเส็ง. 2552. **การเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังเพื่อรองรับโรงงานผลิตเอทานอล**. จดหมายข่าวผลิใบ, 12(6): 11-15.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โอภาษ บุญเส็ง, จิณณจาร์ หาญเศรษฐสุข, เมธี คำหุ่ง และ อุดม จันทะมณี. 2546. **ศึกษาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแห้ง ชีวเคมีในหัว และเคมีฟิสิกส์ของแป้งมันสำปะหลัง : พันธุ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเกษตร**., น. 871-943 *ใน* เอกสารผลงานวิจัยมันสำปะหลัง ปี 2544-46 ชุดโครงการวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการใช้ประโยชน์มันสำปะหลัง, กองแผนงานและวิชาการ, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวง เกษตรและสหกรณ์.

Agboola, A.A. and G.O. Obigbesan. 1976. The response of some improved food crop varietes to fertilizers in the forest zone of western Nigeria. **Report on FAO/NORAD and Fed.** Dept. of Agric. Seminar on Fertilizer Use Development in Nigeria.

Adekayode, F.O. and O.F. Adeola. 2009. The response of cassava to potassium fertilizer treatments. **International Journal of Food, Agriculture and Environment.** 7: 279-282.

Asher, V.J. and D.G. Edwards. 1978. Critical external concentrations for nutrient deficiency and excess., pp. 13-29. *In* **International Colloquium on Plant Analyses and Fertilizer Problems,** 8th , Auckland, New Zealand.

Brady, N.C. and R.R. Weil. 2008. **The Nature and Properties of Soils.** 14th ed. The Macmillan Co., New York.

Bray, R.H. 1954. A nutrient mobility concept of soil-plant relationships. **Journal of Soil Science** 104: 9-22.

Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. **Soil Science** 59: 39-45.

Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1975. Cassava production system. **Annual Report.** Centro Internacional de Tropical, Cali, Colombia.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1977. Cassava production system. **Annual Report.** Centro Internacional de Tropical, Cali, Colombia.

Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1980. Cassava production system. **Annual Report.** Centro Internacional de Tropical, Cali, Colombia.

Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity, pp. 891-901. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis: Part II.** Monograph No.9. Amer. Soc. Agron. Inc., Amdison, Wisconsin.

Conceicao, A.J. da. 1979. A Mandioca. **UFBA/EMBWPA/BNB/BWSCAN NORDESTE,** Cruz das Almas, BA.

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.

Eaton, D.J. 1952. Effect of potassium deficiency on growth and metabolism of sun flower plant **Botan. Gaz.** 114: 165-179

Evan, H.J. and G.J. Sorger. 1966. Role of mineral element with emphasis on the univalent cation. **Ann. Rev. Plant Physical.** 17: 47-76

Hargen, P. 1987. DOA/FAO Fertilizer programme data analysis. **Paper Presented at the Soil Science Division Technical Meeting 1987**, Department of Agriculture, Bangkhen, Bangkok.

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. Pearson Prentice Hall Inc., New Jersey.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Hillocks, R.J., J.M. Thresh and A.C. Bellotti. 2002. **Cassava: Biology, Production and Utilization**. UK: CABI Publishing Wallingford.

Howeler, R.H. 1981. Mineral nutrition and fertilization of cassava. **Series 09EC-4**, CIAT, Cali, Colombia.

Iglesias, C.A., F. Calle, C. Hershey, G. Jaramillo and E. Mesa. 1994. Sensitivity of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) clones to environmental changes. **Field Crops** 36: 213-220.

Indira, J.E., S.O David Osiru, C.M. Marcio Porto. 1998. **Physiology of Cassava.** Available Source: http://www.iita.org/info/trn_mat/irg55/irg55.html, March 10, 2011.

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.

Janssen, G. and R.P. Bartholomew. 1932. The effect of potassium on the production of proteins, sugars, and starch in cowpea and in sugar beet plants and the relation of potassium to plant growth. **Journal of American Society of Agronomy** 24: 667-680.

Kilmer, V.J. and L.T. Alexander. 1949. Method of making mechanical analysis of soils. **Soil Science** 68: 15-24.

Kumar, B.M. R.C. Mandal and M.L. Magoon. 1971. Influence of patash on cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) **Indian Journal of Agronomy** 16: 82-84.

Lenis, J.I., F.Calle, G.Jaramillo, J.C. Perez, H.Ceballos and J.H. Cork. 2006. Leaf retention and cassava productivity. **Field Crops Res**. 95: 126-134.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Malavota, E., E.A. Graner, T. Coury, M.O.R. Brazil sobr and J.A.C. facheeo. 1955. Studies on the mineral nutrition of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) **Plant Physiology** 30: 81-82.

Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1987. **Principles of Plant Nutrition. International Postash Institute**. Bern, Switzerland.

Mill, H.A. and J.B. Jones, Jr. 1996. **Plant Analysis Handbook II: A Practical Sampling, Preparation, Analysis and Interpretation Guide**. Micro Macro Publing Inc., USA.

Mitscherlich, E.A. 1909. Das Gesetz des Minimums und das Gesetz des abnehmenden Bodenertrags. **Landwirtschaftliche Jahrbücher** 38: 537-552.

National Soil Survey Center. 1996. **Soil Survey Laboratory Methods Manual**. Soil Survey investigations Report No. 42, Version 3.0. Natural Conservation Service, United States Department of Agriculture.

Ngongi, A.G.N. 1976. **Influence of Some Mineral Nutrients on Growth, Composition and Yield of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz)**. Ph.D. Thesis, Cornell Univercity, New York.

Nguyen, H., J.J. Schoenau, D. Nguyen, K. Van Rees and M. Boehm. 2002. Effects of long-term nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization on cassava yield and plant nutrient composition in North Vietnam. **Journal of Plant Nutrition** 25: 425-442.

Obigbesan, G.O. 1973. The influence of potassium nutrition on the yield and chemical composition of some tropical root and tuber crops. pp. 439-451. *In* **International Potash Institute, Colloquium**, 10^{th} Abidjan, Ivory Coast.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Obigbesan, G.O. 1977. Effect of potassium on starch yields, HCN (Cyanogenic glucoside) content and nutrient uptake of cassava cultivars (*Manihot esculenta* Crantz). **Journal Agriculture Science** 89: 29-34.

Pinho, J.L.N. de., F.I.O. Melo, V.V. Gomes, Q.M.S. Melo, L.M.S. Teixeira and F.C. de Oliverira. 1978. Trial of production systems for cassava. **Relatorio Anual de Pesquisa - Empresa de Pesquisa Agropecuaria do Ceara (Brazil)** 8: 102-116.

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

Ramanujam, T. 1990. Effect of moisture stress on photosynthesis and productivity of cassava. **Photosynthetica** 24: 217-224.

Soil Survey Division Staff. 1999. **Soil Taxonomy.** 2nd ed. USDA–NRCS. U.S. Govt. Print. Office, Washington, DC. Available on-line.

Tisdale, S.L. and W. Nelson. 1963. Element required in plant nutrition. **Soil Fertility and Fertilizer.** New York : The Macmillan Company.

Veltkamp, H.J. 1985. Interrelationships between LAI, light interception and total dry matter yield of cassava. **Agricultural University Weganingen Paper** 85: 36-46.

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

Waugh, D.L., R.B. Cate and L.A. Nelson. 1973. Discontinuous models for rapid correlation, interpretation and utilization of soil analysis and fertilizer response data. **Technical Bulletin No. 7, Soil Fertility Evaluation and Improvement Program**, North Carolina State University, August 1973.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Yost, R.S. and T. Attanandana. 2006. Predicting and testing site-specific potassium fertilization of maize in soils of the Tropics-An example from Thailand. **Soil Science** 171 (12): 968-980.

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวัดเปอร์เซ็นต์แป้งด้วยการแทนที่น้ำ

โดยใช้เครื่องชั่งหาเปอร์เซ็นต์แป้ง (ภาพผนวกที่ 1 ก-ข) ในการชั่งจะต้องใช้น้ำจืดที่สะอาดใส่ลงในถัง แล้วสุ่มเลือกมันสำปะหลังสดจำนวน 5 กิโลกรัมใส่ลงในตะกร้า คันชั่งตัวล่างใช้หาน้ำหนักและร้อยละการสะสมสิ่งสกปรก โดยที่ร้อยละสิ่งสกปรก 0% จะตรงกับน้ำหนักหัวมันสำปะหลัง 5 กิโลกรัม และที่ร้อยละ 60 จะตรงกับน้ำหนักหัวมันสำปะหลัง 2 กิโลกรัม คันชังตัวบนใช้หาน้ำหนักและร้อยละการสะสมแป้ง โดยที่เปอร์เซ็นต์แป้ง 10% จะตรงกับน้ำหนักแป้ง 280 กรัม และที่ร้อยละ 30 จะตรงกับน้ำหนักแป้ง 670 กรัม (สำนักชั่งตวงวัด, 2549)

(ก) (ข)

ภาพผนวกที่ 1 เครื่องชั่งหาร้อยละการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังด้วยหลักการแทนที่น้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณน้ำฝนบริเวณที่ศึกษา ตั้งแต่เดือนมกราคม – ธันวาคมพ.ศ. 2553

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (มม.)
มกราคม	76
กุมภาพันธ์	34
มีนาคม	23
เมษายน	37
พฤษภาคม	71
มิถุนายน	124
กรกฎาคม	194
สิงหาคม	258
กันยายน	218
ตุลาคม	504
พฤศจิกายน	1
ธันวาคม	12

ที่มา: ศูนย์วิจัยพืชไร่นครราชสีมา ตำบลลาดบัวขาว อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา (2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด – ต่ำสุดและอุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณที่ศึกษาตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม พ.ศ. 2553

เดือน	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย	อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย	อุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือน
	(------------------------------	^{o}C	------------------------------)
มกราคม	29.25	18.83	24.04
กุมภาพันธ์	34.11	21.6	27.85
มีนาคม	35.2	22.66	28.93
เมษายน	30.39	23.9	36.88
พฤษภาคม	36.01	24.87	30.44
มิถุนายน	35.16	25.14	30.16
กรกฎาคม	32.69	24.11	28.4
สิงหาคม	30.79	23.58	27.18
กันยายน	31.48	23.32	27.4
ตุลาคม	29.2	22.63	25.91
พฤศจิกายน	29	19.45	24.22
ธันวาคม	29.64	17.34	23.49

ที่มา: ศูนย์วิจัยพืชไร่นครราชสีมา ตำบลลาดบัวขาว อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา (2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 อิทธิพลของปุ๋ยโพแทสเซียมที่มีต่อความสูงของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจตุรัส

อัตราปุ๋ย	ความสูง (ซม.)					
(กก. K_2O ไร่$^{-1}$)	2 เดือน	3 เดือน	4 เดือน	5 เดือน	6 เดือน	7 เดือน
0	34	97	133	179	183	188
4	35	88	129	187	194	208
8	38	93	129	181	186	197
16	37	96	138	192	199	211
24	35	96	138	197	203	215
32	37	93	125	171	178	195
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	6.3	6.7	6.8	7.6	8.1	8.8

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 อิทธิพลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจตุรัส

K_2O rate	Tuber	Above ground biomass	Harvest index	Starch content	
(kg rai^{-1})	(--------t rai^{-1}--------)			%	(ตัน $ไร่^{-1}$)
0	4.46b	6.72	0.40	34.0	1.63
4	5.34ab	8.20	0.39	30.8	1.65
8	4.97b	7.68	0.39	34.3	1.66
16	6.15a	8.80	0.41	32.6	1.85
24	5.14b	8.00	0.39	33.5	1.72
32	5.37ab	7.68	0.41	32.5	1.83
F-test	*	ns	ns	ns	ns
CV(%)	10.8	12.6	0	5.7	13.6

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 อิทธิพลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อความเข้มข้นโพแทสเซียมของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจตุรัส

K_2O rate	Tuber			Above ground biomass		
	N	P	K	N	P	K
(kg rai^{-1})	(---------------------------------			%		--------------------------------------)
0	0.41b	0.046	0.40b	1.75	0.19	0.57
4	0.72a	0.065	0.70a	1.96	0.17	0.75
8	0.71a	0.063	0.54ab	1.97	0.17	0.65
16	0.62ab	0.056	0.55ab	2.12	0.17	0.76
24	0.71a	0.062	0.57ab	2.06	0.17	0.84
32	0.68a	0.052	0.58ab	2.20	0.15	0.75
F-test	*	ns	*	ns	ns	ns
CV(%)	19.7	0	26.5	6.3	0	21.5

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 อิทธิพลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อการดูดใช้โพแทสเซียมของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในดินจตุรัส

K_2O rate	Tuber			Above ground biomass		
	N	P	K	N	P	K
(kg rai^{-1})	(----------------------------------		(kg rai^{-1})			--------------------------------------)
0	8.97b	1.06	8.82 b	3.98	0.04	7.29
4	18.84a	1.76	18.98 a	4.37	0.03	12.01
8	13.50ab	1.32	10.24 b	4.53	0.04	12.13
16	14.97ab	1.38	13.29 ab	4.75	0.04	12.30
24	14.72ab	1.21	11.95 ab	4.35	0.04	12.94
32	14.65ab	1.45	12.76 ab	5.71	0.04	11.02
F-test	*	ns	*	ns	ns	ns
CV(%)	30.5	33.4	19.3	19.2	0	33.9

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 เกณฑ์การประเมินพีเอชดิน (ดินต่อน้ำ = 1:1)

ระดับ (rating)		พิสัย (range)
กรดจัดมาก	Extremely acid	< 4.5
กรดจัด	Very strong acid	4.5-5.5
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
ด่างแก่	Strong alkaline	8.5-9.0
ด่างจัด	Extremely alkaline	> 9.0

ที่มา: Land Classification Division and FAO Project Staff (1973)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 เกณฑ์การประเมินระดับอินทรียวัตถุและธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดิน

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

ที่มา: Land Classification Division and FAO Project Staff (1973)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 9 เกณฑ์การประเมินระดับด่างที่สกัดได้และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน

ระดับ (rating)	พิสัย (range) ($cmol_{(+)}\ kg^{-1}$)				
	Extractable				Cation exchange capacity
	Ca	Mg	K	Na	
ต่ำมาก (VL)	< 2	< 0.3	< 0.2	< 0.1	< 3
ต่ำ (L)	2-5	0.3-1.0	0.2-0.3	0.1-0.3	3-5
ค่อนข้างต่ำ (ML)					5-10
ปานกลาง (M)	5-10	1.0-3.0	0.3-0.6	0.3-0.7	10-15
ค่อนข้างสูง (MH)					15-20
สูง (H)	10-20	3.0-8.0	0.6-1.2	0.7-2.0	20-30
สูงมาก (VH)	> 20	> 8.0	> 1.2	> 2.0	> 30

ที่มา: Land Classification Division and FAO Project Staff (1973

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวอรชุมา จงเจือกลาง
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2528
สถานที่เกิด	นครราชสีมา
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (ปฐพีวิทยา) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	พนักงานราชการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	กรมวิชาการเกษตร
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์