



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา สาขา ปฐพีวิทยา  
ปฐพีวิทยา ภาควิชา

เรื่อง การใช้เพอไลต์ มูลไก่แกลบ และปุ๋ยสังกะสีที่ให้ทางใบเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูก  
ในดินยโสธร

Use of Perlite, Chicken Manure and Zn Foliar Application for Improving Yield of  
Cassava Grown on Yasothon Soil

นามผู้วิจัย นายนิภัทร์ ถนอมมาลย์

ได้พิจารณาเห็นชอบ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, Ph.D. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( รองศาสตราจารย์อัญชลี สุทธิประการ, Ph.D. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( อาจารย์ศุภกานา ณะจิตต์, ปร.ด. )

หัวหน้าภาควิชา

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุเทพ ทองแพ, วท.ค. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ \_\_\_\_\_ เดือน \_\_\_\_\_ พ.ศ. \_\_\_\_\_

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การใช้เพอไลต์ มูลไก่แกลบ และปุ๋ยสังกะสีที่ให้ทางใบเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกใน  
ดินยโสธร

Use of Perlite, Chicken Manure and Zn Foliar Application for Improving Yield of  
Cassava Grown on Yasothon Soil

โดย

นายนิภัทร์ ถนิมมาลัย

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นิกัทร ฉนิมมาลัย 2554: การใช้เพอไลต์ มูลไก่เกลบ และปุ๋ยสังกะสีที่ให้ทางใบเพื่อเพิ่มผลผลิตมัน  
สำปะหลังที่ปลูกในดินยโสธร ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) สาขาปฐพีวิทยา  
ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม,  
Ph.D. 96 หน้า

ทำการทดลองในแปลงของเกษตรกร ต.กุดม่วง อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา เพื่อศึกษาอิทธิพลของ  
เพอไลต์ มูลไก่เกลบ และการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบที่มีต่อผลผลิตและความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมัน  
สำปะหลังที่ปลูกบนดินยโสธร (Typic Paleustult) และการเปลี่ยนแปลงสมบัติดิน วางแผนการทดลองแบบ  
Factorial in Randomized Complete Block ปีจจัยแรก ประกอบด้วย การไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ใส่มูลไก่อัตรา  
500 กิโลกรัมต่อไร่ เพอไลต์อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่มูลไก่ร่วมกับเพอไลต์ตามอัตราข้างต้น ปีจจัยที่ 2  
ประกอบด้วย การไม่ฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ ฉีดพ่นปุ๋ย  $ZnSO_4$  ทางใบอัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ต่อครั้งเมื่อมัน  
สำปะหลังอายุได้ 1 เดือน (1 ครั้ง) และเมื่อมันสำปะหลังอายุ 1, 2 และ 3 เดือน (3 ครั้ง) ปุ๋ยหลักใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-  
15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ แบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งละ 50 กิโลกรัมเมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1 และ 3 เดือน เก็บ  
ตัวอย่างดินก่อนการเก็บเกี่ยว 1 เดือนเพื่อตรวจสอบผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดิน เก็บ  
ตัวอย่างใบมันสำปะหลังอายุ 4 เดือนเพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหาร เก็บเกี่ยวผลผลิต และบันทึก  
ข้อมูลพืชที่อายุ 10 เดือน

พบว่า การใส่มูลไก่เกลบทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 3.59 ตันต่อไร่ซึ่งไม่  
แตกต่างกับการใส่เพอไลต์ และการใส่วัสดุปรับปรุงดินทั้งสองร่วมกัน แต่สูงกว่าการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน  
(2.87 ตันต่อไร่) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่อัตราการรอดตายให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับผลผลิตหัวมัน  
สำปะหลังสด การใส่มูลไก่เกลบยังมีอิทธิพลอย่างชัดเจนต่อการเพิ่มมวลชีวภาพเหนือดินของมันสำปะหลัง การ  
ใส่เพอไลต์ร่วมกับมูลไก่เกลบมีแนวโน้มทำให้ได้ผลผลิตแป้งสูงสุดเท่ากับ 919.1 กิโลกรัมต่อไร่ การฉีดพ่นปุ๋ย  
สังกะสีจำนวน 3 ครั้งมีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงที่สุดเท่ากับ 3.51 ตันต่อไร่ และมีผลให้ร้อยละ  
การสะสมแป้ง (26.9%) ผลผลิตแป้ง (955.8 กก./ไร่) และอัตราการรอดตาย (90%) สูงกว่าการไม่ฉีดพ่นปุ๋ย  
สังกะสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัสดุปรับปรุงดินและการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสี  
ทางใบส่งผลไม่ชัดเจน โดยการใส่มูลไก่เกลบร่วมกับฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ 3 ครั้งมีแนวโน้มให้ผลผลิต  
หัวมันสำปะหลังสด และผลผลิตแป้งสูงสุดเท่ากับ 3.88 ตันต่อไร่ และ 1,046.3 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ

การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ 1 เดือนหลังปลูกทำให้มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลัง  
เฉลี่ยสูงที่สุด (3.1 กรัมต่อกิโลกรัม) การใส่เพอไลต์ทำให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบเฉลี่ยสูงที่สุด (12.7  
กรัมต่อกิโลกรัม) และการใส่มูลไก่เกลบทำให้มีความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบเฉลี่ยสูงที่สุด (8.9 กรัมต่อ  
กิโลกรัม) การใส่มูลไก่เกลบร่วมกับเพอไลต์ช่วยเพิ่มฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่หลงเหลือในดิน ทั้งยังมี  
แนวโน้มทำให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลง และสภาพน้ำเร็วขึ้น

Nipat Thanimmarn 2011: Use of Perlite, Chicken Manure and Zn Foliar Application for Improving Yield of Cassava Grown on Yasothon Soil. Master of Science (Soil Science), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Somchai Anusontpornperm, Ph.D. 96 pages.

An experiment was carried out in the farmer field at Ban Kud Muang, Takhian sub district, Dan Khun Thot district, Nakhon Ratchasima province to study the effect of perlite, chicken manure and zinc foliar application on yield and concentration of nutrients in leaf of cassava grown on Yasothon soil (Typic Paleustult). Factorial in Randomized Complete Block design with four replications was employed. The first factor consisted of no soil amendment, application of 500 kg chicken manure per rai, 100 kg perlite per rai and 500 kg chicken manure + 100 kg perlite per rai. The second factor comprised no foliar application, ZnSO<sub>4</sub> foliar application at the rates of 3 kg rai<sup>-1</sup> applied at 1-month old (one time), and the same rate for each application at 1-, 2- and 3-month old (three times). All plots were added with 15-15-15 fertilizer at the rate of 100 kg rai<sup>-1</sup> (split into equal amount and applied twice at 1- and 3-month old). Soil samples were collected for examining the change of soil properties as affected by soil amendments. Cassava leaf was collected at 4-month old for nutrients concentration analysis and cassava yield and parameter involved were harvested and recorded at 10 months of age.

It was found that application of chicken manure gave the highest fresh tuber yield of 3.59 tonnes rai<sup>-1</sup>, which was statistically indifferent from additions of perlite, and perlite plus chicken manure but significantly greater than the treatment with no addition of soil amendment (2.87 tonnes rai<sup>-1</sup>). Plant survival rate had the same trend as of fresh tuber yield. In addition, chicken manure application also had clear effect on the increase of aboveground biomass. Use of perlite together with chicken manure tended to give the highest starch yield of 919.1 kg rai<sup>-1</sup>. Zinc foliar application (three times) was likely to offer the highest fresh tuber yield of 3.51 tonnes rai<sup>-1</sup> and it resulted in significantly higher starch percentage (26.9%), starch yield (955.8 kg rai<sup>-1</sup>) and survival rate (90%) than those without Zn application. However, the interaction between soil amendment and zinc on plant performance was barely clear. Addition of chicken manure with three times Zn foliar application tended to give the highest fresh tuber and starch yields of 3.88 tonne rai<sup>-1</sup> and 1,046.3 kg rai<sup>-1</sup>, respectively.

A single Zn foliar application at one month after planting induced the highest amount of P concentration (3.1 g kg<sup>-1</sup>) in cassava leaf. The use of perlite enhanced the highest concentration of K in cassava leaf with the value of 12.7 g kg<sup>-1</sup> and chicken manuring gave significantly higher concentration of Mg in cassava leaf (8.9 g kg<sup>-1</sup>). Applying chicken manure together with perlite increased available phosphorus content left in the soil and tended to lower soil bulk density and increase hydraulic conductivity.

---

Student's signature

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.อัญชลี สุทธิประการ และอาจารย์ ดร.ศุภิมา ฐนะจิตต์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้ความกรุณาในการให้คำปรึกษาชี้แนะ และช่วยเหลือทั้งในด้านการเรียนการทำงานตลอดจนในการเขียนและช่วยจัดเกล้าวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ รวมถึงขอขอบพระคุณทางคณาจารย์ของภาควิชาปรัชญาพิพิธวิทยาทุกท่าน

ขอขอบคุณ คุณสมพร เกษตรกรผู้เป็นเจ้าของพื้นที่แปลงทดลอง ต.กุดม่วง อ.คำชะโนด จ.นครราชสีมา ที่ให้พื้นที่ในการทดลอง และอำนวยความสะดวกในการทำงาน ขอขอบคุณพี่ปริษา เพชรประไพซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยและพัฒนามันสำปะหลัง ที่คอยดูแลแปลงมันสำปะหลัง และอำนวยความสะดวกในการทำงานเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ และเจ้าหน้าที่ในภาควิชาปรัชญาพิพิธวิทยาที่ให้การช่วยเหลือในการทำงานนี้ และคำแนะนำที่มีประโยชน์ มาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ พ่อ แม่ และญาติพี่น้องทุกคน ที่ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจที่สำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีกำลังใจมาจนถึงทุกวันนี้

นิภัทร์ ถนิมมลัย

มิถุนายน 2554

## สารบัญ

## หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	22
อุปกรณ์	22
วิธีการ	24
ผลและวิจารณ์	32
สรุปและข้อเสนอแนะ	58
สรุป	58
ข้อเสนอแนะ	59
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	60
ภาคผนวก	73
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	96

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังและผลผลิตหัวมันสดเป็นรายภาคของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2551/52- 2552/53	8
2	พื้นที่ปลูกและผลผลิตหัวมันสดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ปี พ.ศ. 2551/52	9
3	สมบัติทางฟิสิกส์ของเพอไลต์	13
4	องค์ประกอบทางเคมีโดยทั่วไปของไรโอไลต์ และเพอไลต์	13
5	ค่าวิเคราะห์สมบัติดินของดินก่อนปลูก	40
6	ค่าวิเคราะห์ทางเคมีของมูลไก่เกลบและเพอไลต์	42
<b>ตารางผนวกที่</b>		
1	สมบัติทางฟิสิกส์ของชุดดินยโสธรดินตัวแทนของแปลงทดลอง	77
2	สมบัติทางเคมีของชุดดินยโสธรดินตัวแทนของแปลงทดลอง	78
3	ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด จำนวนหัวมันสำปะหลังต่อต้น ร้อยละการสะสมแป้ง ผลผลิตแป้ง อัตราการรอดตาย และจำนวนต้นของมันสำปะหลัง	79
4	น้ำหนักต้นต่อไร่ น้ำหนักใบ และกิ่งก้านต่อไร่ น้ำหนักเหง้าต่อไร่ และน้ำหนักส่วนเหนือดินทั้งหมดต่อไร่ของมันสำปะหลัง	80
5	ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในใบมันสำปะหลังอายุ 4 เดือน	81
6	ความเข้มข้นของเหล็ก สังกะสี แมงกานีส และ ทองแดงในใบมันสำปะหลังอายุ 4 เดือน	82
7	ปริมาณไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนเก็บเกี่ยว	83
8	ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่สกัดได้ในดินก่อนเก็บเกี่ยว	84

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
9	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และพีเอชของดินก่อนเก็บเกี่ยว	85
10	ความหนาแน่นรวมของดิน และสภาพน้ำของดินขณะอิมตัวของดินก่อนเก็บเกี่ยว	86
11	เกณฑ์ประเมินระดับของธาตุอาหารไนโตรเจนสำหรับปาล์ม	87
12	ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัดนครราชสีมา ปี 2010-2011	88
13	การแบ่งกลุ่มของเนื้อดิน	89
14	เกณฑ์การแบ่งระดับความหนาแน่นรวมของดิน	90
15	ระดับชั้นของค่าสภาพน้ำดินขณะอิมตัว	90
16	ข้อกำหนดที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมี และการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน	91
17	วิธีคาดคะเนระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยการประเมินจากผลการวิเคราะห์ดิน	95

## สารบัญญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะของลำต้นที่ใช้เป็นท่อนพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80	22
2	รถแทรกเตอร์ที่ติดตั้งผากระเปิดดินดาน (ripper) ผา 3 (ก) และ ผา 7 (ข)	23
3	ภาพเครื่องชั่งสำหรับวัดปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังสด (เปอร์เซ็นต์แป้ง)	30
4	ลักษณะของหน้าตัดดินของดินตัวแทนที่ใช้ในการศึกษา	33
5	การกระจายขนาดอนุภาคดินตามความลึก	34
6	ความหนาแน่นรวม (ก) และสภาพน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (ข)	35
7	ค่าพีเอชของดินที่วัดในน้ำ และในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1 โมลาร์	35
8	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (ก) ไนโตรเจนรวม (ข) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ค) และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ง) ของดิน	37
9	ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ของดิน	38
10	สภาพกรดที่สกัดได้ (ก) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (ข) และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (ค) ของดิน	39
11	ผลผลิตน้ำหนักหัวมันสำปะหลังสดที่ตอบสนองต่อวัสดุปรับปรุงดิน (ก) การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ข) และวัสดุปรับปรุงดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ค)	43
12	จำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ยต่อต้นที่ตอบสนองต่อวัสดุปรับปรุงดิน (ก) การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ข) และวัสดุปรับปรุงดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ค)	44
13	ร้อยละการสะสมแป้งของมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อวัสดุปรับปรุงดิน (ก) การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ข) และวัสดุปรับปรุงดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ค)	45
14	ผลผลิตแป้งของมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อตอบสนองต่อวัสดุปรับปรุงดิน (ก) การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ข) และวัสดุปรับปรุงดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ค)	46

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
15	อัตราการผลิตของน้ำมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อวัสดุปรับปรุงดิน (ก) การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ข) และวัสดุปรับปรุงดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ค)	47
16	จำนวนต้น (ท่อนพันธุ์) ของน้ำมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อตอบสนองต่อวัสดุปรับปรุงดิน (ก) การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ข) และวัสดุปรับปรุงดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ค)	48
17	น้ำหนักต้นของน้ำมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อวัสดุปรับปรุงดิน (ก) การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ข) และวัสดุปรับปรุงดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ค)	49
18	น้ำหนักใบและกิ่งก้านของน้ำมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อวัสดุปรับปรุงดิน (ก) การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ข) และวัสดุปรับปรุงดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ค)	51
19	น้ำหนักเหง้าของน้ำมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อวัสดุปรับปรุงดิน (ก) การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ข) และวัสดุปรับปรุงดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ค)	52
20	น้ำหนักส่วนเหนือดินของน้ำมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อวัสดุปรับปรุงดิน (ก) การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ข) และวัสดุปรับปรุงดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ค)	53
21	ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส (ก) ในใบน้ำมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อปุ๋ยสังกะสีทางใบ ความเข้มข้นของโพแทสเซียม (ข) และของแมกนีเซียม (ค) ในใบน้ำมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อวัสดุปรับปรุงดิน	55
22	ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมด (ก) ฟอสฟอรัส (ข) และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ค) และพีเอชดิน (ง) ในดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร และ 20-40 เซนติเมตร	56
23	ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุ (ก) ความหนาแน่นรวมของดิน (ข) และสภาพน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (ค)	57

## การใช้เพอไลต์ มูลไก่แกลบ และปุ๋ยสังกะสีที่ให้ทางใบเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง ที่ปลูกในดินยโสธร

### Use of Perlite, Chicken Manure and Zn Foliar Application for Improving Yield of Cassava Grown on Yasothon Soil

#### คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจหนึ่งที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งสามารถส่งออกและนำรายได้เข้าประเทศปีละประมาณ 30,000 ล้านบาท (ตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทย, 2550) พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกง่าย ทนทาน ต่อสภาพแห้งแล้ง มีแมลงและโรคระบาดน้อย ลักษณะดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่เป็นดิน ร่วนปนทราย ดินเนื้อหยาบ หรือดินทรายจัดที่ปลูกพืชชนิดอื่นไม่ได้ (ปิยะ, 2546) จังหวัด นครราชสีมามีการผลิตมันสำปะหลังสดมากที่สุดในประเทศ สมาคมการค้ามันสำปะหลังไทย (2553) คาดการณ์ว่าในฤดูกาลผลิตปี 2552/2553 จะมีพื้นที่เก็บเกี่ยวทั่วประเทศรวมทั้งสิ้นประมาณ 7.781 ล้านไร่ และผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ประมาณ 3.567 ตัน โดยจะได้ผลผลิตรวมประมาณ 27.759 ล้านตัน ซึ่งลดลงจากปีก่อนหน้าทั้งผลผลิตเฉลี่ยและผลผลิตรวม

ปัญหาผลผลิตมันสำปะหลังตกต่ำเนื่องจากเกษตรกรปลูกมันสำปะหลังซ้ำที่เดิมและปลูกติดต่อกันหลายปี โดยใส่ปุ๋ยที่มีเฉพาะธาตุอาหารหลัก และขาดการปรับปรุงบำรุงดิน จึงมีผลทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังลดลง (สุวพันธ์, 2542; Sittibusaya *et al.*, 1987) และในหลาย ๆ พื้นที่เกิดการขาดธาตุสังกะสี (ชุมพล และคณะ, 2540) โดยเฉพาะการใส่ปุ๋ยพวกทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต ซึ่งแคลเซียมจากปุ๋ยจะดูดซับสังกะสีไว้ทำให้สังกะสีไม่สามารถเคลื่อนย้ายเข้าสู่รากพืชได้ จึงมีผลทำให้พืชแสดงลักษณะการขาดสังกะสี (Loneragan *et al.*, 1979; Alvarez *et al.*, 2003) ทำให้พืชไม่มีความต้านทานต่อความเครียดที่เกิดจากสภาพแวดล้อม เกิดปัญหาโรกรากเน่า ทำให้คุณภาพและผลผลิตลดลง (Cakmak, 2005) ทั้งนี้ยังรวมไปถึงปัญหาการกร่อนดิน และการเกิดชั้นดานไถพรวน (เอกราช, 2552; อรพิน, 2553; Anusontpomporn *et al.*, 2005) วิจารณ์ (2550) แนะนำให้มีการปรับปรุงโครงสร้างและบำรุงดินที่ปลูกมันสำปะหลังโดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น มูลไก่ ขณะที่มีการศึกษาการใช้ปุ๋ยดังกล่าวเช่นเดียวกับการใช้วัสดุปรับปรุงดินชนิดอื่น (สุรนัย และคณะ, 2543;

จำลอง และคณะ, 2548; ประภาส และคณะ, 2550; สัมฤทธิ์, 2553; Clark and Humphreys, 1996; Moffat and Boswell, 1996; Bateman and Chanasyk, 2001) แต่ผลผลิตที่ได้รับมีความแตกต่างกันมาก สำหรับแร่เพอไลต์ยังไม่พบว่ามีการศึกษาในมันสำปะหลัง ดังนั้น การศึกษานี้จึงน่าจะเกิดประโยชน์ต่อการเพิ่มแนวทางในการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังในดินยโสธรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการใส่มูลไก่เกลบและเพอไลต์ร่วมกับการให้น้ำปุ๋ยสังกะสีทางใบต่อการให้ผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในดินยโสธร และความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบ
2. เพื่อศึกษาผลของมูลไก่เกลบและเพอไลต์ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดิน



## การตรวจเอกสาร

### 1. มันสำปะหลัง

#### 1.1 ประวัติ

มันสำปะหลังจัดเป็นพืชหัวชนิดหนึ่ง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Manihot esculenta* (L.) Crantz. จัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae มีชื่อสามัญเรียกหลายชื่อตามภาษาต่าง ๆ ที่ได้ยินกันมาก ได้แก่ Cassava, Yuca, Mandioca, Manioc, Tapioca มันสำปะหลังมีแหล่งกำเนิดแถบที่ลุ่มเขตร้อน (lowland tropics) มีหลักฐานแสดงว่าปลูกกันในโคลัมเบีย และเวเนซุเอลามานานกว่า 3,000-7,000 ปีมาแล้ว โดยแหล่งกำเนิดมันสำปะหลังมี 4 แห่งด้วยกันคือ 1) แถบประเทศกัวเตมาลา และเม็กซิโก 2) ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของทวีปอเมริกาใต้ 3) ทางทิศตะวันออกของประเทศโบลิเวียและทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศอาร์เจนตินา และ 4) ทางทิศตะวันออกของประเทศบราซิล

มันสำปะหลังมีการแพร่กระจายในสมัยที่มีการล่าอาณานิคมในคริสต์ศตวรรษที่ 15 โดยพวกนักค้าทาสได้นำมันสำปะหลังจากบราซิลไปปลูกในทวีปแอฟริกา และต่อมา พ.ศ. 2282 ชาวโปรตุเกสได้นำมันสำปะหลังไปปลูกที่เกาะริยูเนียน (Reunion) และแพร่กระจายไปยังมาดากัสการ์มีการนำมันสำปะหลังมาปลูกครั้งแรกในทวีปเอเชียที่ประเทศฟิลิปปินส์ในคริสต์ศตวรรษที่ 17 โดยชาวสเปนได้นำมาจากเม็กซิโก และในเวลาต่อมาก็มีการนำไปปลูกที่อินโดนีเซีย นอกจากนี้มีหลักฐานว่า เมื่อ พ.ศ. 2337 ได้มีการนำมันสำปะหลังจากแอฟริกามาใช้ในการทดลองที่ประเทศอินเดีย

สำหรับประเทศไทยยังไม่มีหลักฐานที่แน่นอนว่ามีการนำมันสำปะหลังเข้ามาปลูกเมื่อใด คาดว่าคงจะเข้ามาในระยะเดียวกันกับการเข้าสู่ศรีลังกา และฟิลิปปินส์ คือ ประมาณ พ.ศ. 2329-2383 มันสำปะหลัง เดิมเรียกกันว่า มันสำโรง มันไม้ ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือเรียกว่า มันต้นเตี้ย ทางภาคใต้เรียกมันเทศ (แต่เรียกมันเทศว่ามันหลา) คำว่า สำปะหลังที่คนส่วนใหญ่นิยมเรียก อาจมาจากคำว่า "สัมเปอ (Sampou)" ของชาวตะวันตก (จรุงสิทธิ์, 2547)

มันสำปะหลังของประเทศไทยมีการปลูกมันสำปะหลังเป็นการค้าเพื่อใช้ทำแป้งและสาकुในภาคใต้ โดยปลูกระหว่างแถวของคันยางพารากันมากกว่า 70 ปีแล้ว โดยเฉพาะที่จังหวัดสงขลามีอุตสาหกรรมทำแป้งและสาकुจำหน่ายไปยังปิ่นังและสิงคโปร์ แต่การปลูกมันสำปะหลังทางภาคใต้ค่อย ๆ ลดลงเมื่อมีการขยายการปลูกยางพารา ต่อมาได้มีการปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออก คือจังหวัดชลบุรี ระยองและจังหวัดใกล้เคียง และเมื่อความต้องการของตลาดในด้านผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเพื่อใช้ในการเลี้ยงสัตว์และอุตสาหกรรมมีเพิ่มมากขึ้นทำให้พื้นที่ในภาคตะวันออกผลิตได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงมีการขยายพื้นที่ปลูกไปยังจังหวัดอื่น โดยเฉพาะทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือจนในปัจจุบันภาคตะวันออกเฉียงเหนือพื้นที่ปลูกมากที่สุดของประเทศไทย (วิลาวัลย์, 2540)

## 1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

เป็นพืชที่ปลูกได้ดีในเขตร้อน ตั้งแต่เส้นรุ้งที่ 30 องศาใต้ถึงเส้นรุ้งที่ 30 องศาเหนือ (Cock and Rosas, 1975; Cock, 1983) สามารถเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่มีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส ที่ความสูงจากระดับทะเลปานกลางไม่เกิน 2,000 เมตร (6,500 ฟุต) โดยทั่วไปพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีมากกว่า 1,000 มิลลิเมตร (Cock, 1985) พืชนี้สามารถปรับตัวได้ดีในเขตที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1,000-3,000 มิลลิเมตรต่อปี แต่มันสำปะหลังไม่ทนต่อสภาพน้ำขัง เพราะจะทำให้หัวเน่าและตายได้ (ชาญ และ โชติ, 2537) เป็นพืชทนแล้งได้ดี อีกทั้งยังเป็นไม้พุ่มยืนต้นมีอายุอยู่ได้หลายปี เมื่ออายุมากจะมีขนาดเท่าต้นไม้ใหญ่ขนาดเล็ก แต่การเพาะปลูกเกษตรกรจะเป็นการปลูกแบบพืชล้มลุก โดยมีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 8-12 เดือน อย่างไรก็ตามในสภาวะที่ราคาไม่ดีเกษตรกรอาจจะเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่อายุมากกว่าหนึ่งปีก็ได้

พันธุ์มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์จะมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ที่แตกต่างกันออกไป เช่นรูปทรงของต้น การแตกกิ่ง สีของลำต้น และก้านใบ ลักษณะและรูปร่างของใบ และสีของหัว ซึ่งลักษณะต่าง ๆ เหล่านี้เป็นลักษณะประจำพันธุ์ จึงสามารถใช้เพื่อจำแนกพันธุ์ต่าง ๆ ออกจากกันโดยไม่ต้องใช้เครื่องมือที่ซับซ้อน (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2537) ดังนี้

### 1) ลำต้น

มันสำปะหลังเป็นไม้พุ่ม ลักษณะลำต้นแตกต่างกันออกไปตามพันธุ์ บางพันธุ์ลำต้นเป็นต้นเดี่ยวไม่มีการแตกกิ่ง บางพันธุ์แตกกิ่งมากและแตกหลายระดับจนเป็นพุ่มเตี้ย ความสูงของลำต้นจะสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับการแตกกิ่ง โดยพันธุ์ที่มีการแตกกิ่งมากจะเตี้ย ส่วนพันธุ์ที่มีการแตกกิ่งน้อยจะสูง ตัวอย่างเช่น พันธุ์ระยอง 3 และแตกกิ่งมากจึงมีลำต้นเตี้ย แต่พันธุ์ระยอง 1 แตกกิ่งน้อยลำต้นจะสูง ลำต้นจะมีสีแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ เช่น สีเหลือง สีเงิน และสีน้ำตาล

### 2) ใบ

ใบของมันสำปะหลังจะเป็นแบบใบเดี่ยว แผ่นใบจะเว้าเป็นแฉก ๆ มีรูปร่างและจำนวนแฉกแตกต่างกันไปตามพันธุ์ โดยปกติใบหนึ่ง ๆ จะประกอบด้วย 3-9 แฉก และลักษณะรูปทรงของแฉกจะแตกต่างกันไป เช่น เรียวยาว ป้อมสั้น หรือป้อมบางส่วน ซึ่งเป็นลักษณะประจำที่ค่อนข้างจะคงที่ของแต่ละพันธุ์ บริเวณยอดจะมีใบอ่อนที่ยังไม่คลี่หุ้มอยู่ ใบอ่อนจะมีสีแตกต่างกันไปตามพันธุ์ เช่น ม่วงอ่อน เขียวอ่อน เขียวเข้ม เป็นต้น

สีของก้านใบก็เช่นเดียวกัน เช่น พันธุ์ระยอง 1 ก้านใบมีสีแดงเข้มทั้งก้าน พันธุ์ระยอง 1 ก้านใบมีสีเขียวปนม่วง ซึ่งสีของก้านใบนี้จะช่วยในการจำแนกพันธุ์ทั้งสองได้

### 3) รากและหัว

เมื่อตัดส่วนของลำต้นไปปลูกจะมีรากแตกออกมาจากส่วนปลายของรอยตัด ระบบรากที่เกิดขึ้นเป็นระบบรากฝอย รากต่างๆ เหล่านี้จะชอนไชลงไปในดินลึกประมาณ 30-50 เซนติเมตร รากจะดูดน้ำและอาหารเลี้ยงลำต้น เมื่ออายุได้ 2 เดือนจะมีการลำเลียงแป้งมาสะสมไว้ตามรากบางราก รากที่สะสมแป้งนี้จะค่อย ๆ โตขึ้นตามอายุ และเฉพาะรากที่สะสมแป้งเท่านั้นจึงจะโตเป็นหัว

ปกติมันสำปะหลังต้นหนึ่งจะเกิดหัวไม่มากกว่า 10 หัว รากที่ไม่ได้สะสมแป้งก็เป็นรากธรรมดา ส่วนของหัวมันจะเป็นที่สะสมแป้งเท่านั้นไม่มีตา แต่ละพันธุ์จะมีรูปร่างของหัวที่

แตกต่างกันออกไป เช่น บางพันธุ์หัวยาว บางหัวสั้น สีของหัวก็แตกต่างกัน เช่น สีขาว น้ำตาล พันธุ์ระยอง 1 จะมีเปลือกสีขาว ส่วนพันธุ์ระยอง 72 จะมีเปลือกสีน้ำตาล พันธุ์การค้าของไทยส่วนใหญ่มีสีน้ำตาลอ่อนหรือสีครีม ยกเว้นพันธุ์ระยอง 90 มีสีน้ำตาลเข้ม

ส่วนของเนื้อหัวประกอบไปด้วยแป้งร้อยละ 20-40 ที่เหลือคือน้ำ หัวหนึ่ง ๆ อาจมีน้ำหนักมากกว่า 10 กิโลกรัมก็ได้ ขึ้นอยู่กับพันธุ์ อายุ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน สภาพอากาศ และระยะปลูก

#### 4) ดอก ผล และเมล็ด

ดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกกันอยู่แต่ละดอกบนช่อเดียวกัน ดอกตัวผู้มีขนาดเล็กกว่าอยู่ตรงส่วนปลายของช่อ ส่วนดอกตัวเมียขนาดใหญ่กว่าอยู่ส่วน โคนของช่อดอก

ดอกตัวเมียพร้อมผสมและบานก่อนดอกตัวผู้ประมาณ 7-10 วัน จึงเป็นการผสมข้ามต้น หลังจากดอกตัวเมียได้รับการผสมจากละอองเกสรตัวผู้แล้ว รังไข่จะเจริญเติบโตเป็นผล ผลโตเต็มที่จะมีขนาดประมาณ 1.5 เซนติเมตร ภายในผลจะประกอบด้วยเมล็ดจำนวน 3 เมล็ด ผลจะแก่หลังผสมแล้ว 90 วัน เมื่อผลแก่เปลือกจะแยกออกแล้วแตกติดเมล็ดกระจายไป

การปลูกมันสำปะหลังเป็นการค้าไม่นิยมปลูกด้วยเมล็ด เพราะแต่ละเมล็ดมีความแตกต่างกันทางด้านพันธุกรรม จึงไม่มีความสม่ำเสมอ ผิดกับการปลูกด้วยท่อนพันธุ์ซึ่งมีพันธุกรรมเหมือนกันหมด จึงมีความสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามการปลูกด้วยเมล็ดจะทำเฉพาะเพื่อสร้างพันธุ์ใหม่หรือปรับปรุงพันธุ์เท่านั้น (เจริญศักดิ์, 2546)

#### 1.3 พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย

พื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย พบว่า สามารถปลูกได้ทั่วทั้งประเทศ ในปี 2551/52 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 8,009,425 ไร่ ผลผลิตหัวมันสดเฉลี่ยประมาณ 29,151,821 ตัน (ประมาณ 3.64 ตันต่อไร่) (ตารางที่ 1) (มูลนิธิพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2552)

ตารางที่ 1 พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังและผลผลิตหัวมันสดเป็นรายภาคของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2551/52- 2552/53

ภาค	พื้นที่ปลูก (ไร่)		ผลผลิตหัวมันสด			
			ผลผลิตรวม (ตัน)		ผลผลิตเฉลี่ย (ตัน/ไร่)	
	2551/2552	2552/2553	2551/2552	2552/2553	2551/2552	2552/2553
เหนือ	1,407,607	1,380,238	5,286,579	5,281,006	3.76	3.83
ตะวันออกเฉียงเหนือ	4,360,695	4,063,599	15,570,655	14,200,385	3.57	3.49
ตะวันออก	1,728,938	1,602,518	6,348,634	5,771,335	3.67	3.60
กลางและตะวันตก	794,406	734,997	2,881,757	2,506,388	3.63	3.41
รวม	8,292,146	7,781,352	30,088,025	27,759,114	3.63	3.57

ที่มา: มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย (2552ก)

แหล่งปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะอยู่บริเวณตอนล่างของภาค ครอบคลุมพื้นที่ 10 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ มหาสารคาม สุรินทร์ อุบลราชธานี ศรีสะเกษ ขอนแก่น ร้อยเอ็ด และกาฬสินธุ์ โดยมีพื้นที่ปลูกคิดเป็นร้อยละ 45 ของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั้งประเทศ (ตารางที่ 2)

#### 1.4 ฤดูกาลการปลูกมันสำปะหลัง

มันสำปะหลัง ควรปลูกในช่วงปลายฤดูฝน (กันยายน-ตุลาคม) หรือฤดูแล้ง (พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) เนื่องจากมันสำปะหลังจะสร้างหัวมันสดมากในระยะกลางและปลายของการเจริญเติบโต จึงควรกำหนดวันปลูกในช่วงปลายฤดูฝนหรือฤดูร้อนเพื่อให้ระยะกลางและปลายของการเจริญเติบโตอยู่ในช่วงฤดูฝน มีการศึกษาความผันแปรความชื้นในดินบริเวณรากมันสำปะหลัง โดยใช้เครื่องวัดความชื้นในดินแบบ Time Domain Reflectometry (TDR) พบว่า ความผันแปรของความชื้นในดินรายเดือนตามช่วงฤดูกาลเพาะปลูกโดยพิจารณาที่ระดับความลึก 0-60 เซนติเมตร พบว่า ช่วงเก็บเกี่ยวมีปริมาณความชื้นในดินต่ำสุด และสูงสุดในช่วงระยะตั้งตัวและเริ่มลงหัว สำหรับการปลูกมันสำปะหลังในช่วงกลางฤดูฝน (มิถุนายน-สิงหาคม) ให้ผลผลิตต่ำ

ตารางที่ 2 พื้นที่ปลูกและผลผลิตหัวมันสดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ปี พ.ศ. 2551/52

จังหวัด	ปี 2551/52		
	พื้นที่ปลูก (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิต (ตัน/ไร่)
นครราชสีมา	1,985,313	7,075,656	3.56
ชัยภูมิ	410,058	1,445,864	3.52
บุรีรัมย์	232,107	850,208	3.66
มหาสารคาม	121,712	408,465	3.36
สุรินทร์	51,500	185,505	3.60
อุบลราชธานี	140,069	508,589	3.63
ศรีสะเกษ	77,599	301,627	3.89
ขอนแก่น	242,069	836,106	3.45
ร้อยเอ็ด	103,230	350,156	3.39
กาฬสินธุ์	302,165	1,139,466	3.77

ที่มา: มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย (2552ข)

เนื่องจากอัตราการงอกของท่อนพันธุ์ต่ำและได้รับผลกระทบจากปัญหาวัชพืชมาก (CIAT, 1996) ซึ่งร้อยละความงอกของท่อนพันธุ์จะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของท่อนพันธุ์ (volume density) ท่อนพันธุ์ที่มีความหนาแน่นสูง จะมีอัตราการงอกสูงด้วย โดยพบว่าท่อนพันธุ์ที่ตัดในช่วงกลางฤดูฝนจะมีคุณภาพต่ำกว่าการตัดท่อนพันธุ์ในช่วงฤดูแล้งและปลายฤดูฝน (Oka *et al.*, 1987)

### 1.5 ปัญหาของการผลิตมันสำปะหลัง

โดยทั่วไปแล้วมันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถปลูกและขึ้นได้ดีในดินแทบทุกชนิดและในทุกภาคของประเทศ ตั้งแต่เนื้อดินหยาบจนถึงที่มีเนื้อเป็นดินเหนียว ที่มีค่าพีเอชตั้งแต่เป็นกรดรุนแรงมากถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 4.5-8.0) และในดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำจนถึงสูง แต่ดินที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลังนั้น ควรมีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 5.0-7.0 ดินมีความลึกตั้งแต่ 50 เซนติเมตรขึ้นไป โดยส่วนใหญ่มีเนื้อค่อนข้างหยาบตั้งแต่ดินร่วนปนทรายจนถึงดินร่วนเหนียวปน

ทราย เพราะสามารถระบายน้ำได้ดี (กรมวิชาการเกษตร, 2547) แต่เนื่องจากดินที่พบในแหล่งปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ดินร่วนเหนียวปนทราย เป็นกรด มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำ มีปริมาณธาตุอาหารในดินต่ำถึงต่ำมาก จึงมีผลให้ดินอุ้มน้ำได้น้อย (ชาญและโชติ, 2537; ปิยะ และคณะ, 2542; Onwueme, 2002)

ดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่ำ (Anusontpornperm *et al.*, 2005) และจากการศึกษาปริมาณการสูญเสียดินในแปลงมันสำปะหลังเปรียบเทียบกับข้าวโพดและอ้อยที่ปลูกในดินเนื้อหยาบ พบว่า การปลูกมันสำปะหลังประสบปัญหาการกร่อนของดินรุนแรงกว่าการปลูกพืชอื่น (Anusontpornperm *et al.*, 1996) นอกจากนี้ การปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันเป็นเวลานาน โดยขาดการจัดการดินที่เหมาะสมมีผลทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์จึงทำให้ผลผลิตของมันสำปะหลังลดลง (Howeler, 1995; Wargiono *et al.*, 1992)

Rojanaridpiced *et al.* (2002) รายงานว่า พื้นที่การเพาะปลูกมันสำปะหลังในระหว่างปี 2537-2544 มีการเพิ่มขึ้นถึง 431,987 ไร่ โดยศักยภาพของพื้นที่มันสำปะหลังในปัจจุบันนั้นสามารถให้ผลผลิตสูงถึง 5-10 ตันต่อไร่ ถ้ามีการดูแลและจัดการดี สาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตต่ำคือคุณภาพดินที่ปลูกมันสำปะหลัง ดินบางชนิดอาจจะไม่มีปัญหาทางด้านอินทรีย์วัตถุ หรือปริมาณธาตุอาหารพืชในดินมากนัก แต่อาจมีปัญหาทางด้านเนื้อดินที่ไม่จับตัวกันเป็นก้อน ไม่อุ้มน้ำเกิดการกร่อนดิน หรือผิวหน้าดินเกิดการแข็งตัวแน่นทึบ ฉะนั้นการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวไม่สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้จำเป็นต้องมีการใช้สารปรับปรุงดินร่วมด้วย

อย่างไรก็ตามสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พื้นที่เพาะปลูกลดลง ก็เนื่องจากเกษตรกรหันไปปลูกพืชชนิดอื่น ซึ่งให้ผลตอบแทนที่ดีกว่า ประกอบกับยังคงมีพื้นที่ว่างเปล่าในหลายจังหวัด (มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2552ข)

## 2. วัสดุปรับปรุงดิน (Soil amendment)

วัสดุปรับปรุงดินหมายถึง วัสดุที่ใส่ลงไปในดิน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสมบัติดิน ให้มีความเหมาะสมในการเพาะปลูกพืช เช่น ปูน ยิปซัม ผงกำมะถัน จี๋เลื้อย ปุ๋ยคอก เศษซากพืช หรือวัสดุสังเคราะห์ปรับสภาพดิน แต่มีได้ใช้เพื่อแทนปุ๋ยหรือเป็นปุ๋ย ถึงแม้ว่าบางชนิดจะมีธาตุอาหารพืชก็ตาม (คณะกรรมการจัดทำหนังสือพจนานุกรมปฐพีวิทยา, 2551)

วัสดุปรับปรุงดินมีหลายชนิดสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท (ทัศนีย์, 2537; ปิยะ, 2552) ดังนี้

### 2.1 วัสดุปรับปรุงสภาพทางเคมี

สภาพทางเคมีของดิน ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง และความเค็ม เป็นต้น ซึ่งถ้าอยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะสม พืชก็ไม่สามารถเจริญเติบโตเป็นปกติได้ หรือเจริญเติบโตไม่ถึงศักยภาพที่ควรจะเป็น เช่น ในกรณีของดินกรด พืชมักมีปัญหา คือ ได้รับพิษจาก อะลูมิเนียม หรือ เหล็ก แมงกานีส ขาดแคลนธาตุอาหารที่จำเป็น คือ ฟอสฟอรัส แคลเซียมและโมลิบดีนัม

### 2.2 วัสดุปรับปรุงสภาพทางฟิสิกส์

สภาพทางฟิสิกส์ของดิน ได้แก่ คุณสมบัติด้านความโปร่ง ความร่วนซุย หรือความแน่น ทึบมีผลโดยตรงต่อการถ่ายเทอากาศและการอุ้มน้ำของดิน ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ควรมีช่องว่างขนาดใหญ่เพื่อการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศไม่น้อยกว่าร้อยละ 10-15 โดยปริมาตร ดินประเภทนี้ จะมีค่าความหนาแน่นรวมต่ำกว่าดินที่อัดตัวกันแน่น เมื่อดินเกิดลักษณะแน่นทึบจึงควรได้รับอินทรีย์วัตถุ เพราะอินทรีย์วัตถุจะช่วยเชื่อมให้อนุภาคดินเกาะกันเป็นเม็ดดิน (aggregate) การเกิดเม็ดดินขนาดเล็ก ทำให้มีช่องว่างขนาดใหญ่ที่จะทำให้อากาศแทรกซึมเข้าไปในดินและให้น้ำส่วนเกินระบายออกจากดินมีมากขึ้น ดังนั้นในดินทรายหรือดินทรายแป้งอินทรีย์วัตถุจึงมีอิทธิพลต่อความคงทนของก้อนดินเป็นอย่างมาก

## 2.3 วัสดุปรับปรุงดินในการรักษาความชื้น

ความจุในการอุ้มน้ำของดินตามธรรมชาติขึ้นกับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ประเภทเนื้อดินและสมบัติการเคลื่อนที่ของน้ำในดินแต่ละชนิด สำหรับดินส่วนใหญ่ที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่าและมีเนื้อละเอียดกว่าจะอุ้มน้ำได้ดีกว่าดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำกว่าและมีเนื้อหยาบกว่า ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเป็นปัญหาที่พบทั่วไปในดินเนื้อหยาบ เช่น ดินทราย เป็นต้น

## 3. เพอไลต์ (perlite)

### 3.1 ความหมายของหินเพอไลต์

คำจำกัดความ หินเพอไลต์ (perlite) ตามหนังสือ Glossary of Geology of the American Geological Institute หมายถึง หินภูเขาไฟเนื้อแก้วที่มีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับหินไรโอไลต์ มีรอยแตกเป็นวงคล้ายกลีบหัวหอม (onionlike structure) (นิคม, 2538)

### 3.2 คุณสมบัติของหินเพอไลต์

หินเพอไลต์ มีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ เนื้อเป็นแก้ว ซึ่งเกิดจากการเย็นตัวอย่างรวดเร็วจากหินหลอมละลาย (ลาวา) ภายหลังการเย็นตัวเป็นแก้ว น้ำจากภายนอกถูกรวมเข้าไปภายในเนื้อหิน เนื้อแก้วจึงเกิดการขยายตัวและแตกตัวเป็นวงซ้อนกันคล้ายกลีบหัวหอม พร้อมกับมีลักษณะการสะท้อนแสงคล้ายไข่มุกซึ่งเป็นคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของหินเพอไลต์ (ตารางที่ 3) หินเพอไลต์มีส่วนประกอบออกไซด์ของธาตุซิลิกอนค่อนข้างสูง (ตารางที่ 4) ประมาณร้อยละ 70 หรือมากกว่า มีน้ำเป็นส่วนประกอบประมาณร้อยละ 2 ถึง 5 โดยน้ำหนัก จัดอยู่ในจำพวกสารเนื้อต่อปฏิกิริยาทางเคมี (Chesterman, 1975)

### ตารางที่ 3 สมบัติทางฟิสิกส์ของเพอไลต์

สมบัติ	พิสัย
ความแข็งตามมาตรฐานของโมห์ (Moh's scale)	2.3-2.8
ความถ่วงจำเพาะ (กรัมต่อมิลลิลิตร)	5.5-7.0
จุดหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)	41-71
ครรชนหักเหแสง	1.490-1.610

ที่มา: Chesterman (1975)

### ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีโดยทั่วไปของไรโอไลต์ และเพอไลต์

องค์ประกอบ	ไรโอไลต์ (%)	เพอไลต์ (%)
SiO <sub>2</sub>	71.33	72.58
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.77	12.57
K <sub>2</sub> O	4.57	5.68
Na <sub>2</sub> O	3.58	1.49
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.82	0.83
CaO	0.80	0.88
TiO <sub>2</sub>	0.42	0.25
MnO	0.10	0.04
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.07	0.05
H <sub>2</sub> O	0.16	4.35

ที่มา: นิคม (2538)

### 3.3 การใช้ประโยชน์หินเพอไลต์

ประโยชน์ทางการเกษตรของหินเพอไลต์ คือ ใช้ในการรักษาและปรับสภาพของดิน โดยการใส่เพอไลต์ผสมลงไปดิน เนื่องจากเพอไลต์มีคุณสมบัติเป็นสารดูดซึมที่ดี และมีความพรุนในตัวสูง จึงช่วยปรับสภาพดินให้ร่วนซุย และยังสามารถช่วยรักษาสมดุลระหว่างปริมาณของน้ำและอากาศในดินได้ด้วย (นิคม, 2538)

ผลการวิจัยของ Akcay and Kylync (1999) พบว่า ในการใช้เพอไลต์เพื่อเป็นสารปรับปรุงการดูดซับในธรรมชาติ เพื่อประยุกต์ในทางสิ่งแวดล้อมนั้น เพอไลต์ซึ่งมีซิลิกา ( $\text{SiO}_2$ ) เป็นองค์ประกอบอยู่ร้อยละ 70-75 จะสามารถเปลี่ยนไปเป็นซิลิเกตในรูปสารละลาย (soluble silicates) ด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งจะอยู่ในสภาพที่เป็นกรด และมีการก่อตัวเป็นไฮโดรเจล (hydrogels) พร้อมกับกลายเป็นเซอร์โรเจล (xerogels) ในสภาพแห้ง มีตัวบ่งชี้หลายตัวที่บอกได้ว่าเป็นเพอไลต์มาตรฐานในรูปของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้แก่ ขนาดอนุภาค (particle size) พื้นที่ผิวจำเพาะ (specific surface area) ขนาด และปริมาตรของช่องว่าง (pore size and volume) และความหนาแน่นของผิวหน้าของหมู่ไฮดรอกซิล (surface hydroxyl group density) เพอไลต์มาตรฐานนี้ ในน้ำหนักที่ 20 % (w/w) จะใช้ได้ผลในการเป็นเฟสของแข็งในคอลัมน์ของวิธีโครมาโตกราฟี ยิ่งไปกว่านั้น ยังใช้เป็นตัวดูดซับยูเรเนียมกับเหล็กในรูปไอออน ( $\text{UO}_2^{2+}$  และ  $\text{Fe}^{3+}$ ) จากสารละลายโดยการดัดแปลงเพอไลต์

การใส่เพอไลต์ที่มีขนาดอนุภาคที่สม่ำเสมอเท่า ๆ ขนาดประมาณ 1-2 มิลลิเมตร จะช่วยทำให้ความโปร่งและความร่วนซุยของดินดีขึ้นและมีความสม่ำเสมอ ทั้งยังทำหน้าที่เสมือนตัวกรองสารต่าง ๆ ทางธรรมชาติ สามารถช่วยพยุงโครงสร้างดินไม่ให้ยุบตัวเนื่องจากการกดทับได้ดี มีสภาพเป็นฉนวนกันความร้อนทางธรรมชาติ เป็นการผ่อนคลายความร้อนที่สะสมตลอดวันให้แก่ต้นพืชและรากพืชที่อยู่ใต้ดิน เพอไลต์เกิดการขยายตัว สามารถใช้สมบัตินี้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ใช้ประโยชน์ได้มากมาย โดยเพอไลต์ที่หนัก 2 ปอนด์ต่อปริมาณ 1 ลูกบาศก์ฟุต (32 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ถึง 15 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต (240 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) สามารถนำมาใช้ในการกรอง ในการประยุกต์ทางพืชสวน เป็นฉนวนกันไฟหรือกันความร้อน เป็นตัวนำเกลือ และเป็นส่วนประกอบต่าง ๆ เป็นต้น (World Trade Organization, 2003)

#### 4. ปุ๋ยมูลไก่

มูลไก่เป็นปุ๋ยคอกชนิดหนึ่งที่มีปริมาณธาตุอาหารหลักที่เป็นประโยชน์ต่อพืชโดยเฉลี่ยสูงกว่าปุ๋ยมูลหมู มูลวัว มูลกระบือตามลำดับ ในมูลไก่มีธาตุไนโตรเจนร้อยละ 1.2-4.9 ฟอสฟอรัสร้อยละ 1.2-9.4 และโพแทสเซียมร้อยละ 0.5-4.2 และมีปริมาณจุลธาตุอาหารอื่น ๆ เล็กน้อย (สมศักดิ์, 2521; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; ศิรินทรา, 2553; สัมฤทธิ์, 2553; Prasad and Power, 1997)

ประภาส และคณะ (2550) ทำการศึกษาใส่ปุ๋ยมูลไก่ผสมแกลบอัตรา 0, 4, 8 และ 12 ตันต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 ในอัตรา 0, 25 และ 50 กิโลกรัมต่อไร่ ในแปลงทดลองของศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้สําปะหลัง ต.ห้วยบง อ.ด่านขุนทด จ. นครราชสีมา ระยะเวลา 1 ปี พบว่า การใส่ปุ๋ยมูลไก่ผสมแกลบ อัตรา 4, 8 และ 12 ตันต่อไร่เพียงอย่างเดียว ให้น้ำหนักผลผลิตหัวสดเฉลี่ยเท่ากับ 4.7, 4.8 และ 4.5 ตันต่อไร่ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากดำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยมูลไก่ผสมแกลบ ซึ่งให้น้ำหนักผลผลิตหัวสด 3.9 ตันต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 8 ตันต่อไร่ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่มีแนวโน้มให้น้ำหนัก ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยสูงสุดคือ 5.2 ตันต่อไร่ ขณะที่ดำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยได้ผลผลิตหัวมันสําปะหลังสดเฉลี่ยต่ำสุด (3.4 ตันต่อไร่)

การทดลองในชุดดินโคราช ระยะเวลา 1 ปี พบว่า การใช้มูลไก่ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสดสูงขึ้นคือ 9.8 ตันต่อไร่ เมื่อเทียบกับการไม่ใส่มูลไก่ที่ให้ผลผลิตเพียง 5.2 ตันต่อไร่ และผลผลิตหัวสดของมันสําปะหลังมีแนวโน้มสูงสุด เมื่อใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ โดยให้ผลผลิตหัวมันสําปะหลังสดสูงเท่ากับ 10.5 ตันต่อไร่ (สุรนัย และคณะ, 2543)

การศึกษาอัตราการใช้ปุ๋ยมูลไก่สำหรับมันสําปะหลังที่ปลูกในดินร่วนปนทรายที่ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี ระยะเวลา 1 ปี พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยเคมี ซึ่งมันสําปะหลังตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 400 กิโลกรัมต่อไร่ โดยให้ผลผลิตหัวมันสําปะหลังสดแห้ง และปริมาณแป้งเท่ากับ 6.9, 2.9 และ 2.2 ตันต่อไร่ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ให้ผลผลิตตามลำดับข้างต้นเท่ากับ 7.4, 3.1 และ 2.4 ตันต่อไร่ แต่สูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยมูลไก่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งได้ผลผลิตเท่ากับ 5.8, 2.4 และ 1.9 ตันต่อไร่ตามลำดับ (จำลอง และคณะ, 2548) แต่จากการศึกษาอัตราการใช้วัสดุปรับปรุงดินสำหรับมัน

ลำปะหลังที่ปลูกในชุดดินวารินและชุดดินยโสธร ที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายในจังหวัด นครราชสีมา ระยะเวลา 1 ปี พบว่าการใส่มูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มให้ผลผลิต หัวมันลำปะหลังสดสูงที่สุดเท่ากับ 3.10 ตันต่อไร่ รองลงมาได้แก่ การใส่หินฝุ่นอัตรา 200 กิโลกรัม ต่อไร่ และการใส่ขี้ปซัมอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งได้ผลผลิตหัวมันลำปะหลังสดเท่ากับ 2.67 และ 2.66 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนตำรับที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินมีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวมัน ลำปะหลังสดต่ำสุดเท่ากับ 2.57 ตันต่อไร่ (สิรินทรา, 2553; สัมฤทธิ์, 2553)

## 5. สังกะสี

สังกะสีเป็นจุลธาตุอาหาร ซึ่งพืชต้องการในปริมาณน้อย (ยงยุทธ, 2549; Havlin *et al.*, 2005) สังกะสีมีความสำคัญและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช รากพืชดูดกินสังกะสีในรูปของไดวาเลนต์สังกะสีไอออน ( $Zn^{2+}$ ) โดยแพร่ (diffusion) ผ่านราก อัตราการแพร่จะขึ้นกับความชื้นในดิน (สมบุญ, 2548; Kiekens, 1995) โดยทั่วไประดับการขาดแคลนขั้นวิกฤต (critical deficiency levels) ของสังกะสีในใบพืชมีค่าต่ำกว่า 15-20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของใบแห้ง (Polar, 1975) ความเข้มข้นของสังกะสีที่พืชทั่วไปต้องการอยู่ในช่วง 25-150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Havlin *et al.*, 2005) สังกะสีมีบทบาทที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนี้

5.1 สังกะสีมีบทบาทในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช โดยเป็นโคแฟกเตอร์ของ เอนไซม์คาร์บอนิกแอนไฮเดรส ซึ่งช่วยในการรักษาสมดุลระหว่าง  $CO_2$  และ  $HCO_3^-$  เพื่อให้มี  $CO_2$  ที่ละลายในไซโทซอล (cytosol) ของมีโซฟิลล์ (mesophyll) เพียงพอสำหรับการสังเคราะห์แสง นอกจากนี้สังกะสีทำงานร่วมกับโพแทสเซียมในการควบคุมการปิดและเปิดของปากใบ เพื่อให้  $CO_2$  เข้าไปในใบได้เต็มที่ (ยงยุทธ, 2546, 2549; Havlin *et al.*, 2005)

5.2 สังกะสีเป็นองค์ประกอบสำคัญของเอนไซม์หลายชนิด เช่น ซูเปอร์ออกไซด์ดีสมิวเทส คาร์บอนิกแอนไฮเดรส และเอนไซม์อื่น ๆ (ยงยุทธ, 2546; สมบุญ, 2548)

5.3 สังกะสีช่วยกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ เช่น ดีไฮโดรจีเนส แอลโดเลส ไอโซเมอเรส และ ทรานส์ฟอสฟอริเลส (ยงยุทธ, 2546)

5.4 สังกะสีมีบทบาทในเมแทบอลิซึมของดีเอ็นเอและอาร์เอ็นเอ ช่วยในการสังเคราะห์โปรตีน กระบวนการเมแทบอลิซึมของไนโตรเจนในพืช โดยพืชที่ขาดสังกะสีจะมีการสังเคราะห์โปรตีนลดลงทำให้มีการสะสมกรดอะมิโนในเซลล์พืช เนื่องจากการขาดสังกะสีทำให้เอ็นไซม์ที่มีสังกะสีเป็นองค์ประกอบหยุดกิจกรรมในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน (Mengel *et al.*, 2001)

5.5 สังกะสีมีบทบาทสำคัญในการสร้างทริปโตเฟน (tryptophan) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์ฮอร์โมน IAA (Indole Acetic Acid) โดยฮอร์โมน IAA มีหน้าที่ที่สำคัญคือ กระตุ้นการขยายเซลล์และการเจริญเติบโตของลำต้น กระตุ้นการแตกราก และการแตกใบอ่อน (ยงยุทธ, 2546; สมบุญ, 2548; Havlin *et al.*, 2005)

ถ้าพืชขาดสังกะสี อาการที่แสดงออก คือ ใบอ่อนมีสีเหลืองซีด และปรากฏสีขาวประปรายตามแผ่นใบ โดยที่เส้นใบนั้นยังเขียวอยู่ รากของพืชที่ขาดสังกะสีก็จะไม่เจริญตามปกติ คือ อธิบายได้ว่า สังกะสีนั้นเป็นตัวช่วยการสร้างออกซิน หรือฮอร์โมนในพืช ฮอร์โมนในพืชก็มีตั้งแต่ที่ยอดและที่ปลายราก ถ้าขาดสังกะสีการสร้างออกซินก็น้อยลงหรือผิดปกติ มีผลทำให้ยอดไม่เจริญเติบโต รากก็ไม่ค่อยเจริญเติบโต รากจึงมีลักษณะสั้นกว่าปกติ พืชที่ขาดสังกะสีก็จะไม่ค่อยทนต่อสภาวะแล้งร้อน ไม่ทนต่อสภาวะหนาวจัด ใบพืชจะเกิดการงอกเป็นกระจุก ขนาดใบเล็กลง (Havlin *et al.*, 2005)

ปัจจัยที่มีผลต่อการขาดสังกะสีของมันเป็นสำคัญ ได้แก่ การดำเนินการปลูกซ้ำที่เดิมติดต่อกันเป็นเวลานานหลายสิบปีร่วมกับการใช้ปุ๋ยธาตุอาหารหลักเพียงอย่างเดียว แต่ไม่มีการใส่จุลธาตุร่วมด้วยจะส่งเสริมให้มีการขาดจุลธาตุอาหารง่ายขึ้น (วัฒนะ และคณะ, 2547) หรือในดินทรายที่มีปริมาณสังกะสีต่ำ หรือเป็นดินเนื้อปูน (calcareous soils) (Havlin *et al.*, 2005) เนื่องจากการที่ดินมีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต ( $\text{CaCO}_3$ ) สูง  $\text{Zn}^{2+}$  จะเกิดปฏิกิริยาคัดตะกอน (coagulation) และปฏิกิริยาคูดซับ (adsorption) กับคาร์บอเนต ซึ่งเป็นสาเหตุใหญ่ที่ทำให้ดินเหล่านี้ขาดสังกะสีในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช การแก้ปัญหาหมักใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูป Zn-chelate

อาการขาดสังกะสีของพืชยังพบได้ในดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสสูง เนื่องจากฟอสฟอรัสส่งเสริมให้สังกะสีดูดซับติดกับผิวอนุภาคเหล็กและอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์หรือเหล็ก และ

อะลูมิเนียมออกไซด์หรือแคลเซียมคาร์บอเนต ทำให้ความเป็นประโยชน์ของสังกะสีในดินลดลง (Loneragen *et al.*, 1979) นอกจากนั้นพื้นที่ที่มีการกร่อนของดิน โดยลมและน้ำ (Havlin *et al.*, 2005)

การศึกษาการพ่นสังกะสีซัลเฟตความเข้มข้นร้อยละ 4 ทางใบหลังปลูก 1, 2 และ 3 เดือน พบว่า เป็นวิธีที่ให้ผลผลิตหัวมันสดสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการชุปท่อนพันธุ์ด้วยสังกะสีซัลเฟตผสมน้ำเป็นเวลานาน 15 นาที และการใส่ปุ๋ยสังกะสีทางดิน นอกจากนั้น การใส่มูลไก่ผสมแคลเซียมยังช่วยเพิ่มธาตุสังกะสีและเหล็กให้แก่พืชได้เช่นกัน (วิวัฒน์ และคณะ, 2547) ขณะที่ Howeler (2002) กล่าวว่า การแช่ท่อนพันธุ์ด้วยสารละลาย  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  เป็นเวลา 15 นาทีและตากอากาศจนแห้งเป็นวิธีที่ประหยัด และมีประสิทธิภาพสำหรับการปลูกมันสำปะหลังในดินที่ขาดสังกะสี

การศึกษาในดินที่เกิดจากหินแกรนิต การใช้ปุ๋ยธาตุรองและสังกะสีกับมันสำปะหลัง ช่วยเพิ่มปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังได้ในชุดดินห้วยโป่ง และสัตว์หีบ สังกะสีมีแนวโน้มทำให้ปริมาณโปรตีนและไขมันในหัวมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น ซึ่งเห็นได้ชัดเจนในกรณีของชุดดินห้วยโป่ง (สุวพันธ์, 2542)

การทดลองของ Ghosh and Nair (1984) พบว่า การใส่สังกะสีซัลเฟต บอแรกซ์ และแอมโมเนียมโมลิบเดตอัตรา 12.5, 10 และ 1.0 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ตามลำดับ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอัตรา 100 กิโลกรัม N,  $P_2O_5$  และ  $K_2O$  ต่อเฮกตาร์ ทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น โดยที่การใส่สังกะสีช่วยเพิ่มผลผลิตเท่ากับร้อยละ 15 รองลงมาคือ บอแรกซ์ร้อยละ 12 และแอมโมเนียมโมลิบเดตร้อยละ 11 นอกจากนี้การใส่สังกะสีจะช่วยเพิ่มคุณภาพของหัวมันสำปะหลังโดยการเพิ่มปริมาณแป้งที่สะสมในหัวมันและลดปริมาณไซยาไนด์ ขณะที่ ศิรินทรา (2553) กล่าวว่า การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีร่วมกับการคลุกเคล้ามูลไก่แก่กับต่อผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกบนดินวารินบริเวณบ้าน โนนสมบูรณ์ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ คำรับที่มีการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสี 1, 2 และ 3 เดือนหลังปลูกครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวสดสูงสุดเท่ากับ 6.06 ตันต่อไร่ ส่วนแปลงทดลองบ้านกุดม่วงซึ่งเป็นชุดดินยโสธร พบว่าการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีร่วมกับการคลุกเคล้ามูลไก่แก่กับให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบอัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1 เดือนร่วมกับการใส่มูลไก่แก่กับมีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวสดสูงสุดเท่ากับ 3.21 ตันต่อไร่

Howeler (1996) ได้กำหนดเกณฑ์ปริมาณสังกะสีในดินที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง โดยพบว่า สังกะสีควรมียูในพืช 1.0-5.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ถ้าน้อยกว่า 35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มันสำปะหลังจะแสดงอาการขาดธาตุสังกะสี (Howeler, 1978) และปริมาณความเข้มข้นของสังกะสีในใบมันสำปะหลังในช่วง 63 วันหลังปลูกก่อนพันธุ์ควรมีค่าประมาณ 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเริ่มเป็นพิษเมื่อความเข้มข้นมากกว่า 120 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ขณะที่มันสำปะหลังอายุ 3-4 เดือนควรมีความเข้มข้นของสังกะสีในใบในปริมาณเท่ากับ 30-60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

การทดลอง สิรินทรา (2553) พบว่า การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีจำนวน 2 ครั้ง ทำให้ความเข้มข้นของสังกะสีในใบอายุ 3 เดือนของมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินยโสธรมีค่าสูงกว่าตำรับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีปริมาณเท่ากับ 54.63 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่การฉีดพ่นปุ๋ยทางใบ และอิทธิพลร่วมของมูลไก่กับการฉีดพ่นดังกล่าวมีผลต่อความเข้มข้นของสังกะสีในใบอย่างมาก โดยพบว่า การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบจำนวน 3 ครั้งร่วมกับการใส่มูลไก่ก่อนปลูกทำให้มีความเข้มข้นของธาตุอาหารนี้ทางใบเท่ากับ 61.93 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าตำรับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

## 6. สภาพทั่วไปของจังหวัดนครราชสีมา

จังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งอยู่บนที่ราบสูงโคราช ระหว่างละติจูด 15 องศาเหนือ และลองจิจูด 102 องศาตะวันออก อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลางเฉลี่ย 187 เมตร ตัวจังหวัดอยู่ห่างจากกรุงเทพมหานคร โดยทางรถยนต์ 255 กิโลเมตร และโดยทางรถไฟ 264 กิโลเมตร มีพื้นที่ 20,493.964 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 12,808,728 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 12 ของพื้นที่ (สภาอุตสาหกรรมจังหวัด, 2552) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียง ดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อกับจังหวัดชัยภูมิ และจังหวัดขอนแก่น
ทิศใต้	ติดต่อกับจังหวัดปราจีนบุรี จังหวัดนครนายก และจังหวัดสระแก้ว
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับจังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดขอนแก่น
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับจังหวัดสระบุรี และจังหวัดลพบุรี

### 6.1 ลักษณะภูมิประเทศ

สภาพภูมิประเทศของจังหวัดมีทั้งที่เป็นภูเขาสูง ที่ราบลุ่ม พื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดและพื้นที่ลูกคลื่นลอนชัน ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 บริเวณ คือ

6.1.1 บริเวณเทือกเขาและที่สูงทางตอนใต้ของจังหวัดมีความสูงจากระดับทะเลปานกลางมากกว่า 250 เมตร ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ของอำเภอปากช่อง อำเภอปักธงชัย อำเภอวังน้ำเขียว อำเภอครบุรีและอำเภอเสิงสาง เทือกเขานี้เป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำลำธารหลายสายที่ไหลไปทางตะวันออกของภาค ได้แก่ แม่น้ำมูล ลำแซะ ลำพระเพลิง และลำปลายมาศ พื้นที่ระหว่างเทือกเขาส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนชันและลูกคลื่นลอนลาด ตอนล่างของหุบเขามีความลาดชันค่อนข้างมาก ทำให้มีการกร่อนของหน้าดินในบริเวณนี้ค่อนข้างสูง

6.1.2 บริเวณที่สูงทางตอนกลางของจังหวัดมีความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 200-250 เมตร อยู่ในเขตอำเภอด่านขุนทด สีคิ้ว เทพารักษ์ พระทองคำ ตอนล่างของอำเภอโนนไทย ขามทะเลสอ เมือง สูงเนิน ตอนบนของอำเภอ ปักธงชัย ครบุรี โชคชัย หนองบุญมาก จักราช และอำเภอเสิงสาง ลักษณะพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นลูกคลื่นลอนลาดยกเว้นบริเวณ โกลีแข้งเขาที่มีลักษณะเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนชัน พื้นที่บางส่วนเป็นที่ราบลุ่มริมฝั่งแม่น้ำ ซึ่งไหลผ่านหลายสาย ได้แก่ ลำแซะ ลำพระเพลิง ลำตะคอง และแม่น้ำมูล

6.1.3 พื้นที่ลูกคลื่นทางตอนเหนือของจังหวัดมีความสูงจากระดับทะเลปานกลางประมาณ 200 เมตร อยู่ในเขตอำเภอขามสะแกแสง ตอนบนของอำเภอโนนไทย คง ทางทิศตะวันตก

ของอำเภอบัวใหญ่ บ้านเหลื่อม ห้วยแถลง ชุมพวง และอำเภอลำทะเมนชัย มีลักษณะเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดที่สูงสลับที่นา บางตอนเป็นพื้นที่ราบลุ่มบริเวณริมฝั่งแม่น้ำลำเชียงไกร และลำปลายมาศ

6.1.4 บริเวณที่ราบลุ่มทางตอนเหนือของจังหวัด มีความสูงจากระดับทะเลปานกลางน้อยกว่า 200 เมตร อยู่ในเขตอำเภอบัวใหญ่ คง โนนสูง ประทาย พิมาย สีดา บัวลาย และอำเภอเมืองยาง มีลักษณะเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาด และมีที่ราบลุ่มบริเวณริมฝั่งแม่น้ำ

## 6.2 ลักษณะภูมิอากาศ

ลักษณะอากาศทั่วไปของจังหวัดนครราชสีมาอยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุม 2 ชนิด คือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เริ่มตั้งแต่ประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์) มรสุมนี้มีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกเหนือแถบประเทศมองโกเลียและจีน ซึ่งทำให้บริเวณจังหวัดนครราชสีมาประสบกับภาวะอากาศหนาวเย็นและแห้งแล้งโดยทั่วไป ส่วนมรสุมอีกชนิดหนึ่งคือมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม) มรสุมนี้มีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกใต้ บริเวณมหาสมุทรอินเดีย ซึ่งพัดออกจากศูนย์กลางเป็นลมตะวันออกเฉียงใต้และเปลี่ยนเป็นลมตะวันตกเฉียงใต้ เมื่อพัดข้ามเส้นศูนย์สูตร พัดพาเอามวลอากาศชื้นจากมหาสมุทรอินเดียมาสู่ประเทศไทย ทำให้บริเวณจังหวัดนครราชสีมา มีเมฆมากและฝนตกชุกโดยในปี 2553 จังหวัดนครราชสีมา มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,386.2 มิลลิเมตรต่อปี อุณหภูมิเฉลี่ย 28.1 องศาเซลเซียสต่อปี ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 72.4 ต่อปี (ตารางผนวกที่ 12) (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2554)

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

#### 1. มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 (ภาพที่ 1)

มันสำปะหลังพันธุ์นี้เป็นพันธุ์ที่ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์ระยอง 5 กับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 เป็นพันธุ์ที่มีแป้งเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 27.3 ซึ่งสูงกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และพันธุ์ห้วยบง 60 ส่วนผลผลิตหัวสดใกล้เคียงกับพันธุ์ห้วยบง 60 แต่สูงกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ลักษณะประจำพันธุ์จะมีทรงต้นสูงและแตกกิ่งน้อย สะดวกต่อการเก็บเกี่ยวและขนส่งท่อนพันธุ์สามารถนำไปปลูกโดยใช้ระยะปลูกถี่ได้ ยอดมีสีเขียวอ่อน เปลือกนอกของหัวมีสีน้ำตาลอ่อน ผลผลิตตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมได้สูง (มูลนิธิพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2551ข)



ภาพที่ 1 ลักษณะของลำต้นที่ใช้เป็นท่อนพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80

2. เครื่องจักรกลการเกษตร ได้แก่ รถแทรกเตอร์ที่ติดตั้งผาลระเบิดดินดาน (ripper) ผาล 3 และ ผาล 7 (ภาพที่ 2)



(ก)

(ข)

ภาพที่ 2 รถแทรกเตอร์ที่ติดตั้งผาลระเบิดดินดาน (ripper) ผาล 3 (ก) และ ผาล 7 (ข)

3. วัสดุปรับปรุงดินที่ใช้ในการทดลอง มูลไก่เกลบ และเพอไลต์ (perlite)

4. ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และปุ๋ยสังกะสี ( $ZnSO_4$ )

5. อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างดินและพืช

6. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ดินและพืช ได้แก่

6.1 pH meter

6.2 Spectrophotometer

6.3 Atomic absorption spectrophotometer

6.4 Micro Kjeldahl distillation apparatus

6.5 Digestion apparatus

6.6 เครื่องเขย่า (reciprocating shaker)

7. อุปกรณ์สำหรับเตรียมแปลงปลูก ได้แก่ ไม้ปักแปลงปลูก เชือก เทปวัดระยะ ฯลฯ

8. อุปกรณ์ เครื่องแก้ว และเคมีภัณฑ์สำหรับงานแปลงการทดลอง การวิเคราะห์ดิน และการวิเคราะห์พืช

9. เครื่องมือการสำรวจดินภาคสนามมาตรฐาน (เอิบ, 2542; Soil Survey Division Staff, 1993)

### วิธีการ

#### 1. การเลือกพื้นที่ทดลอง

คัดเลือกพื้นที่ของเกษตรกรเพื่อดำเนินการแปลงทดลองที่อยู่ในพื้นที่ของเกษตรกร ได้แก่ แปลงทดลองบ้านตะเคียน ตำบลกุฉมั่ง อำเภอคำชะอี จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นดินชุดดิน ยโสธร (Yasothon soil series, Yt)

#### 2. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ (4x3) Factorial in Randomized Complete Block ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ทำการทดลองจำนวน 4 ซ้ำ ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 ประกอบด้วย

S0 ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน

S1 การใส่เพอไลต์อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่

S2 การใส่มูลไก่อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่

S3 การใส่เพอไลต์ อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และมูลไก่อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่

ปัจจัยที่ 2 ประกอบด้วย

Zn0 ไม่มีการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีซัลเฟตทางใบ

Zn1 การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีซัลเฟตทางใบอัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อมันสำปะหลังอายุ 1 เดือน

Zn2 การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีซัลเฟตทางใบ 3 ครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อมันสำปะหลังอายุ 1, 2 และ 3 เดือน

### 3. การเตรียมแปลงทดลอง

ทำการไถระเบิดดินดานด้วยผาระเบิดดิน (ripper) ในปีก่อนหน้าที่จะทำการศึกษา และไถพลิกเพื่อตากดินด้วยไถงานผาด 3 วัตขนาดแปลงทดลองจำนวน 48 แปลงทดลองที่มีขนาดเท่ากับ 10×15 เมตร และมีระยะห่างระหว่างแปลงเท่ากับ 1 เมตร จากนั้นทำการใส่มูลไก่แกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และเพอไลต์อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ตามดำรับการทดลอง แล้วไถพรวนดินคลุกเคล้าด้วยไถงานผาด 7 ก่อนยกร่องกว้าง 1.2 เมตร

### 4. การปลูกและการดูแลรักษามันสำปะหลัง

พันธุ์มันสำปะหลังที่ใช้เป็นพืชทดลองได้แก่พันธุ์ห้วยบง 80 ใช้ระยะปลูกระหว่างต้นบนสันร่องเท่ากับ 80 เซนติเมตร การใส่ปุ๋ย จะเริ่มฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีในรูปของสังกะสีซัลเฟต ( $ZnSO_4 \cdot 2H_2O$ ) ทางใบเมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1 เดือน สำหรับดำรับที่มีการฉีดพ่น 1 ครั้ง และฉีดพ่นอีกเมื่อมันสำปะหลังอายุ 2 และ 3 เดือน สำหรับดำรับที่มีการฉีดพ่นจำนวน 3 ครั้ง โดยแต่ละครั้งของการฉีดพ่นจะใช้สังกะสีซัลเฟตในอัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ และในทุกดำรับการทดลองใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 เป็นปุ๋ยหลัก โดยใส่ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ทำการแบ่งใส่ 2 ครั้งละ 50 กิโลกรัม ครั้งที่ 1 ใส่หลังจากปลูกแล้วประมาณ 1 เดือน และใส่อีกครั้งเมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 3 เดือน

การดูแลรักษาและการกำจัดวัชพืช ก่อนปลูกทำการชุบท่อนพันธุ์ด้วยสารเคมีโทอะมิโซแซมเพื่อป้องกันเชื้อแบง และฉีดสารชนิดเดียวกันนี้ร่วมกับน้ำมันกำจัดเชื้อแบง (white oil) เมื่อมันสำปะหลังอายุ 4 เดือน สำหรับการกำจัดวัชพืช ทำการฉีดยาคุมวัชพืชภายใน 3 วันหลังปักท่อนพันธุ์ หลังจากนั้นกำจัดโดยใช้แรงงานคนขึ้นอยู่กับการระบาดของวัชพืชในแปลง

## 5. การเก็บตัวอย่างดิน

การเก็บตัวอย่างดินเพื่อประกอบการศึกษานี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

5.1 ดินตัวแทนของพื้นที่ทดลอง (site characterization) จัดทำข้อมูลลักษณะดินตัวแทนในพื้นที่ โดยขุดหลุมให้มีขนาดกว้าง 1.5 เมตร ยาว 2 เมตร ลึก 2 เมตร ตกแต่งหน้าตัดดินให้สามารถมองเห็นสัณฐานวิทยาของดินในสนาม ศึกษาสภาพแวดล้อมพร้อมทำคำอธิบายหน้าตัดดินในแต่ละชั้นดิน (เอิบ, 2547) และเก็บตัวอย่างดินทั้งที่ถูกรบกวนและไม่ถูกรบกวนตามชั้นกำเนิดดิน (genetic horizon) ผลการศึกษาลักษณะดินตัวแทนรายงานไว้ในวิทยานิพนธ์ของ ศิรินทรา (2553)

5.2 การเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกที่ระดับความลึกได้แก่ ดินบนที่ความลึกประมาณ 0-30 เซนติเมตรและดินชั้นล่างที่ระดับความลึก 30-60 เซนติเมตร และแบ่งออกมาชั้นละประมาณ 2 กิโลกรัม เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการโดยการสุ่มเก็บตัวอย่างทั่วแปลงและนำตัวอย่างดินที่ได้ในแต่ละชั้นความลึกมาผสมคลุกเคล้ากัน (composite sample)

5.3 การเก็บตัวอย่างดินก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลังประมาณ 1 เดือน โดยทำการเก็บในทุกแปลงย่อย ประกอบด้วย

5.3.1 ตัวอย่างดินที่ถูกรบกวน (Disturbed soil sample) เก็บที่ 2 ระดับความลึก ได้แก่ 0-20 และ 20-40 เซนติเมตร

5.3.2 ตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวน (Undisturbed soil sample) โดยใช้กระบอกลูกเก็บตัวอย่างดิน (soil core) เก็บที่ระดับความลึกเดียวกันกับตัวอย่างดินที่ถูกรบกวน โดยเก็บบนสันร่องตำแหน่งตรงกลางระหว่างต้น

## 6. การวิเคราะห์ดิน

### 6.1 การวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน

6.1.1 ความหนาแน่นรวมของดิน (Soil bulk density) โดยวิธีใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดินที่ไม่ทำลายโครงสร้าง (core method) (Blake and Hartge, 1986)

6.1.2 สภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturated hydraulic conductivity) โดยใช้พลังงานขั้วน้ำผันแปร (variable head method) (Klute, 1965)

### 6.2 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

6.2.1 พีเอชดิน (Soil pH) โดยใช้เครื่องมือวัดพีเอชดิน (pH meter) ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ และดินต่อสารละลาย 1M KCl เท่ากับ 1:1 (National Soil Survey Center, 1996)

6.2.2 คาร์บอนอินทรีย์ (Organic carbon) โดยวิธี Walkley and Black titration (Walkley and Black, 1934; Walkley, 1935; Nelson and Sommers, 1996) จากนั้นนำไปคำนวณหาปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (organic matter) โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{Organic matter (\%)} = \% \text{Organic carbon} \times 1.724$$

6.2.3 ไนโตรเจนรวม (Total nitrogen) โดยวิธี Kjeldahl method (Jackson, 1965)

6.2.4 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorus) โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง spectrophotometer

6.2.5 โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available potassium) โดยวิธีการสกัดด้วยสารละลาย 1M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ที่เป็นกลาง (pH 7) (Pratt, 1987) แล้ววัดปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

6.2.6 สภาพกรดที่สกัดได้ (Extractable acidity) โดยวิธี barium chloride-triethanolamine ที่ pH 8.2 (Thomas, 1982)

6.2.7 เบสรวมที่สกัดได้ (Extractable bases) ประกอบด้วย แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม โดยวิธีการสกัดด้วยสารละลาย 1M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ที่เป็นกลาง (pH 7) (Thomas, 1982) แล้ววัดปริมาณเบสด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

6.2.8 ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation exchange capacity: CEC) โดยการชะละลายแคตไอออนด้วยสารละลาย 1M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ที่เป็นกลาง (pH 7) และแทนที่แอมโมเนียมไอออนด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 ในสภาพที่เป็นกรด กลั่นหาแอมโมเนียมไอออน แล้วคำนวณหาความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (Chapman, 1965; Summer and Miller, 1996)

6.2.9 ร้อยละความอิ่มตัวเบส (Base saturation percentage: %BS) คำนวณจากค่าของปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ทั้งหมด และค่าสภาพกรดที่สกัดได้ (Thomas, 1982; National Soil Survey Center, 1996) จากสูตร

$$\text{Base saturation percentage} = \frac{\text{Extractable bases}}{\text{Extractable bases} + \text{Extractable acidity}} \times 100$$

## 7. การเก็บตัวอย่างพืชและการวิเคราะห์พืช

### 7.1 การวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมันสำปะหลัง

สุ่มเก็บตัวอย่างใบมันสำปะหลังใบที่ 5 นับจากใบที่คลี่เต็มที่แล้วจากส่วนยอด ที่อายุ 4 เดือน นำใบพืชมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน จนตัวอย่างแห้งสนิท ตัวอย่างพืชน้ำหนักคงที่ บดใบพืชที่ได้ให้ละเอียดก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารตามวิธีการดังนี้

7.1.1 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยการย่อยตัวอย่างพืชด้วย  $H_2SO_4-Na_2SO_4-Se$  (digestion mixture) (Gallaher *et al.*, 1976) แล้ววิเคราะห์ปริมาณโดยวิธีการกลั่น โดยวิธีวิธี Kjeldahl method (Jackson, 1965)

7.1.2 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด โดยการย่อยตัวอย่างด้วย  $H_2SO_4-Na_2SO_4-Se$  (digestion mixture) (Johnson and Ulrich, 1959) แล้ววิเคราะห์หาปริมาณโดยวิธี vanado-molybdate method (Westerman, 1990)

7.1.3 ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี แมงกานีส และ ทองแดงทั้งหมด โดยการย่อยสลายด้วย digestion mixture ( $HNO_3-H_2SO_4-HClO_4$  acid mixture) (Johnson and Ulrich, 1959) และวิเคราะห์หาปริมาณด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (Westerman, 1990)

7.2 ลักษณะทางกายภาพของมันสำปะหลัง เก็บเกี่ยวข้อมูลและผลผลิตเมื่อมันสำปะหลัง อายุ 10 เดือน โดยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวเท่ากับ 30 ตารางเมตร

7.2.1 น้ำหนักสดส่วนเหนือดินทั้งหมดซึ่งได้แก่ น้ำหนักต้น เหง้า กิ่งก้านและใบ

7.2.2 ผลผลิตน้ำหนักหัวมันสำปะหลังสด น้ำหนักหัวมันสดทั้งหมดต่อพื้นที่

7.2.3 จำนวนหัวต่อต้น โดยนับจำนวนหัวสดของมันสำปะหลังแต่ละต้นในพื้นที่เก็บเกี่ยว ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตรขึ้นไป และเป็นหัวที่สมบูรณ์ ไม่ฝ่อ หรือน้ำเสีย

7.2.4 อัตราการรอดตาย นับจากจำนวนต้นที่รอดตายต่อพื้นที่เก็บเกี่ยว

7.2.5 ร้อยละการสะสมแป้ง ทำการสุ่มหัวมันสำปะหลังมาสับเป็นท่อน ๆ โดยตัดเอา ส่วนหัวและท้ายออก นำหัวมันสำปะหลังที่สับแล้วไปวัดปริมาณแป้งด้วยเครื่อง Reimann scale โดย ชั่งหัวมันสำปะหลังดังกล่าวในอากาศให้ได้น้ำหนักประมาณ 5 กิโลกรัม แล้วนำหัวมันสำปะหลัง

ส่วนนี้มาชั่งในน้ำ อ่านค่าปริมาณแป้งในหัวมันสดจาก มาตรวัด (scale) เลขที่อ่านได้เป็นร้อยละการ  
 สะสมแป้งในหัวสด (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 เครื่องชั่งสำหรับวัดปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังสด (ร้อยละการสะสมแป้ง)

#### 8. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) แล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบหาความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ Duncan's multiple range tests (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ขึ้นไป

#### 9. สถานที่ทำการทดลอง

การศึกษาในภาคสนาม แปลงเกษตรกร บ้านกุดม่วง ตำบลตะเคียน อำเภอด่านขุนทด  
 จังหวัดนครราชสีมา

การศึกษาในห้องปฏิบัติการ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะ  
 เกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ

## 10. ระยะเวลาทำการทดลอง

ตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554



## ผลและวิจารณ์

### 1. สภาพทั่วไปของพื้นที่และลักษณะของดินตัวแทน

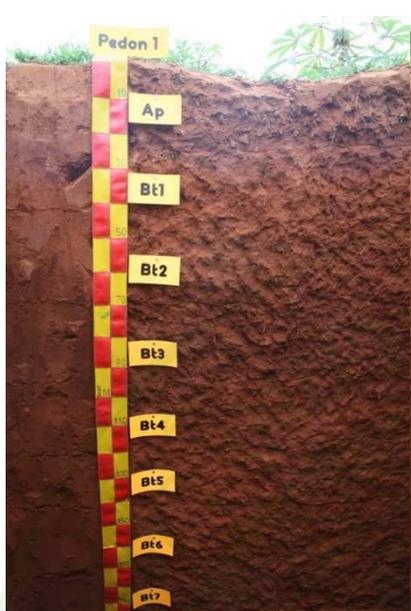
#### 1.1 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่แปลงเกษตรกรรมบริเวณ บ้านตะเคียน ตำบลกุดม่วง อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา พื้นที่อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 310 เมตร ในพื้นที่ทำการทดลองในจังหวัดนครราชสีมา มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,137 มิลลิเมตรต่อปี ฝนจะเริ่มตกเดือนพฤษภาคมและจะทิ้งช่วงในเดือนมิถุนายน ฝนจะเริ่มตกอีกครั้งในเดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม การกระจายตัวของฝนไม่สม่ำเสมอ (กรมอุตุฯ, 2554)

#### 1.2 ลักษณะของดินตัวแทน

ดินนี้เป็นดินตัวแทนของแปลงทดลองบ้านกุดม่วง ตำบลตะเคียน อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา เป็นดินที่มีพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น Ap-Bt อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 245 เมตร สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชันประมาณร้อยละ 3 วัตถุต้นกำเนิดเป็นตะกอนน้ำพาท้องถิ่น (local alluvium) ที่วางตัวอยู่บนวัตถุต้นกำเนิดที่เป็นวัสดุตกค้าง (residuum) ของหินทราย ดินมีการระบายน้ำดี ดินมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ปานกลาง มีการไหลบ่าของน้ำที่ผิวดินปานกลาง

ดินบนหนา 20 เซนติเมตร มีสีแดงปนเหลือง เนื้อดินเป็นดินทรายปนดินร่วน พีเอชดินในสนามเป็นกรดจัดมาก (pH 5.0) ดินมีโครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนของโครงสร้างน้อย ส่วนดินล่างลึกตั้งแต่ 20-200 เซนติเมตร มีสีแดง เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย และร่วนเหนียวปนทราย โครงสร้างของดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดถึงหยาบ พีเอชดินในสนามเป็นกรดรุนแรงมากถึงเป็นกรดจัดมาก (pH 4.0-4.5) (ภาพที่ 4)



Soil color	Soil structure	Consistency Dry, moist, wet	Root
5 YR 4/6	1-2,f-m SAB	SH, Fri, NS/NP	3,vf-f
2.5 YR 4/8	2,m-c SAB	H, SF, SS/SP	2,vf-f
2.5 YR 4/6	2,f-m SAB	SH, SF, SS/MP	1,vf-f

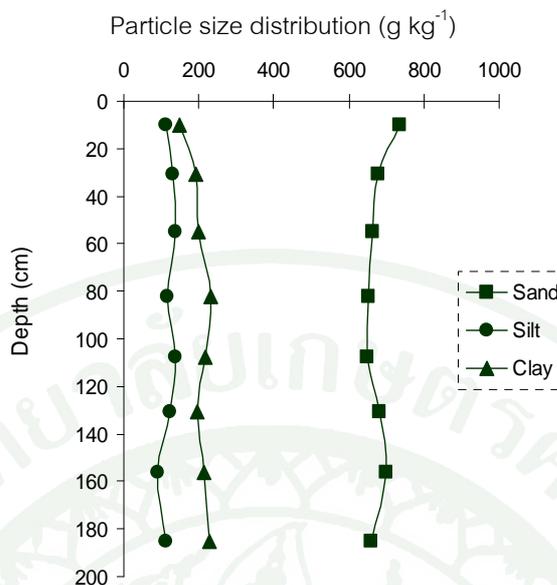
Soil structure: 1 = weak, 2 = moderate; f = fine, m = medium, c = coarse, SAB = sub angular structure  
 Soil consistency: Dry: SH = slightly hard, H = hard; Moist: SF = Slightly friable, Fri = friable; Wet: NS = non sticky, SS = slightly sticky, NP = non plastic, SP = slightly plastic, MP = moderately plastic  
 Root: 1 = few, 2 = common, 3 = many; vf = very fine, f = fine

ภาพที่ 4 ลักษณะของหน้าตัดดินของดินตัวแทนที่ใช้ในการศึกษา

### 1.3 สมบัติทางฟิสิกส์ของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง

ดินมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายจนถึงดินร่วนเหนียวปนทราย โดยมีปริมาณอนุภาคทรายอยู่ในพิสัย 647-736 กรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณทรายแป้งอยู่ในพิสัย 89-137 กรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณดินเหนียวอยู่ในพิสัย 150-233 กรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 5) โดยภาพรวมพบว่า มีการกระจายอนุภาคขนาดทรายในชั้นดินบนมากกว่าในชั้นดินล่าง และมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยตามความลึก ซึ่งตรงกันข้ามกับการกระจายของอนุภาคดินเหนียวที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก ขณะที่อนุภาคขนาดทรายแป้งมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นบริเวณใต้ชั้นไทรพรวน (Bt1 และ Bt2) จากนั้นมีแนวโน้มลดลง แสดงให้เห็นว่าชั้นดินดังกล่าวจะง่ายต่อการอัดตัวเนื่องจากแรงกดทับ (Munkholm *et al.*, 2005)

ดินมีความหนาแน่นรวมอยู่ในพิสัย 1.80-1.57 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและมีแนวโน้มลดลงตามความลึก พบว่าในชั้น Ap2 ที่ระดับความลึกประมาณ 20-60 เซนติเมตร จะมีความหนาแน่นรวมสูงประมาณ 1.8 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งสูงกว่าชั้นดินตอนบนและชั้นดินที่อยู่ตอนล่างอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับค่าสภาพน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำที่อยู่ในระดับที่ขั้วมาก โดยมีค่าน้อยกว่า 1 เซนติเมตรต่อชั่วโมง (ภาพที่ 6)

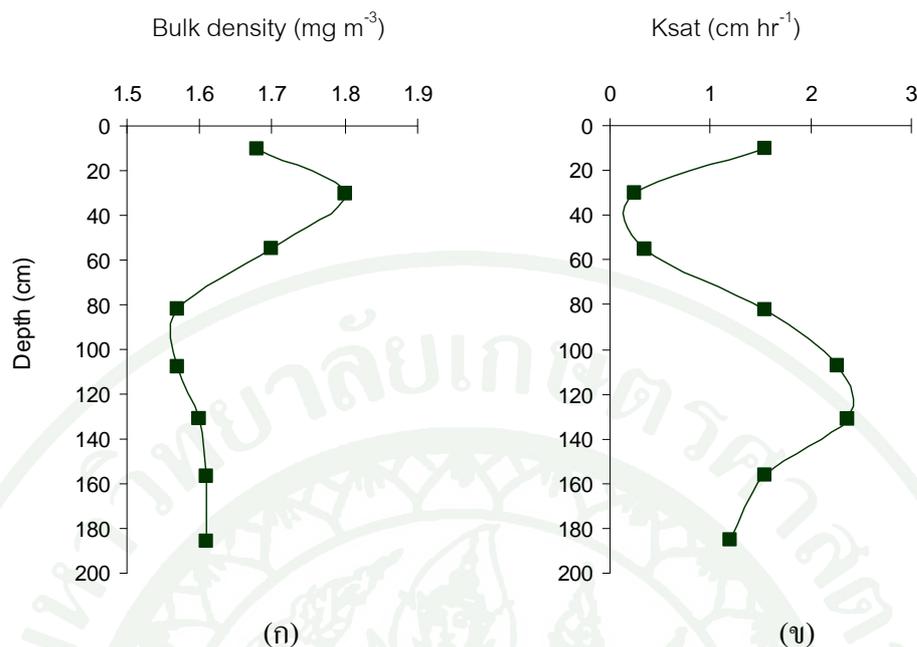


ภาพที่ 5 การกระจายขนาดอนุภาคดินตามความลึก

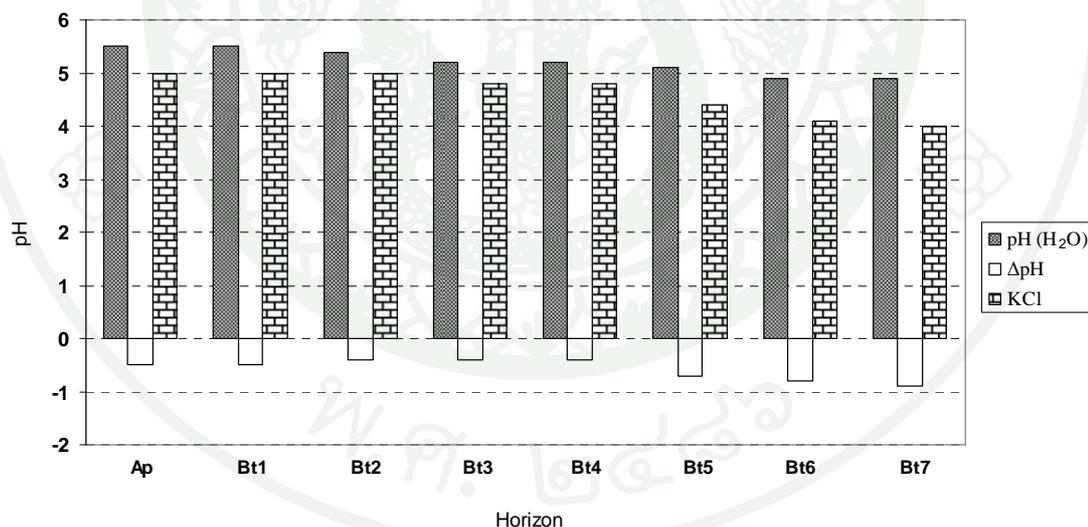
ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าชั้นดังกล่าวนี้ อาจะจำกัดการเคลื่อนที่ขึ้นของน้ำใต้ดิน โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งส่งผลให้พืชขาดน้ำได้ง่าย และยังจำกัดการเคลื่อนที่น้ำในหน้าตัดดินอาจส่งผลให้เกิดน้ำใต้ดินชั่วคราวโดยเฉพาะในช่วงที่มีฝนตกหนัก (Charles and Paul, 2003) รวมทั้งจะจำกัดการซอนไชและการเจริญเติบโตของรากพืช (Tongglum *et al.*, 2000; Charles and Paul, 2003) ซึ่งจะส่งผลต่อการแทงหัวของมันสำปะหลังได้

#### 1.4 สมบัติทางเคมีของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง

ดินเป็นกรดจัดถึงกรดรุนแรงมาก โดยมีพีเอชอยู่ในพิสัย 4.0-5.0 ซึ่งมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดหน้าตัดดิน (ภาพที่ 7) แสดงให้เห็นว่าดินมีพัฒนาการสูง เกิดกระบวนการชะละลายรุนแรงแบบต่าง ๆ จึงเคลื่อนย้ายออกไปจากหน้าตัดดิน (Zhang *et al.*, 2006) ค่าพีเอชดินที่วัดในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ มีค่าอยู่ในพิสัย 3.2-3.8 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าพีเอชที่วัดด้วยน้ำประมาณ 1 หน่วย แสดงให้เห็นว่า ดินมีประจุสุทธิเป็นลบ ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับแคตไอออนได้ดีกว่าแอนไอออน ทำให้มีประจุลบไม่มาก เป็นลักษณะหนึ่งของดินเขตร้อนส่วนใหญ่ที่มีพัฒนาการสูง มีออกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียมและแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ (วิโรจ, 2531: Cindy *et al.*, 2008)



ภาพที่ 6 ความแน่นรวม (ก) และสภาพน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (ข)



ภาพที่ 7 ค่าพีเอชของดินที่วัดในน้ำ และในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1 โมลาร์

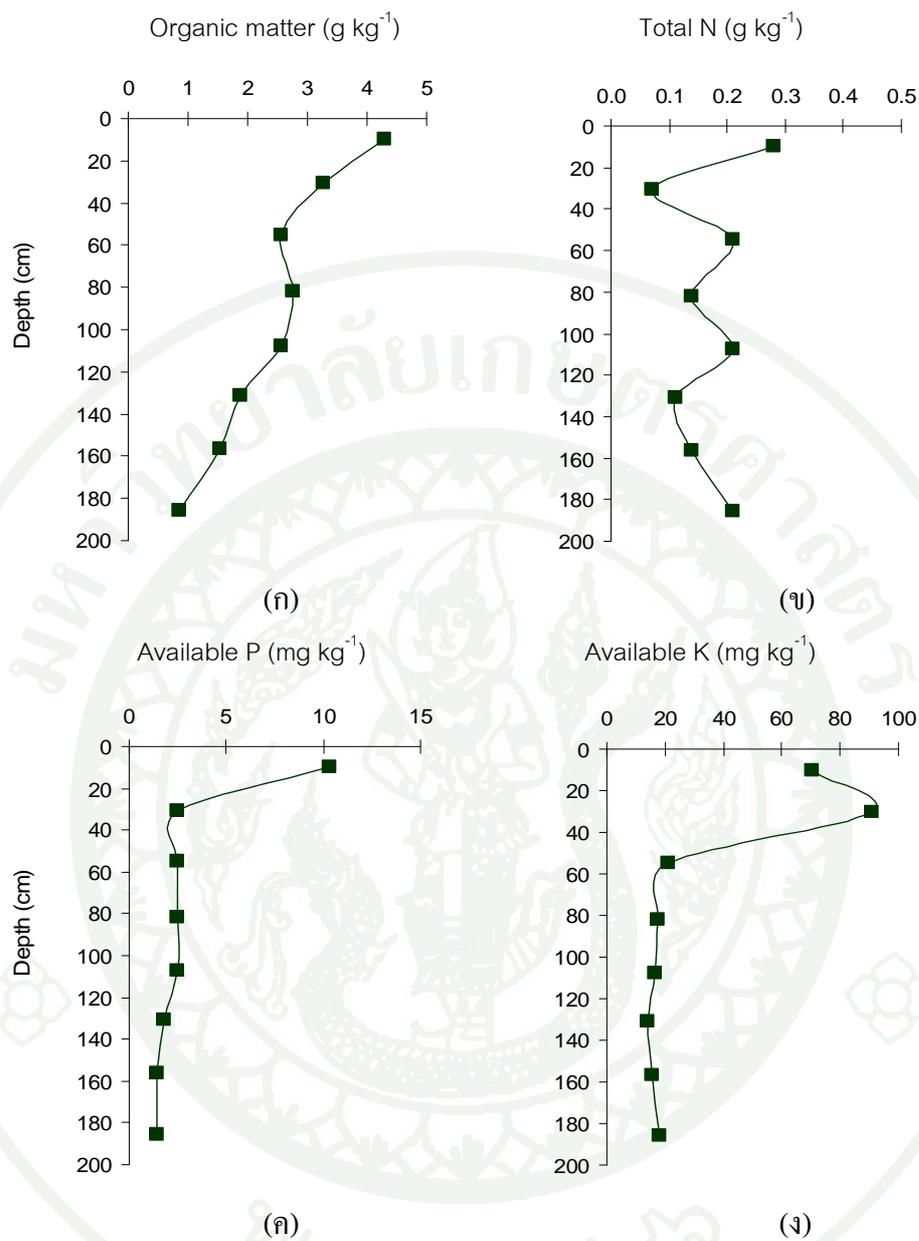
ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินที่ทำการศึกษาแสดงไว้ในภาพที่ 8 พบว่า ทั้งชั้นดินบนและดินล่างมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำมากมีค่าอยู่ในพิสัย 0.86-4.29 กรัมต่อกิโลกรัมและมีแนวโน้มลดลงตามความลึก เนื่องจากชั้นดินบนเป็นชั้นที่มีการทับถมหรือสะสมของเศษพืช

(Thompson and Troeh, 1978) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจนรวมที่มีปริมาณอยู่ในระดับต่ำมาก เช่นเดียวกันโดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.07-0.28 กรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 8) ทั้งนี้เนื่องจากไนโตรเจนในดินส่วนใหญ่จะได้อาจจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดิน (ไพบูลย์, 2528; Brady and Weil, 2008)

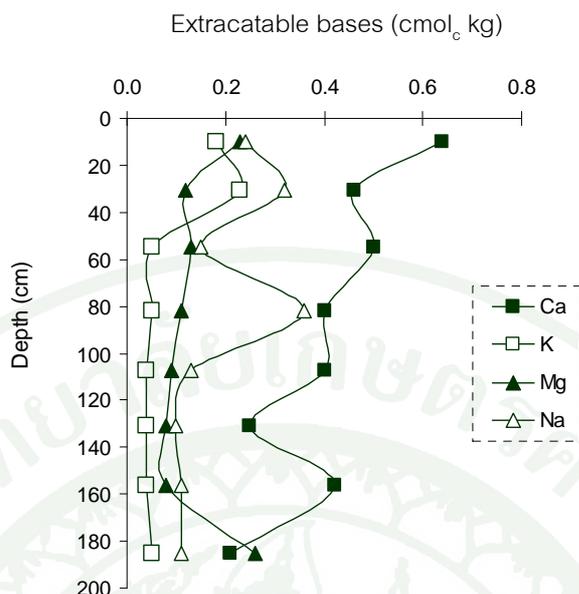
ปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำมาก และสูงถึงต่ำมาก ตามลำดับ (10.36-1.43 และ 90.76-14.30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ) และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก (ภาพที่ 8) อาจเป็นผลมาจากย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุในดิน จึงปลดปล่อยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมบางส่วนให้แก่ดิน (Brady and Weil, 2008) หรืออาจเป็นผลตกค้างมาจากการจัดการในพื้นที่ โดยเฉพาะฟอสฟอรัส เพราะเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้น้อยในดิน จึงมักจะสะสมอยู่ในดิน โดยเฉพาะในดินชั้นบน (Tisdale *et al.*, 1993) และจากการที่ดินเป็นกรดรุนแรง โดยเฉพาะในดินต่ง ฟอสฟอรัสในดินส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปสารเชิงซ้อนของเหล็กและอะลูมิเนียมที่ละลายน้ำยาก ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จึงต่ำ (Von Uexkull, 1986) นอกจากนี้ ดินมีการชะละลายรุนแรง แร่ดินเหนียวส่วนใหญ่มีกิจกรรมต่ำ จึงทำให้โพแทสเซียมถูกชะละลายออกไปจากหน้าตัดดินได้ง่าย โพแทสเซียมจึงมีปริมาณต่ำ (Buol *et al.*, 2003; Zhang *et al.*, 2006; Akande *et al.*, 2010)

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณเบสที่สกัดได้ พบว่า ดินมีปริมาณแคลเซียม โพแทสเซียม โซเดียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำมาก โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.21-0.64, 0.04-0.23, 0.10-0.36 และ 0.08-0.26 เซนติโมลต่อกิโลกรัมตามลำดับ และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก (ภาพที่ 9) ซึ่งสอดคล้องกับร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบสของดินที่อยู่ในระดับต่ำ โดยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 5.0-17.7 ตลอดหน้าตัดดิน (ภาพที่ 9) และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนที่อยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 6.6-10.9 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก (ภาพที่ 10) ในขณะที่สภาพกรดที่สกัดได้ของดินอยู่ในระดับค่อนข้างสูง โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 5.0-10.0 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 10)

จากผลการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น แสดงให้เห็นว่าดินที่ทำการศึกษานี้มีพัฒนาการสูง และมีการชะละลายที่รุนแรง (Singh, 1991) โดยไฮโดรเจนไอออนและอะลูมิเนียมไอออนได้เข้าไปแทนที่เบสที่ดูดซับอยู่บริเวณผิวของอนุภาคดินเหนียว ส่งผลให้เบสเหล่านี้ถูกเคลื่อนย้ายให้ไปอยู่ในสารละลายดิน ซึ่งจะถูกระบายออกไปจากหน้าตัดดินได้ง่าย (Akande *et al.*, 2010)



ภาพที่ 8 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (ก) ไนโตรเจนรวม (ข) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ค) และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ง) ของดิน



ภาพที่ 9 ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ของดิน

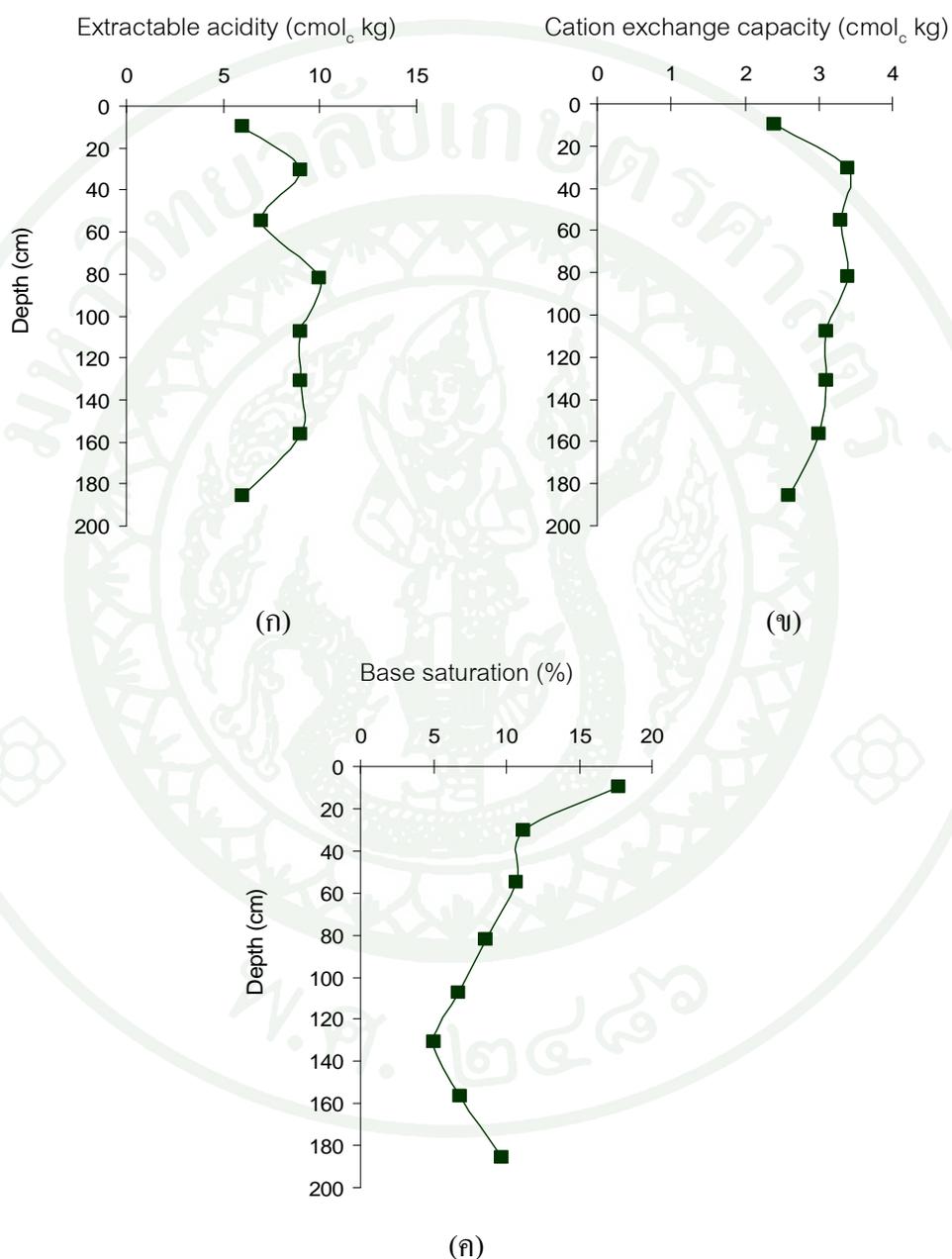
#### 1.5 หน่วยการจำแนกดิน

ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา สมบัติทางฟิสิกส์ และสมบัติทางเคมีของดิน สามารถจำแนกดินตามระบบอนุกรมวิธานดิน (Soil Survey Staff, 2010) ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

ดินที่ทำการศึกษา มีการสะสมดินเหนียวในชั้นดินล่างชัดเจน ที่เรียกว่าชั้นดินล่างวินิจัยอาร์จิลลิก (argillic horizon) และมีร้อยละความอิ่มตัวเบสต่ำกว่าร้อยละ 35 ที่ระดับความลึก 145 เซนติเมตร จึงจัดจำแนกอยู่ในอันดับอัลติซอลส์ (Ultisols)

พื้นที่ที่มีปริมาณฝนค่อนข้างต่ำ ทำให้ดินมีความชื้นจำกัด จึงจัดเข้าในระบบความชื้นดินแบบอัสติก (ustic soil moisture regime) ทำให้ดินนี้อยู่ในอันดับดินย่อย Ustult และพบว่าปริมาณดินเหนียวไม่ลดลงมากกว่าร้อยละ 20 จากชั้นที่มีการสะสมมากที่สุด ภายในระดับความลึก 150 เซนติเมตรจากผิวดิน จึงสามารถจำแนกในระดับกลุ่มดินใหญ่ (great group) ได้เป็น Paleustult

นอกจากนี้ ดินไม่มีลักษณะและคุณสมบัติอื่นใดที่แตกต่างไปจากลักษณะเด่นของกลุ่มดินใหญ่ ดังนั้นดินตัวแทนที่ทำการศึกษาครั้งนี้จัดจำแนกในระดับกลุ่มดินย่อยได้เป็น Typic Paleustult



ภาพที่ 10 สภาพกรดที่สกัดได้ (ก) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (ข) และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (ค) ของดิน

## 2. สมบัติดินก่อนการทดลอง

ผลวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน (ตารางที่ 5) ดินบนและดินล่าง พบว่า ดินเป็นกรดจัดมากทั้งในดินบนและดินล่าง (pH 4.5-4.6) ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำ โดยที่ดินบนมีค่าสูงกว่าในดินล่าง ปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ในระดับต่ำมากทั้งดินบนและดินล่าง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ สำหรับเบสที่สกัดได้พบอยู่ในระดับต่ำมากทั้งหมดยกเว้นที่ดินล่างปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในระดับต่ำ มีค่าเท่ากับ 2.92 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ซึ่งก็มีผลทำให้ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ในชั้นดังกล่าวมีค่าอยู่ในระดับต่ำด้วย (3.68 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ส่วนที่เหลือพบอยู่ในระดับต่ำมาก และปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์พบว่ามีปริมาณต่ำมากโดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.26-0.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมจาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ดินในพื้นที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ มีปริมาณธาตุอาหารในดินต่ำถึงต่ำมาก ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของดินที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง (ชาญ และ โชติ, 2537; ปิยะ และคณะ, 2542)

ตารางที่ 5 ค่าวิเคราะห์สมบัติดินของดินก่อนปลูก

Soil properties	Topsoils	Subsoils
pH	4.50	4.60
Organic matter (g kg <sup>-1</sup> )	9.10	8.60
Total N (g kg <sup>-1</sup> )	0.70	0.60
Available P (mg kg <sup>-1</sup> )	1.10	5.40
Available K (mg kg <sup>-1</sup> )	35.80	58.73
Extractable Ca (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1.39	2.92
Extractable Mg (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0.26	0.55
Extractable K (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0.09	0.17
Extractable Na (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0.06	0.04
Available Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	5.10	5.50
Available Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	0.26	0.35
Sum bases (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1.80	3.68

### 3. ค่าวิเคราะห์ทางเคมีมูลไถ่แกลบและเพอไลต์

ผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 6 โดย พบว่า มูลไถ่แกลบมีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 406 กรัมต่อกิโลกรัม มีปริมาณ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับ 46.90, 7.60 และ 17.60 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ มูลไถ่แกลบมีปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมทั้งหมดเท่ากับ 26.20, 3.20 และ 11.40 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ มีปริมาณจุลธาตุซึ่งได้แก่ เหล็ก สังกะสี แมงกานีส และทองแดงทั้งหมดมีปริมาณเท่ากับ 0.3, 0.5, 0.5 และ 0.04 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ส่วนเพอไลต์ พบว่า มีปริมาณซิลิกอนสูงโดยมีค่าเท่ากับ 322.1 กรัมต่อกิโลกรัม มีปริมาณ เหล็ก สังกะสี แมงกานีส และทองแดงทั้งหมดเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.3 และ 0.1 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ

### 4. ผลผลิตมันสำปะหลัง

#### 4.1 ผลผลิตน้ำหนัสดหัวมันสำปะหลัง

ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง พบว่า เมื่อมีการคลุกเคล้ามูลไถ่แกลบลงในดินก่อนปลูกพืชให้ผลผลิตเท่ากับ 3.59 ตันต่อไร่ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่เพอไลต์ และการใส่วัสดุปรับปรุงดินทั้งสองร่วมกัน แต่สูงกว่าการไม่ใส่มูลไถ่แกลบ (2.87 ตันต่อไร่) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 11ก) การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสี และการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีร่วมกับการคลุกเคล้ามูลไถ่แกลบให้ผลไม่แตกต่างกัน ดารับที่มีการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีเมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1, 2 และ 3 เดือนหลังปลูกครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวสดสูงสุดเท่ากับ 3.51 ตันต่อไร่ (ภาพที่ 11ข) จากผลผลิตหัวสดที่ได้ พบว่า จำนวนครั้งของการฉีดพ่นสังกะสีมีแนวโน้มทำให้ผลผลิตหัวมันสดเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งของการฉีดที่เพิ่มขึ้น และการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีเมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1, 2 และ 3 เดือนหลังปลูกครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับการคลุกเคล้ามูลไถ่แกลบมีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวสดสูงสุดเท่ากับ 3.88 ตันต่อไร่ (ภาพที่ 11ค)

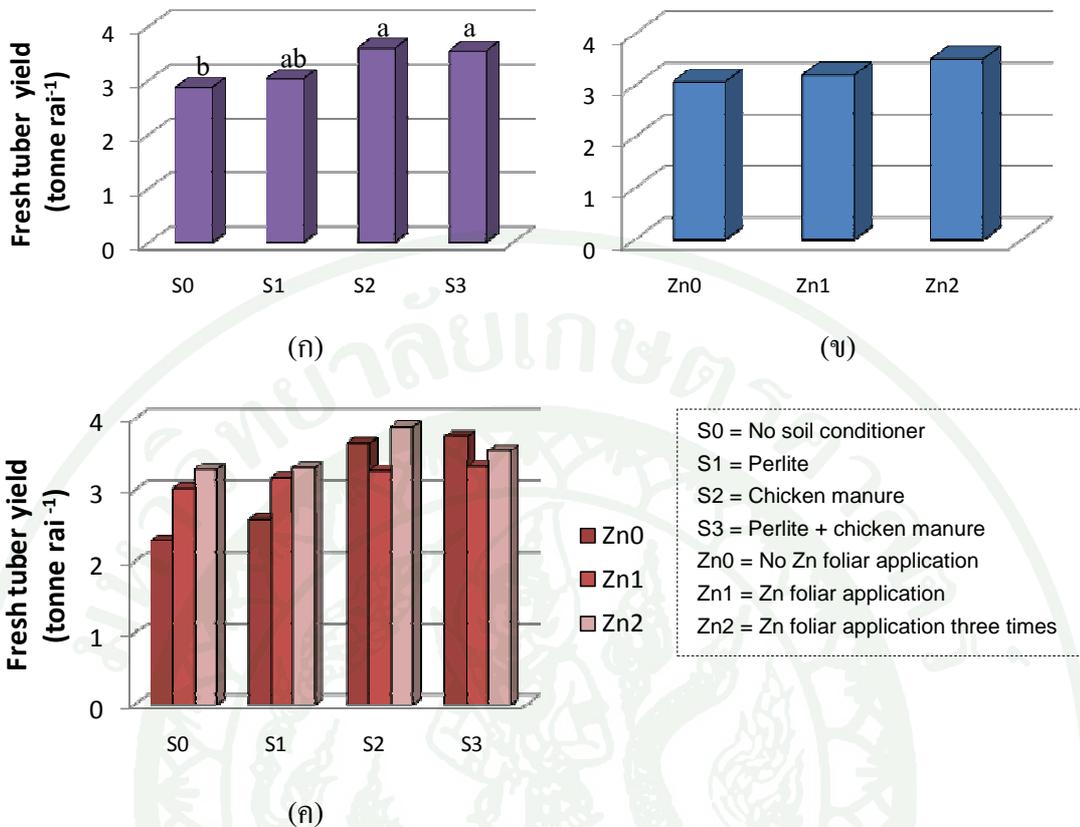
ตารางที่ 6 สมบัติทางเคมีของมูลไก่แกลบและเพอไลต์ที่ใช้ในการทดลอง

Properties	Chicken manure	Perlite
pH	7.0	7.7
EC (dS m <sup>-1</sup> )	1.50	0.26
OM (g kg <sup>-1</sup> )	406	nd
CEC (Cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	65.08	20.25
Total N (g kg <sup>-1</sup> )	46.90	nd
Total P (g kg <sup>-1</sup> )	7.60	nd
Total K (g kg <sup>-1</sup> )	17.60	2.80
Total Ca (g kg <sup>-1</sup> )	26.20	1.20
Total S (g kg <sup>-1</sup> )	nd	2.20
Total Mg (g kg <sup>-1</sup> )	3.20	1.00
Total Na (g kg <sup>-1</sup> )	11.40	1.90
Total Si (g kg <sup>-1</sup> )	nd	322.10
Total Al (g kg <sup>-1</sup> )	nd	80.10
Total Fe (g kg <sup>-1</sup> )	0.30	0.20
Total Zn (g kg <sup>-1</sup> )	0.50	0.40
Total Cu (g kg <sup>-1</sup> )	0.04	0.10
Total Mn (g kg <sup>-1</sup> )	0.50	0.30

**Remark:** nd = not determined

#### 4.2 จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น

จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังไม่มีความแตกต่างกัน ทั้งในตำรับที่มีการคลุกเคล้ามูลไก่แกลบ และเพอไลต์ลงในดิน เช่นเดียวกับการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบในอัตราต่าง ๆ (ภาพที่ 12) อย่างไรก็ตาม การใส่วัสดุปรับปรุงดินมีแนวโน้มทำให้ได้จำนวนหัวต่อต้นสูงกว่าการไม่ใส่ เช่นเดียวกับการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีจำนวน 3 ครั้ง (ภาพที่ 12)



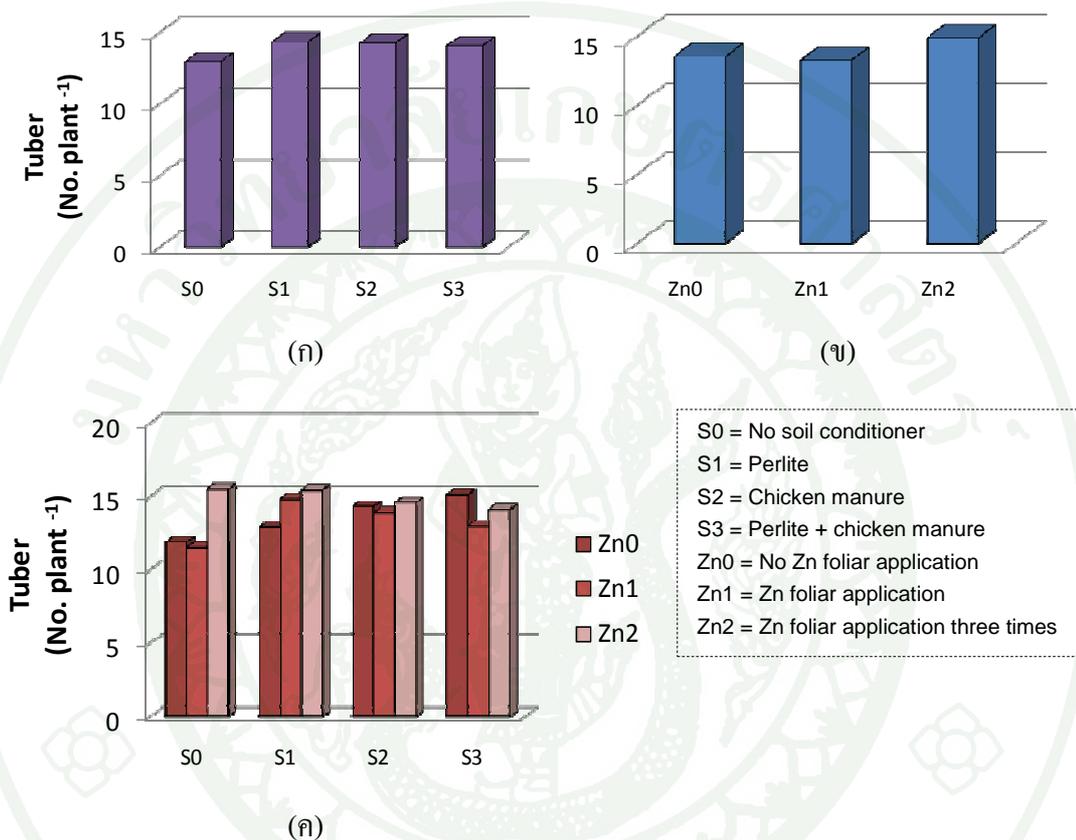
The different letters in graph are significantly different at  $P < 0.05$ .

ภาพที่ 11 ผลผลิตน้ำหนักหัวมันสำปะหลังสดที่ตอบสนองต่อวัสดุปรับปรุงดิน (ก) การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ข) และวัสดุปรับปรุงดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ค)

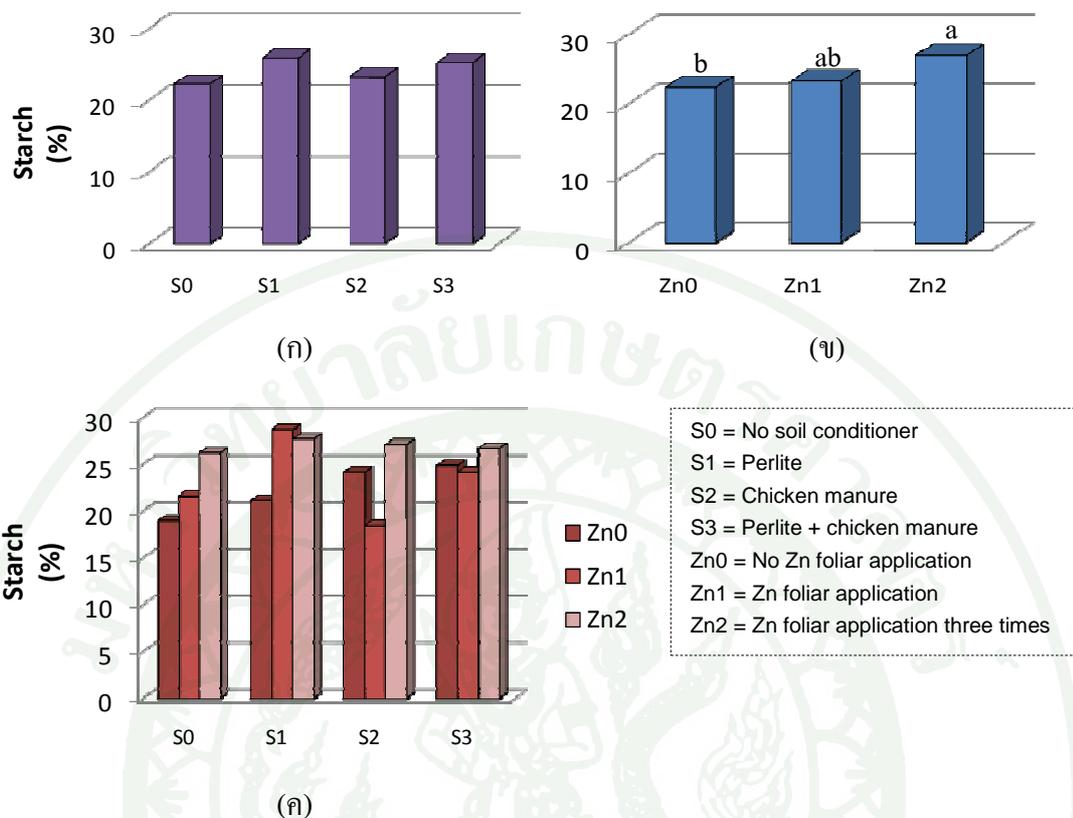
#### 4.3 ร้อยละการสะสมแป้ง

การใช้วัสดุปรับปรุงดินทั้งสองไม่ทำให้อยู่ยละการสะสมแป้งมีความแตกต่างกัน (ภาพที่ 13ก) แต่พบว่า การใส่มูลไก่แกลบส่งผลให้มีการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังลดต่ำลง ทั้งนี้ น่าจะมีเหตุผลมาจากมูลไก่แกลบมีปริมาณไนโตรเจนสูงกว่า ซึ่งมีรายงานว่าเมื่อมันสำปะหลังได้รับไนโตรเจนมากเกินไป จะทำให้เกิดการเจริญเติบโตทางลำต้นมากกว่าการสะสมแป้งในราก จึงส่งผลให้น้ำหนักส่วนเหนือดินทั้งหมดของมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นแต่การสะสมแป้งจะต่ำลง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2551) คำรับที่มีการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีเมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1, 2 และ 3 เดือนหลังปลูกครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้อยู่ยละการสะสมแป้งเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับร้อยละ 26.9 ซึ่งไม่แตกต่างกับการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีเมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1 เดือนหลังปลูกครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่

แต่แตกต่างกับการไม่ฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 13ข) และตำรับที่ฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสี 1 เดือนหลังปลูกครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับคลุกเคล้าเพอไลต์ลงในดินทำให้มีแนวโน้มร้อยละการสะสมแป้งเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับร้อยละ 28.7 (ภาพที่ 13ค)



ภาพที่ 12 จำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ยต่อต้นที่ตอบสนองต่อวัสดุปรับปรุงดิน (ก) การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ข) และวัสดุปรับปรุงดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ค)

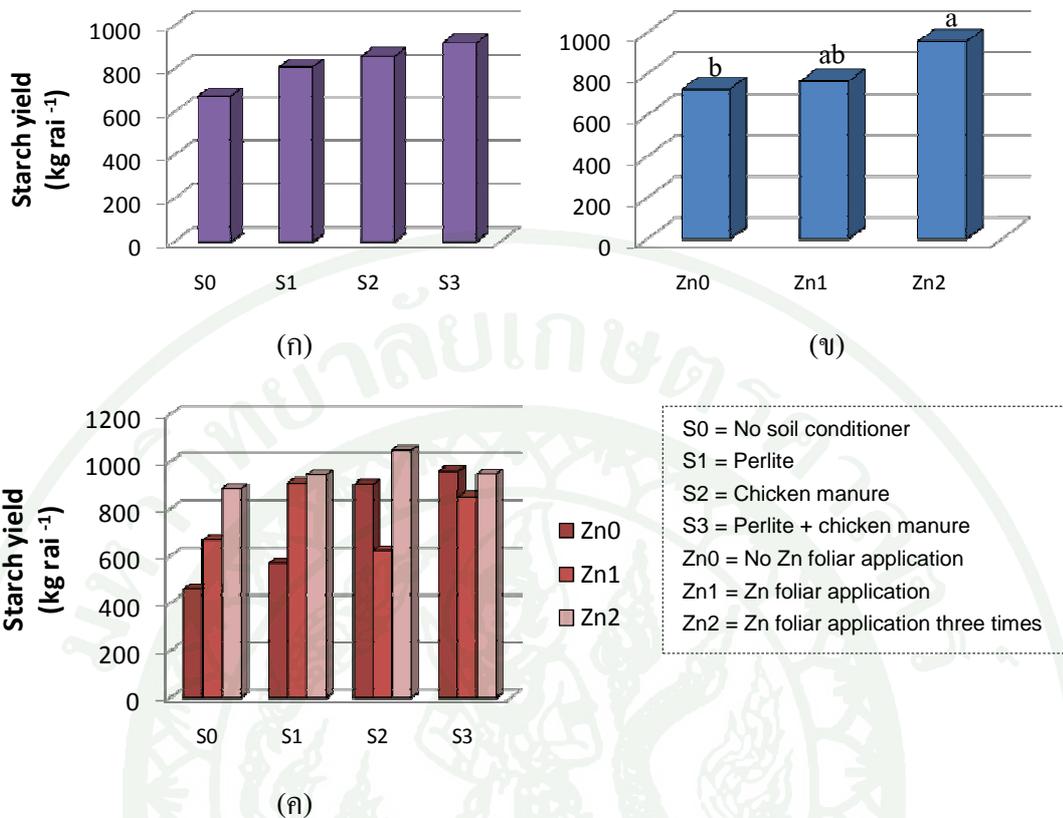


The different letters in graph are significantly different at  $P < 0.05$ .

ภาพที่ 13 ร้อยละการสะสมแป้งของมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อวัสดุปรับปรุงดิน (ก) การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ข) และวัสดุปรับปรุงดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ค)

#### 4.4 ผลผลิตแป้ง

ตำรับที่คลุกเคล้ามูลไก่แกลบร่วมกับเพอไลต์มีแนวโน้มทำให้ได้ผลผลิตแป้งเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 919.1 กิโลกรัมต่อไร่ (ภาพที่ 14ก) ตำรับที่มีการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีเมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1, 2 และ 3 เดือนหลังปลูกครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่ จะให้ผลผลิตแป้งสูงสุดเท่ากับ 955.8 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งไม่แตกต่างจากการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีเมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1 เดือนหลังปลูกครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่ แต่สูงกว่าเมื่อไม่ฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 14ข) และการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีเมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1, 2 และ 3 เดือนหลังปลูกครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับคลุกเคล้ามูลไก่แกลบและเพอไลต์ มีแนวโน้มทำให้ได้ผลผลิตแป้งเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 1,046.3 กิโลกรัมต่อไร่ (ภาพที่ 14ค)



The different letters in graph are significantly different at  $P < 0.05$ .

ภาพที่ 14 ผลผลิตแป้งของมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อตอบสนองต่อวัสดุปรับปรุงดิน (ก) การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ข) และวัสดุปรับปรุงดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ค)

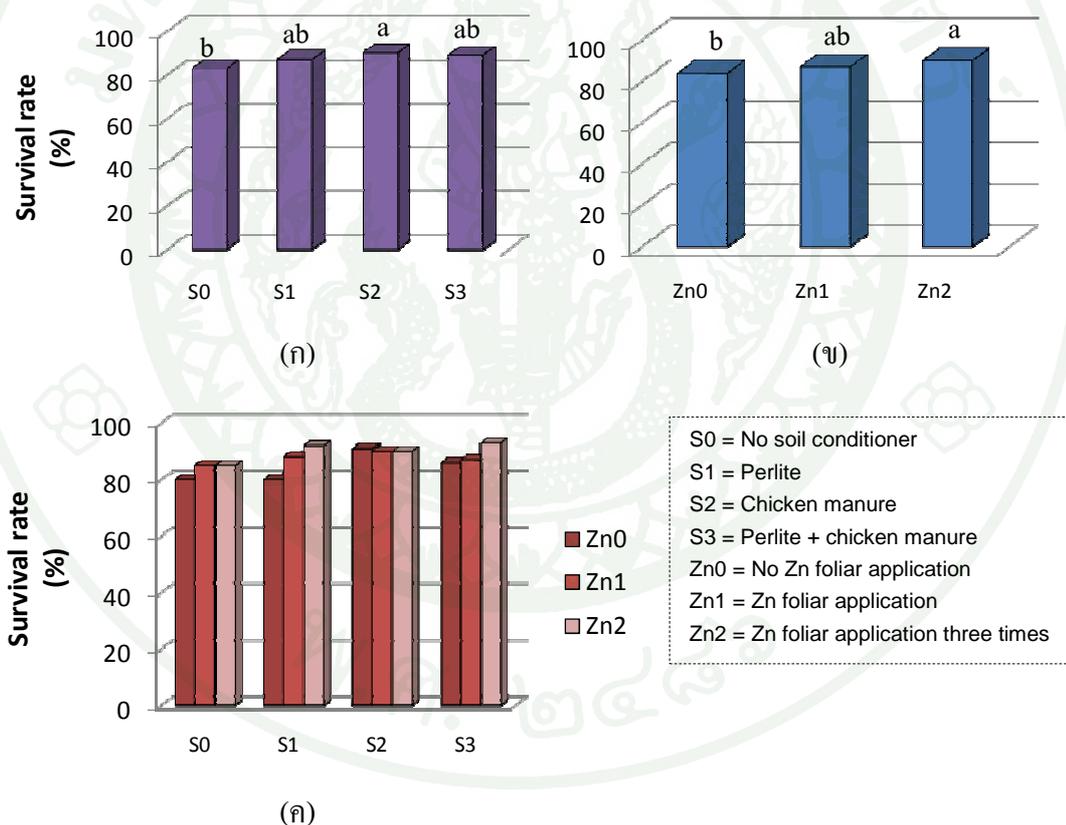
#### 4.5 อัตราการรอดตาย

การคลุกเคล้ามูลไก่แก่ลงในดินก่อนปลูกมันสำปะหลังทำให้ร้อยละอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 90 ซึ่งไม่แตกต่างกับการคลุกเคล้าเพอไลต์ แต่แตกต่างกับการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินทั้งสองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 15ก) สำหรับที่มีการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีเมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1, 2 และ 3 เดือนหลังปลูกครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ร้อยละอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 90 ซึ่งไม่แตกต่างกับสำหรับที่ฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีเมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1 เดือนหลังปลูกครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่ แต่แตกต่างกับการไม่ฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 15ข) และสำหรับที่ฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสี 1, 2 และ 3 เดือนหลังปลูกครั้งละ 3

กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับคลุกเคล้ามูลไก่แกลบและเพอไลต์ มีแนวโน้มทำให้ร้อยละอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับร้อยละ 93 (ภาพที่ 15ค)

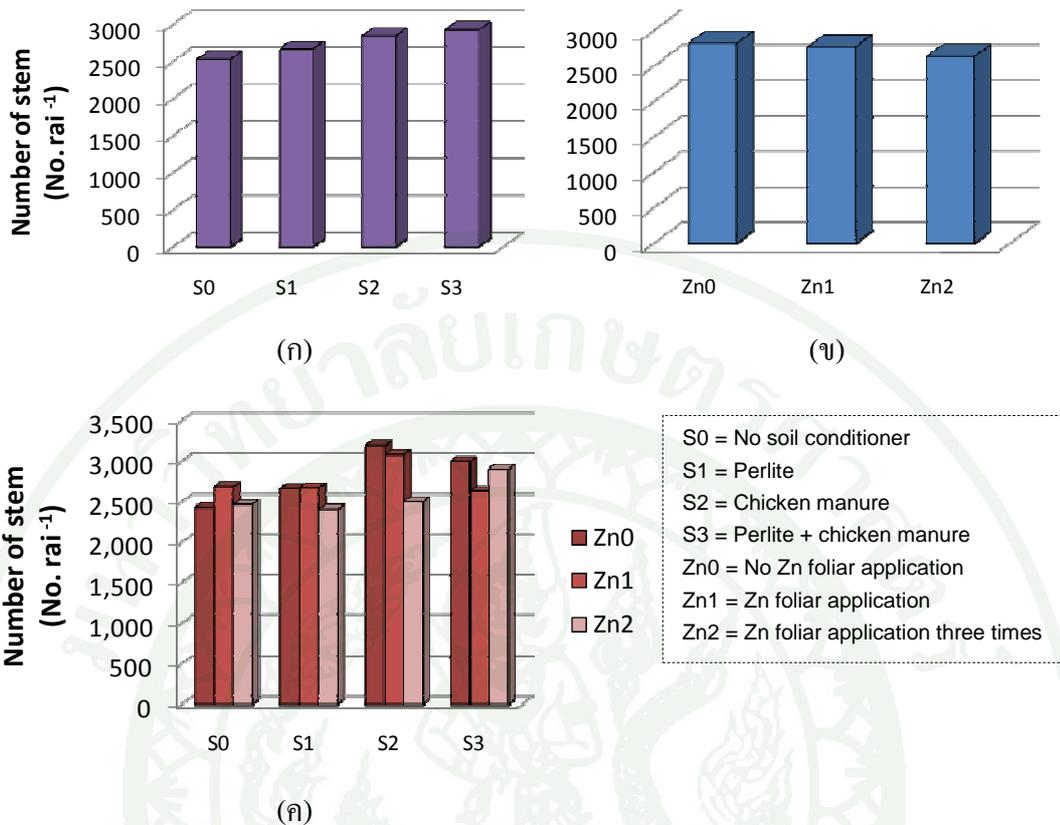
#### 4.6 จำนวนต้น (ท่อนพันธุ์)

จำนวนต้นเฉลี่ยของมันสำปะหลังไม่มีความแตกต่างกันทั้งในตำรับที่มีการคลุกเคล้ามูลไก่แกลบ และเพอไลต์ลงในดิน และการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบในอัตราต่าง ๆ (ตารางผนวกที่ 3) แต่การคลุกเคล้ามูลไก่แกลบลงในดินก่อนปลูกโดยไม่มีการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบมีแนวโน้มทำให้จำนวนต้นเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 3,195 ต้นต่อไร่ (ภาพที่ 16)



The different letters in graph are significantly different at  $P < 0.05$ .

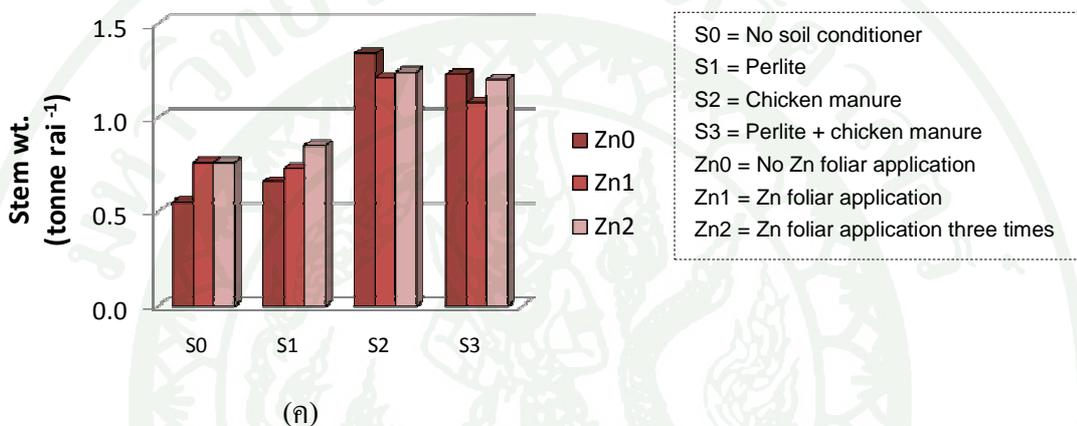
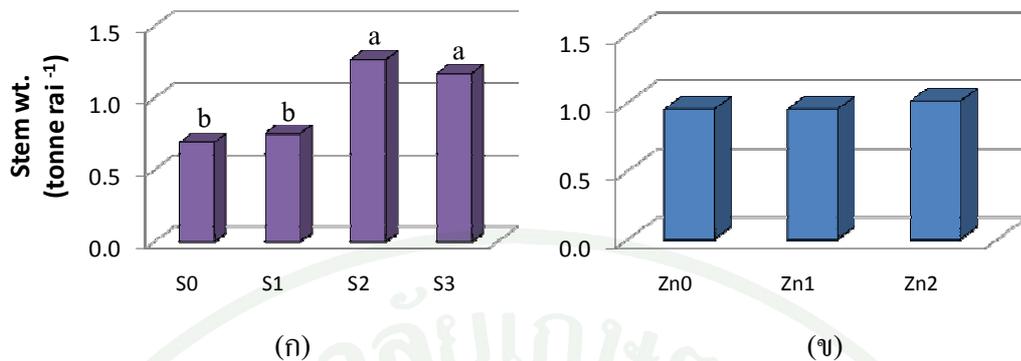
ภาพที่ 15 อัตราการรอดตายของมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อวัสดุปรับปรุงดิน (ก) การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ข) และวัสดุปรับปรุงดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ค)



ภาพที่ 16 จำนวนต้น (ท่อนพันธุ์) ของมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อตอบสนองต่อวัสดุปรับปรุงดิน (ก) การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ข) และวัสดุปรับปรุงดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ค)

#### 4.7 น้ำหนักต้น

การคลุกเคล้ามูลไก่เกลบลงในดินก่อนปลูกมันสำปะหลังทำให้ได้น้ำหนักต้นเท่ากับ 1.27 ต้นต่อไร่ ซึ่งไม่แตกต่างกับการคลุกเคล้ามูลไก่เกลบร่วมกับเพอไลต์ แต่สูงกว่าการใส่เพอไลต์เพียงอย่างเดียว และการไม่ใส่มูลไก่เกลบอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 17ก) ส่วนการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีในอัตราต่าง ๆ และการฉีดพ่นร่วมกับวัสดุปรับปรุงทั้งสองชนิดได้น้ำหนักต้นที่ไม่แตกต่างกัน โดยการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ 3 ครั้งครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อพืชอายุได้ 1, 2 และ 3 เดือนมีแนวโน้มให้น้ำหนักต้นสูงสุดเท่ากับ 1.01 ต้นต่อไร่ (ภาพที่ 17ข)



The different letters in graph are significantly different at  $P < 0.05$ .

ภาพที่ 17 น้ำหนักต้นของมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อวัสดุปรับปรุงดิน (ก) การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ข) และวัสดุปรับปรุงดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ค)

#### 4.8 น้ำหนักใบและกิ่งก้าน

การคลุมเคล้ามูลไก่เกลบลงในดินทำให้น้ำหนักใบ และกิ่งก้านเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 740.45 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับการไม่ใส่มูลไก่เกลบลงในดินและการใส่ปุ๋ยไล่เพียงอย่างเดียว และการใส่ร่วมกันระหว่างมูลไก่เกลบและปุ๋ยไล่ (ภาพที่ 18ก) การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบจำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1, 2 และ 3 เดือนทำให้น้ำหนักใบและกิ่งก้านเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 543.31 กิโลกรัมต่อไร่ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการไม่ฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบหรือการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบจำนวน 1 ครั้ง (ภาพที่ 18 ข) และการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบจำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อมันสำปะหลังอายุได้

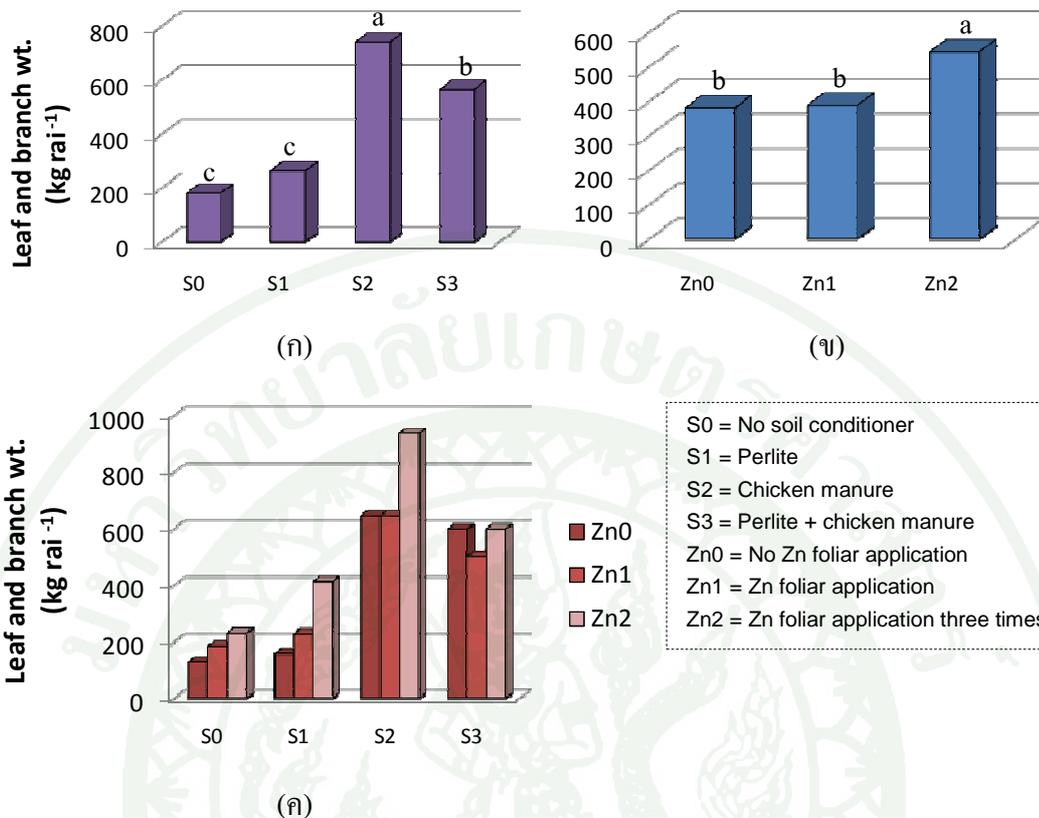
1, 2 และ 3 เดือนร่วมกับการคลุกเคล้ามูลไก่แกลบลงดินก่อนปลูก มีแนวโน้มทำให้ได้น้ำหนักใบ และกิ่งก้านเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 935.25 กิโลกรัมต่อไร่ (ภาพที่ 18ค)

#### 4.9 น้ำหนักเหง้า

การคลุกเคล้ามูลไก่แกลบลงดินทำให้น้ำหนักเหง้าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 669.25 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าการไม่ใส่มูลไก่แกลบอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 19ก) ส่วนการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีในอัตราต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกัน (ภาพที่ 19ข) โดยดำรับที่ฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสี 1 เดือนหลังปลูกครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มให้น้ำหนักเหง้าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 513 กิโลกรัมต่อไร่ และการคลุกเคล้ามูลไก่แกลบร่วมกับฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสี 1 เดือนหลังปลูกครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มให้น้ำหนักเหง้าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 684.75 กิโลกรัมต่อไร่ (ภาพที่ 19ค)

#### 4.10 น้ำหนักส่วนเหนือดิน

การคลุกเคล้ามูลไก่แกลบลงดินทำให้น้ำหนักส่วนเหนือดินเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 2.01 ตันต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าการไม่ใส่มูลไก่แกลบอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 20ก) ส่วนการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีในอัตราต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกัน (ภาพที่ 20ข) โดยดำรับที่ฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ จำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1, 2 และ 3 เดือน มีแนวโน้มให้น้ำหนักส่วนเหนือดินเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 1.56 ตันต่อไร่ และการคลุกเคล้ามูลไก่แกลบร่วมกับฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบจำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1, 2 และ 3 เดือน มีแนวโน้มให้น้ำหนักส่วนเหนือดินเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 2.18 ตันต่อไร่ (ภาพที่ 20ค)

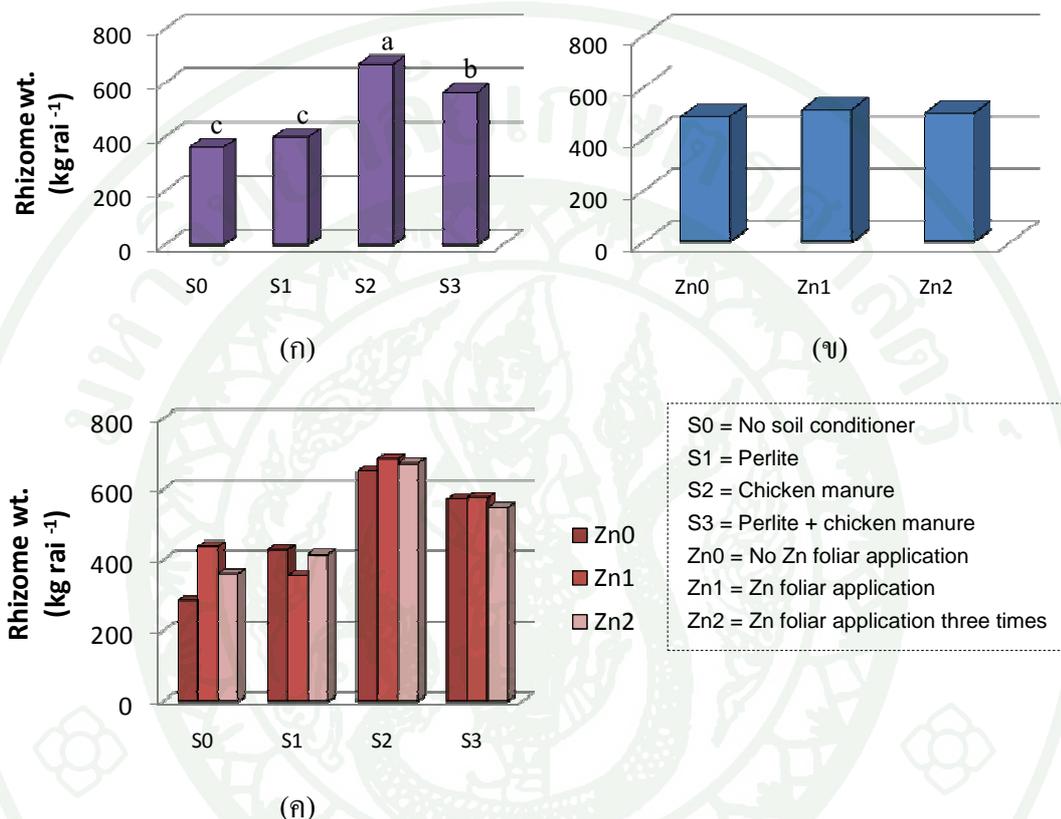


The different letters in graph are significantly different at P< 0.05.

ภาพที่ 18 น้ำหนักใบและกิ่งก้านของมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อวัสดุปรับปรุงดิน (ก) การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ข) และวัสดุปรับปรุงดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ค)

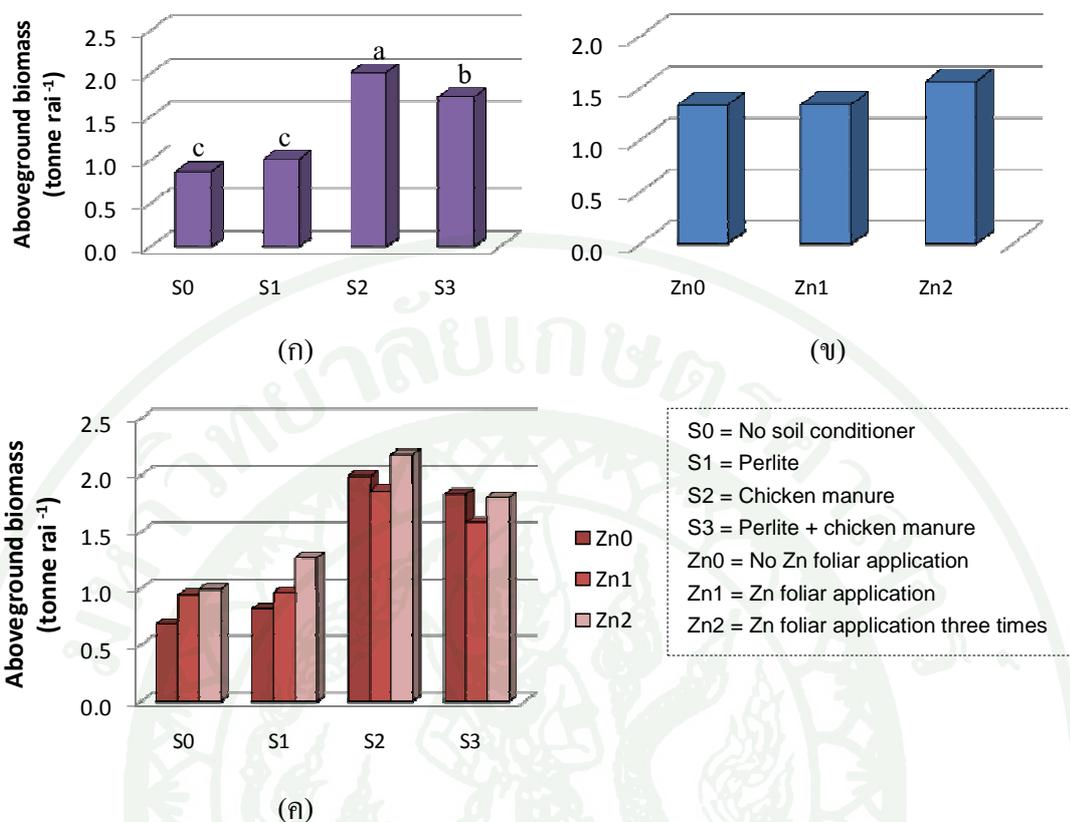
โดยภาพรวม พบว่า การใส่มูลไก่เกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินสูงกว่าการใส่วัสดุปรับปรุงดินอื่น ๆ อย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับผลผลิตหัวมันสดที่ได้ก็สูงที่สุดด้วย ทั้งนี้ น่าจะเป็นเหตุผลมาจากมูลไก่เกลบมีปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ โดยเฉพาะจุลธาตุอาหารสูงกว่าวัสดุปรับปรุงดินชนิดอื่น ๆ จึงช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง (Materechera and Mkhabela, 2002) แต่อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่าหากให้มูลไก่ในอัตราสูงจะส่งผลให้มันสำปะหลังเจริญเติบโตทางลำต้น มากกว่าที่สร้างหัวมันสำปะหลัง (ประภาส และคณะ, 2550) นอกจากนี้ จากการศึกษาในพื้นที่เดียวกันซึ่งเป็นชุดดินยโสธร พบว่า การใส่มูลไก่เกลบ อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้น้ำหนักเหง้าสด น้ำหนักลำต้นสด และน้ำหนักใบสดมันสำปะหลังสูงสุด มีค่าเท่ากับ 570, 1,355 และ 894 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ (สัมฤทธิ์, 2553) ส่วนการศึกษาในลักษณะที่คล้ายคลึงกัน พบว่า การใส่มูลไก่เกลบทำให้พืชมีน้ำหนักส่วนเหนือดินทั้งหมดเท่ากับ 1.49 ตันต่อ

ไร่ ขณะที่การปลูกมันสำปะหลังบนชุดดินวาริน พบว่า การใส่มูลไก่แกลบทำให้พืชมีน้ำหนักส่วนเหนือดินทั้งหมดเท่ากับ 2.94 ตันต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าการไม่ใส่มูลไก่แกลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ศิรินทรา, 2553)



The different letters in graph are significantly different at  $P < 0.05$ .

ภาพที่ 19 น้ำหนักเหง้าของมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อวัสดุปรับปรุงดิน (ก) การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ข) และวัสดุปรับปรุงดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ค)



The different letters in graph are significantly different at  $P < 0.05$ .

ภาพที่ 20 น้ำหนักส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อวัสดุปรับปรุงดิน (ก) การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ข) และวัสดุปรับปรุงดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ (ค)

## 5. ความเข้มข้นของธาตุอาหารใบมันสำปะหลัง

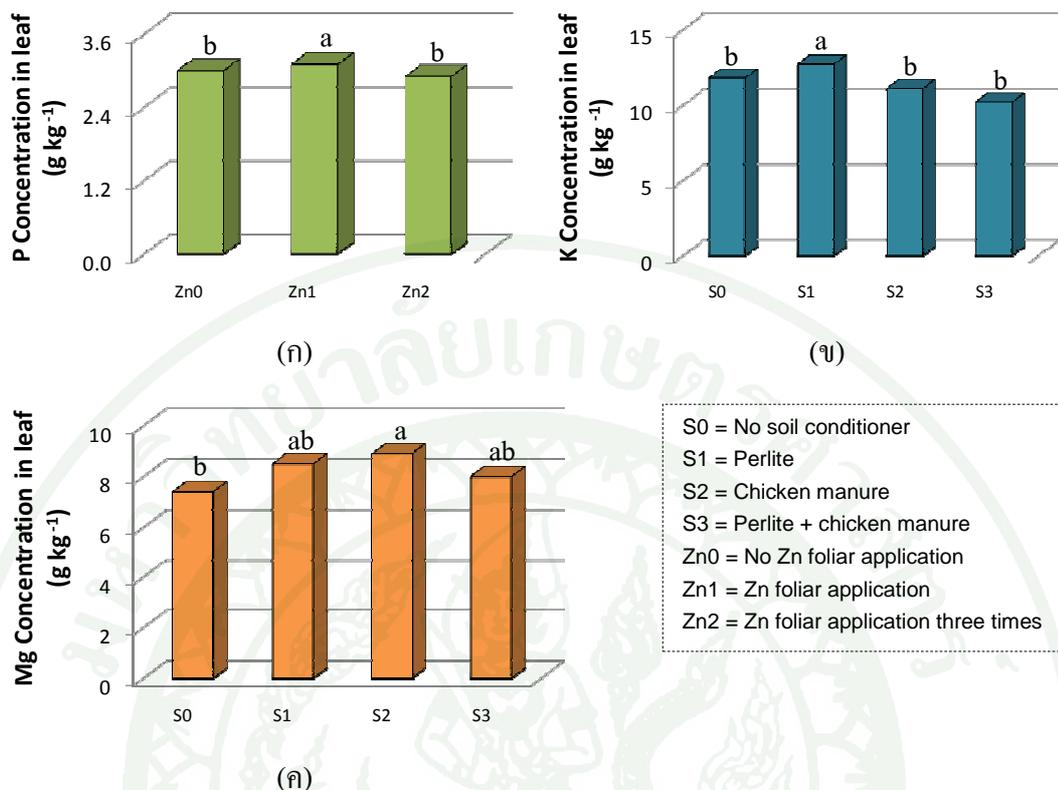
ค่าวิเคราะห์ใบมันสำปะหลัง พบว่า ความเข้มข้นของธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอาหารในใบมันสำปะหลัง ไม่มีความแตกต่างกัน ยกเว้น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและแมกนีเซียม (ตารางผนวกที่ 5 และ 6) โดยที่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีผลต่อความเข้มข้นของโพแทสเซียมเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 12.7 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าการไม่ใส่อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 21 ข) ส่วนการใส่มูลไก่แกลบทำให้มีความเข้มข้นของแมกนีเซียมเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 8.9 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าการไม่ใส่มูลไก่แกลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 21ค) และการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ 1 เดือนหลังปลูกครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลต่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบ

มันสำปะหลังเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 3.1 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าการไม่ฉีดพ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 21)

อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในใบไม่สอดคล้องกับผลผลิตที่ได้ซึ่งการใส่มูลไก่เกลบทำให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงที่สุด (3.59 ตันต่อไร่) แต่กลับมีปริมาณธาตุอาหารหลักในใบอยู่ในระดับต่ำ (ตารางผนวกที่ 11) โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 32.3-40.3, 2.9-3.2 และ 9.6-3.1 กรัมต่อกิโลกรัม สำหรับไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมตามลำดับ ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของมันสำปะหลัง (Howeler, 1985) และสอดคล้องกับการศึกษาของสัมฤทธิ์ (2553) ในพื้นที่เดียวกันซึ่งเป็นชุดดินยโสธร ทั้งนี้การใส่มูลไก่เกลบทำให้น้ำหนักส่วนเหนือดินสูงที่สุด แสดงว่าปริมาณธาตุอาหารหลักไม่ได้เหมาะสมเฉพาะที่ใบ แต่อาจสะสมอยู่ในส่วนที่เป็นกิ่งก้าน หรือ ลำต้นมากกว่า (Johnson *et al.*, 2000)

ส่วนปริมาณธาตุอาหารรอง พบว่า การใส่มูลไก่เกลบมีแนวโน้มทำให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารรองในใบอยู่ในระดับสูง (ตารางผนวกที่ 11) โดยมีพิสัยอยู่ใน 7.7-10.1 และ 7.2-9.8 กรัมต่อกิโลกรัมสำหรับแคลเซียม และแมกนีเซียมตามลำดับ ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของมันสำปะหลัง (Howeler, 1985) ทั้งนี้ น่าจะเป็นผลมาจากมูลไก่เกลบมีปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียม เป็นองค์ประกอบอยู่สูงจึงปลดปล่อยออกมาในดินให้พืชดูดใช้ (Favaretto *et al.*, 2006) สำหรับในกรณีของมูลไก่เกลบที่ใช้ในการศึกษานี้มีปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมอยู่เท่ากับ 26.20 และ 3.20 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ แต่ไม่สอดคล้องกับการศึกษาของสัมฤทธิ์ (2553) ในพื้นที่เดียวกันซึ่งเป็นชุดดินยโสธร

ปริมาณของจุลธาตุอาหารในใบมันสำปะหลัง พบว่า การใส่มูลไก่เกลบมีแนวโน้มทำให้ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารในใบมันสำปะหลังอยู่ในระดับสูงมาก ยกเว้น ปริมาณสังกะสีที่มีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการของมันสำปะหลัง (ตารางผนวกที่ 11) (Howeler, 1985)

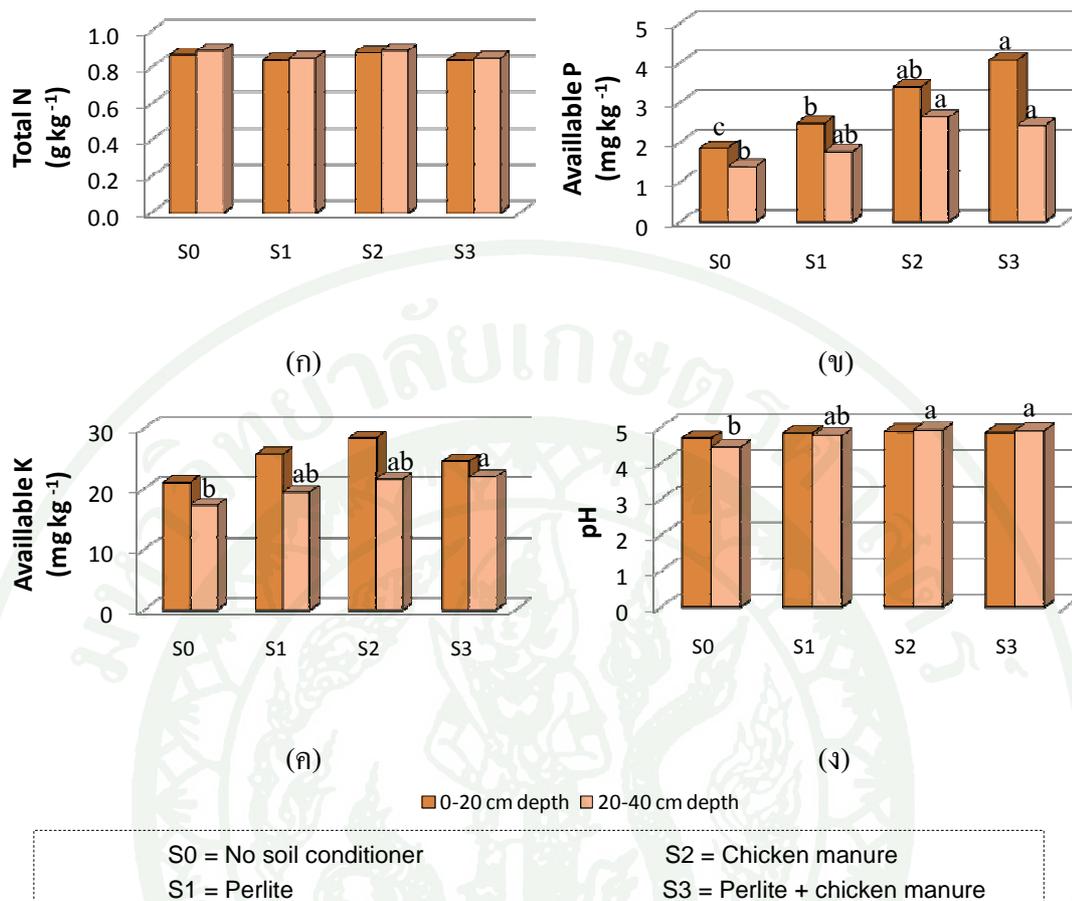


The different letters in graph are significantly different at  $P < 0.05$ .

ภาพที่ 21 ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส (ก) ในใบมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อปุ๋ยสังกะสีทางใบ ความเข้มข้นของโพแทสเซียม (ข) และของแมกนีเซียม (ค) ในใบมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อวัสดุปรับปรุงดิน

## 6. สมบัติดินหลังปลูก

การใส่มูลไก่แกลบและเพอไลต์ทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สะสมในดินที่ความลึก 0-20 เซนติเมตร และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ระดับความลึก 20-40 เซนติเมตรสูงกว่าการไม่ใส่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 22ค) แต่กรณีของฟอสฟอรัสที่ความลึก 20-40 เซนติเมตร เฉพาะการใส่มูลไก่แกลบเท่านั้นที่มีผลต่อการสะสมธาตุนี้ (ภาพที่ 22ข และตารางผนวกที่ 7 และ 8)

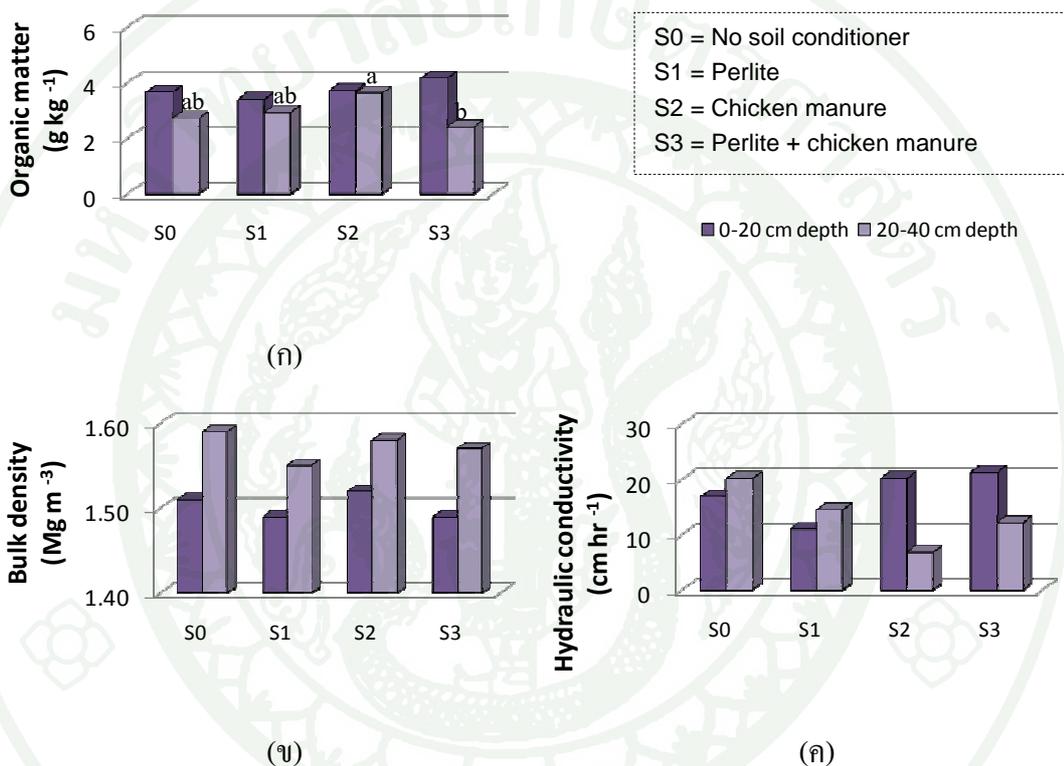


The different letters in graph are significantly different at  $P < 0.05$ .

ภาพที่ 22 ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมด (ก) ฟอสฟอรัส (ข) และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ค) และพีเอชดิน (ง) ในดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร และ 20-40 เซนติเมตร

พีเอชดิน พบว่าการใส่มูลไก่แกลบมีแนวโน้มทำให้ค่าพีเอชเฉลี่ยเพิ่มขึ้นทั้งดินบนและดินล่าง (ตารางผนวกที่ 9) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสัมฤทธิ์ (2553) ในพื้นที่เดียวกันซึ่งเป็นชุดดินยโสธร อย่างไรก็ตามค่าพีเอชที่เพิ่มขึ้นมีค่าไม่มากนักทั้งนี้ น่าจะเป็นผลมาจากตัวดินเองที่มีเนื้อดินค่อนข้างหยาบและมีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ จึงส่งผลให้แคตไอออนที่เป็นเบสถูกชะละลายออกไปจากหน้าตัดดินได้ง่าย (Von Uexkull, 1986; Brady and Weil, 2008) และปริมาณอินทรีย์วัตถุพบว่าที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร การใส่เพอไลต์ร่วมกับมูลไก่แกลบมีแนวโน้มทำให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงสุด ส่วนที่ระดับความลึก 20-40 เซนติเมตร การใส่มูลไก่แกลบทำให้มีปริมาณ

อินทรีย์วัตถุที่สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอื่น ๆ (ภาพที่ 23ก) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสัมฤทธิ์ (2553) ในพื้นที่เดียวกันซึ่งเป็นชุดดินยโสธร ส่วนความหนาแน่นรวมและสภาพการนำน้ำดินขณะอิ่มตัว พบว่า วัสดุปรับปรุงดินทั้งสองชนิดไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมากนัก (ภาพที่ 23ข และค) โดยการใส่เพอไลต์ร่วมกับมูลไก่เกลบมีแนวโน้มทำให้ค่าความหนาแน่นรวมลดลง สอดคล้องกับสภาพการนำน้ำดินขณะอิ่มตัวที่เร็วขึ้น (ภาพที่ 23ข และค)



The different letters in graph are significantly different at  $P < 0.05$ .

ภาพที่ 23 ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุ (ก) ความหนาแน่นรวมของดิน (ข) และสภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (ค)

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

การตอบสนองของมันสำปะหลังบนชุดดินยโสธร (Typic Paleustult) การใส่มูลไก่เกลบที่อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด และน้ำหนักส่วนเหนือดินทั้งหมดเฉลี่ยสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่มูลไก่เกลบ การใส่ปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มทำให้จำนวนหัวมันสำปะหลังต่อต้น และร้อยละการสะสมแป้งที่สูงที่สุด และทำให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังเฉลี่ยสูงที่สุด ขณะที่การใส่มูลไก่เกลบทำให้ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบเฉลี่ยสูงที่สุด

การใส่ปุ๋ยไลต์ร่วมกับมูลไก่เกลบทำให้ได้ผลผลิตแป้งเฉลี่ยสูงกว่าเมื่อเทียบกับการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินทั้งสอง การใส่ปุ๋ยไลต์ร่วมกับมูลไก่เกลบยังมีผลทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สะสมในดินที่ความลึก 0-20 เซนติเมตรและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ระดับความลึก 20-40 เซนติเมตร แต่กรณีของฟอสฟอรัสที่ความลึก 20-40 เซนติเมตรเฉพาะมูลไก่เกลบเท่านั้นที่มีผลต่อการสะสมธาตุนี้ การใส่มูลไก่เกลบมีแนวโน้มให้พีเอชดินเฉลี่ยเพิ่มขึ้นทั้งดินบนและดินล่าง ส่วนการใส่ปุ๋ยไลต์ร่วมกับมูลไก่เกลบมีแนวโน้มให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลงและสภาพการนำน้ำดินขณะอิ่มตัวเร็วขึ้น

การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบจำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1, 2 และ 3 เดือน มีผลทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด และร้อยละการสะสมแป้ง และผลผลิตแป้งสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสี การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ 1 เดือนหลังปลูกในอัตราเดียวกัน มีผลทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลังเฉลี่ยสูงที่สุด ขณะที่การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีจำนวน 3 ครั้ง ร่วมกับการใส่มูลไก่เกลบมีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสูงที่สุด และการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีจำนวน 1 ครั้ง ร่วมกับการใส่ปุ๋ยไลต์ทำให้ได้ร้อยละการสะสมแป้งสูงที่สุด

### ข้อเสนอแนะ

1) เมื่อพิจารณาถึงปริมาณผลผลิตหัวมันสด การใช้มูลไก่แกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ คลุกเคล้าลงในดินก่อนปลูกน่าจะเหมาะสมที่สุดเนื่องจากให้ผลผลิตในปริมาณที่ไม่แตกต่างกับการฉีดพ่นสังกะสีร่วมแต่อย่างใด แต่ในกรณีหลังเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต

2) ในสถานการณ์ปัจจุบันที่หัวมันสำปะหลังสดมีราคาก่อนข้างสูง การฉีดพ่นสังกะสี 3 ครั้ง ครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1, 2 และ 3 เดือนร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบมีแนวโน้มที่จะนำไปปฏิบัติได้ เนื่องจากให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงกว่าการใส่มูลไก่แกลบเพียงอย่างเดียวเฉลี่ยประมาณ 1 ตันต่อไร่

3) เมื่อพิจารณาการใช้เพอไลต์อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่คลุกเคล้าลงในดินก่อนปลูก พบว่าไม่มีความแตกต่างทางผลผลิตมันสำปะหลัง ถึงแม้พบว่าการใส่เพอไลต์ร่วมกับมูลไก่แกลบมีแนวโน้มทำให้ค่าความหนาแน่นลดลงและค่าการนำน้ำขณะอิ่มตัวเร็วขึ้น แต่ก็มีผลแตกต่างเพียงเล็กน้อย จึงควรมีการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้เพอไลต์เพื่อหาความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างอัตราการใช้กับการเพิ่มขึ้นของผลผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การศึกษาต่อเนื่องในปีที่ 2 และ 3 ซึ่งคาดว่าจะมีผลตกค้างจากเพอไลต์ และมูลไก่ที่ใส่ลงไปในปีแรก และการตอบสนองของผลผลิตพืชหากมีการใส่ในปริมาณเท่าเดิมในปีที่สอง

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2547. **มันสำปะหลัง**. เอกสารวิชาการ ลำดับที่ 7. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2551. **การจัดการดินและระบบการปลูกมันสำปะหลัง**. แหล่งที่มา: [www.idd.go.th/new\\_hp/vichakarn/manual/cassava/p3.html](http://www.idd.go.th/new_hp/vichakarn/manual/cassava/p3.html), 20 มกราคม 2553
- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2554. **รายงานสภาวะอากาศ-นครราชสีมา** แหล่งที่มา: <http://www.tmd.go.th/province.php?id=20>, 13 เมษายน 2554
- กองสำรวจดิน. 2523. **คู่มือจำแนกความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ**. เอกสารวิชาการ เล่มที่ 28. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- คณะกรรมการจัดทำหนังสือพจนานุกรมปฐพีวิทยา. 2551. **พจนานุกรมปฐพีวิทยา**. ภาควิชาปฐพีวิทยามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จรุงสิทธิ์ ลีมีศิตา และ อัจฉรา ลีมีศิตา. 2547. ประวัติและความสำคัญ, น. 1-3. ใน **เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง ลำดับที่ 7/2547**. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- จำลอง กกรัมย์, บุญเหลือ ศรีมุงคุณ, นมรัตน์ นวนิษยธรรม และ วงเดือน ประสมทอง. 2545. ผลของชนิดและอัตราปุ๋ยมูลไก่อต่อผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในสภาพดินร่วนปนทราย. **ดินและปุ๋ย** 24: 142-151.

ชุมพล วรรณสาร และ คำรงค์ บัวประดับกุล. 2533. รายงานการสำรวจวิเคราะห์การใช้ที่ดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

ชาญ ธิรพร และ โชติ สิทธิบุศย์. 2537. ดินและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพกับมันสำปะหลัง. ใน ศูนย์วิจัยพืชไร่, รวบรวม. มันสำปะหลัง. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

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

दनัย สุภาพาร. 2537. พฤกษศาสตร์และพันธุ์ของมันสำปะหลัง, น. 14-30. ใน: สถาบันวิจัยพืชไร่, ผู้รวบรวม. มันสำปะหลัง. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทย. 2550. ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง-การส่งออกขยายตัวต่อเนื่อง. แหล่งข้อมูล: เว็บไซต์สำนักข่าวเนชั่น (Th) ธนาคารนครหลวงไทย, ข้อมูลเพิ่มเติม ราคาขายมันสำปะหลัง, 28 กันยายน 2550.

ทักษิณี อัดตะนันท์. 2537. บทบาทของสารปรับปรุงดิน. เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการ. แหล่งที่มา: <http://www.sfst.org/conference/Codition/conditionerrole.htm>, 24 กุมภาพันธ์ 2548

ทักษิณี อัดตะนันท์ และ จงรักย์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน และพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นงคราญ กาญจนประเสริฐ. 2529. การศึกษาลักษณะวินิจฉัยที่สำคัญในการพัฒนาการของดินและศักยภาพของดินอัลฟีโซลส์ บริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิคม จิงอยู่สุข. 2538. รายงานการศึกษาวิจัยหินเพอร์ไลต์ บริเวณกลุ่มหินภูเขาไฟ ลำน้ำรายณ์  
จังหวัดลพบุรี. กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี.

ไพบูลย์ ประพตศิธรรม. 2528. **เคมีของดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัย  
เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประภาส ช่างเหล็ก, วิจารย์ วิชชกิจ, เอ็ง สโรบล, สุเมศ ทับเงิน, สุดประสงค์ สุวรรณเลิศ, และ  
ปรีชา เพชรประไพ. 2550. ผลของ ยิปซัม ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยเคมี ที่มีต่อผลผลิตหัวสดและ  
ปริมาณแป้งของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 และพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในช่วงปลายฤดู  
ฝน, น. 546-554. ใน **เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่  
45: สาขาพืช**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประวัตติ อุทโยภาส. 2526. **อิทธิพลของอัตราส่วนของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน และโพแทสเซียม สัดส่วน  
และระยะเวลาของการใส่ปุ๋ยที่มีต่อการเจริญเติบโตผลผลิต และคุณภาพของมันสำปะหลัง**.  
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

ปิยะ ดวงพัตรา, วิจารย์ วิชชกิจ, เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์, ปิยะวุฒิ พูลสงวน, จำลอง เจียม  
จันรรจา, เอ็ง สโรบล และ วังวี เลิศมงคล. 2542. **ดินและปุ๋ยมันสำปะหลัง**. เอกสาร  
เผยแพร่ทางวิชาการโครงการเพื่อบรรเทาผลกระทบทางสังคมเนื่องจากวิกฤตการณ์ทาง  
เศรษฐกิจ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปิยะ ดวงพัตรา. 2546. **ดินและปุ๋ยมันสำปะหลัง**, หน้า 6-32. ใน **มันสำปะหลัง**. เอกสาร  
ประกอบการฝึกอบรมเพื่อสร้างวิทยากรมันสำปะหลังในท้องถิ่น มูลนิธิสถาบันพัฒนา  
มันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ภาคพืชไร่ฯ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 30  
เมษายน-พฤษภาคม 2546 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน, กรุงเทพฯ.

มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย. 2552ก. **รายงานคณะสำรวจภาวะการผลิต  
และการค้ำมันสำปะหลัง ปี 2552/2553**. แหล่งที่มา: <http://www.tapiocathai.org/L1.html>,  
10 กันยายน 2552.

มูลนิธิสถาบันพัฒนาไม้ส้าปะหลังแห่งประเทศไทย. 2552ข. รายงานคณะสำรวจภาวะการผลิต และการค้าไม้ส้าปะหลัง ปี 2551/2552. แหล่งที่มา: <http://www.tapiocathai.org/L2.1.html>, 2 เมษายน 2552.

ขงยุทธ โอสดสภา. 2546. ธาตุอาหารพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วัฒน์ วัฒนานนท์, เสาวรี ตั้งสกุล, เมธี คำหุ้ง, จำลอง กกรัมย์, สมพงษ์ ชมภูณุกุลรัตน์, สุกิจ รัตนศรีวงษ์, สุวพันธ์ รัตนะรัต, ปรีชา เพชรประไพ และ ไرنฮาร์ด เฮาเลอร์. 2547. การตอบสนองต่อปุ๋ย ธาตุอาหารเสริมที่มีต่อผลผลิตไม้ส้าปะหลัง พันธุ์ระยอง 72 และ เกษตรศาสตร์ 50. วารสารวิชาการเกษตร 22: 24-38.

วิลาวลัย วงษ์เกษม. 2540. การปลูกไม้ส้าปะหลัง. กรมส่งเสริมการส่งออก, กรุงเทพมหานคร.

วิโรจ อิ่มพิทักษ์. 2531. การจัดการดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศิรินทรา ตะสาธิตา. 2553. การตอบสนองของไม้ส้าปะหลังที่ปลูกในดินเนื้อหยาบต่อปุ๋ยสังกะสี และเหล็กที่ให้ทางใบร่วมกับมูลไก่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สัมฤทธิ์ รียาพันธ์ 2553. การแก้ไขปัญหาคันดานไถพรวนเพื่อการปลูกไม้ส้าปะหลัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยพืชไร่. 2537. เอกสารวิชาการการปลูกพืชไร่. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2538. สรีรวิทยาของพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ.

สมศักดิ์ วั่งใน. 2521. **ปุ๋ยอินทรีย์**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุนัย รัมมะฉัตร, ดนัย ศุภาหาร และ จักรพรรดิ วั่งสีแซง. 2543. **การปรับปรุงดินในการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72**. ศูนย์บริการวิชาการด้านพืช และปัจจัยการผลิตมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม.

สุวพันธ์ รัตนะรัต, สำเนา เพชรฉวี และ R. W. Bell. 2532. ผลงานวิจัยจุลธาตุอาหารในพืชตระกูลถั่วและพืชไร่บางชนิด, น. 65-87. ใน เอกสารการประชุมทางวิชาการ จุลธาตุเพื่อการเกษตรที่ดอนของประเทศไทย ครั้งที่ 9. สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

สุวพันธ์ รัตนะรัต. 2542. **งานวิจัยปัญหาพิเศษทางดิน-ปุ๋ย พืชไร่ ปี 2515-2525**. สรุปรงานวิจัย ดิน-ปุ๋ยพืช ไร่ ครั้งที่ 1. กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยพืชไร่, กองปฐพีวิทยา, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต. 2541. **ปุ๋ยอินทรีย์และการใช้ประโยชน์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

เอิบ เขียวรีนรมณ์. 2542. **คู่มือปฏิบัติการ การสำรวจดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เอกราช มีวาสนา. 2552. **ลักษณะและปัญหาของชั้นดานไถพรวนในระบบการปลูกมันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรพิน เกลี่ยกล่อม. 2553. **สมบัติของชั้นดานไถพรวนในดินปลูกมันสำปะหลังและอ้อย จังหวัดขอนแก่น**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- Akcay, H. and S, Kylync. 1997. **Preparation of a Chromatographic Solid Support on the basis of Perlite and Separation of Uranium on a TBP-Loaded Perlite Column.** Chemistry Department, Dokuz Eylul University TR-35150, Buca-Izmir, Turkey.
- Akcay, H. and S, Kylync. 1999. **Reversed Phase Column Extraction Studies Using A Standardised and Silanised Anatolian Perlite.** Chemistry Department Dokuz Eylul University TR-35150, Buca-Izmir, Turkey.
- Akande, M.O., E. A. Makinde, L.B. Taiwo1 and J.A. Adediran. 2010. Effects of Terralyt - Plus® on soil pH, nutrient uptake and dry matter yield of Maize. **African J. Plant Sci.** 4: 32-37.
- Anusontpornperm, S., S. Nortcliff and I. Kheoruenromne. 2005. **Hardpan Formation of Some Coarse-textured Upland Soils in Thailand.** Paper Presented at Management of Tropical Sandy Soils from Sustainable Agriculture, November 27-December 2005, Khon Kaen, Thailand
- Anusontpornperm, S., W. Supattanakul and P. Kawilaves. 1996. Effects of vetiver grass and leucaena on soil erosion control in sugarcane, maize and cassava crop practices. **Proc. 1<sup>st</sup> Int. Con. Vetiver: A Miracle Grass**, 4-8 February 1996, Chiangrai, Thailand. Office of the Royal Development Project Board, Bangkok Thailand.
- Alvarez, J.M. and M.I. Rico. 2003. Effect of zinc complexes on the distribution of zinc in calcareous soil and zinc uptake by maize. **J. Agr. Food Chem.** 51: 5760-5767.
- Bateman, J.C. and D.S. Chanasyk. 2001. Effects of deep ripping and organic matter amendments on Ap horizons of soil reconstructed after coal strip-mining. **Can. J. Soil Sci.** 8: 113–120.

- Blake, G.R. and K.H. Hartge. 1986. Bulk density, pp. 363-382. *In* A. Klute, ed. **Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods**. 2<sup>nd</sup> ed. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Brady, N.C. and R.R. Weil. 2008. **The Nature and Properties of Soils**. 14<sup>th</sup> ed. Prentice Hall, New Jersey.
- Bray, R.A. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. **Soil Sci.** 59: 39-45.
- Buol, S.W., R.J. Southard, R.C. Graham and P.A. McDaniel. 2003. **Soil Genesis and Classification**. The Iowa State Univ. Press., Amer. Iowa.
- Cakmak, I. 2005. Identification and correction of widespread zinc deficiency problem in Central Anatolia, Turkey. *In the 73<sup>rd</sup> IFA Annual Conference*. Kuala Lumpur, Malaysia.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1996. **Cassava Program Annual Report 1995**. CIAT, Cali, Colombia.
- Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity, pp. 891-901. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties**. Agron. No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.
- Chesterman, C.W. 1975. Perlite, pp. 927-934. *In* S.J. Lefond, ed. **Industrial Minerals and Rock**. 4<sup>th</sup> ed. American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc., New York.
- Clark, R. and L. Humphreys. 1996. Impact of compaction for reducing recharge from rice. **Farmers' Newsl. Berrigan NSW Aust.** 149: 20-23.

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

Cindy Silva Moreira<sup>1</sup>, José Carlos Casagrande, Luís Reynaldo Ferracciú Alleoni, Otávio Antônio de Camargo and Ronaldo Severiano Berton. 2008. Nickel adsorption in two Oxisols and an Alfisol as affected by pH, nature of the electrolyte, and ionic strength of soil solution. **J. Soils Sed.** 8: 442–451

Favaretto, N., L.D. Norton, B.C. Joern and S.M. Brouder. 2006. Gypsum amendment and exchangeable calcium and magnesium affecting phosphorus and nitrogen in runoff. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 70: 1788-1796

Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale and W.L. Nelson. 2005. **Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management**. 7<sup>th</sup> ed. Carlisle Communications, Ltd., Dubuque, IA.

Howeler, R.H., D.G. Edwards and C.J. Asher. 1982b. Micronutrient deficiencies and toxicities of cassava plants grown in nutrient solution: I. critical tissue concentrations. **J. Plant Nutri.** 5: 1059-1076.

Howeler, R.H. 1985. Potassium nutrition of cassava, pp. 819-841. *In* R.D. Munson, ed. **Potassium in Agriculture**. Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin.

Howeler, R.H. 1995. Agronomy research in the Asian cassava network-towards better production without soil degradation, pp. 368-401. *In* R.H. Howeler, ed. **Cassava Breeding, Agronomy Research and Technology Transfer in Asia**. Proc. 4<sup>th</sup> Regional Workshop, Nov 26, 1993, held in Trivandrum, India.

- Howeler, R.H. 1996a. Diagnosis of nutritional disorders and soil fertility maintenance of cassava, pp. 181-193. *In* G.T. Kurup, M.S. Polaniswami, V.P. Potty, G. Padmaja, S. Kabeerathumma and S.V. Pillai, eds. **Tropical Tuber Crops: Problems, Prospects and Future Strategies**. Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi, India.
- Howeler, R.H. 1996b. Mineral nutrition of cassava, pp.110-116. *In* E.T. Craswell, C.J. Asher and J.N. O'Sullivan, eds. **Mineral Nutrient Disorders of Root Crops in the Pacific**. Proceedings Workshop, Nuku'alofa, Kingdom of Tonga, 17-20 April 1995, ACIAR Proceedings No. 5, Canberra, Australia.
- Howeler, R.H. 2002. Cassava mineral nutrition and fertilization, pp. 115-147. *In* R.J. Hillcocks, J.M. Thresh and A.C. Bellotti, eds. **Cassava: Biology, Production and Utilization**. CABI Publishing, CAB International, Oxon, UK.
- Jackson, M.L. 1965. **Soil Chemical Analysis-Advanced Course**. Department of Soils, University of Wisconsin, USA.
- Johnson, C.M. and A. Ulrich.1959. Analytical methods for use in plant analysis. **Calif. Agri. Exp. Stat. Bull.** 767: 25-78.
- Johnson, G.V., W.R. Raun, H. Zhang, and J.A. Hattey. 2000. **Oklahoma Soil Fertility Handbook**. 5<sup>th</sup> ed. Oklahoma Coop. Extension Service, Oklahoma State University, Stillwater, OK.
- Kemper, W.D. and R.C. Rosenau. 1986. Aggregate stability and size distribution, pp. 425-442. *In* A. Klute, ed. **Methods of Soil Analysis, Part I: Physical and Mineralogical Methods**. Agron. No.9, Agronomy. ASA. SSSA, Madison, WI.

- Klute, A. 1965. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soils, pp. 210-220. *In* C. A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis, Part I: Physical Methods**. Agron. No. 9, Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin.
- Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. **Soil Interpretation Handbook of Thailand**. Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok.
- Lancaster, P.A., J.S. Ingram, M.Y. Lim and D.G. Coursey. 1982. Traditional cassava based foods: survey of processing techniques. **Econ. Bot.** 36: 12-45.
- Moffat, A.J. and R.C. Boswell. 1996. The effectiveness of cultivation using the winged tine on restored sand and gravel workings. **Soil Till. Res.** 40: 111–124.
- Munkholm, L.J., J.E. Olesen and P. Schjonning. 2007. **Subsoil Loosening Eliminated Plough Pan But Had Variable Effect on Crop Yield**. Danish Institute of Agricultural Sciences, Department of Agroecology, P.O. Box 50, DK-8830 Tjele, Denmark
- National Soil Survey Center. 1996. **Soil Survey Laboratory Methods Manual**. Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 3.0. Natural Conservation Service, USDA.
- Oka, M., J. Limsila, S. Sarakarn, S. Sinthuprama and C. Tiratporn. 1987. **Ecophysiology Studies on Cassava in Thailand**. Tropical Agriculture Research Center, Ministry of Agriculture Forestry and Fisheries. Japan and Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Co-operatives, Thailand.
- Onwueme, I.C. 2002. Cassava in Asia and the Pacific, pp. 55-65. *In* R.J. Hillocks, J.M. Thresh and A.C. Bellotti, eds. **Cassava: Biology, Production and Utilization**. CABI Publishing, New York

Prasad, R. and J.F. Power. 1997. **Soil Fertility Management for Sustainable Agriculture.**

CRC Lewis Publishers, Boca Raton, New York.

Rojanaridpiced, C., V. Vichukit, E. Sarobol and P. Changlek. 2002. **Breeding and**

**Dissemination of New Cassava Varieties in Thailand.** Paper Presented at the 7<sup>th</sup>

Regional Cassava Workshop, held in Bangkok, Thailand, Oct. 28- Nov. 1, 2002.

Sittibusaya, C., C. Narkviroj and D. Tunmaphirom. 1987. **Accomplishments and present status**

**of cassava soils research in Thailand.** Paper Presented at The Workshop on Cassava

Breeding and Agronomy Research in Asia and Future Network Cooperation 26-31

October 1987, Rayong, Thailand.

Soil Survey Division Staff. 1993. **Soil Survey Manual.** US. Dep. of Agr. Handbook No. 18,

U.S. Government Printing Office, Washington D.C.

Soil Survey Staff. 1999. **Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making**

**and Interpreting Soil Surveys.** 2<sup>nd</sup> ed. USDA, U.S. Government Printing Office,

Washington, DC

Soil Survey Staff. 2010. **Keys to Soil Taxonomy.** 11<sup>th</sup> ed. Natural Resources Conservation

Service, USDA, Washington, D.C.

Sumner, M.E. and Miller, W.P. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients, pp.

1201-1229. *In* D.L. Sparks, ed. **Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods.**

Soil Sci. Soc. Amer. Soc. Agron., Madison.

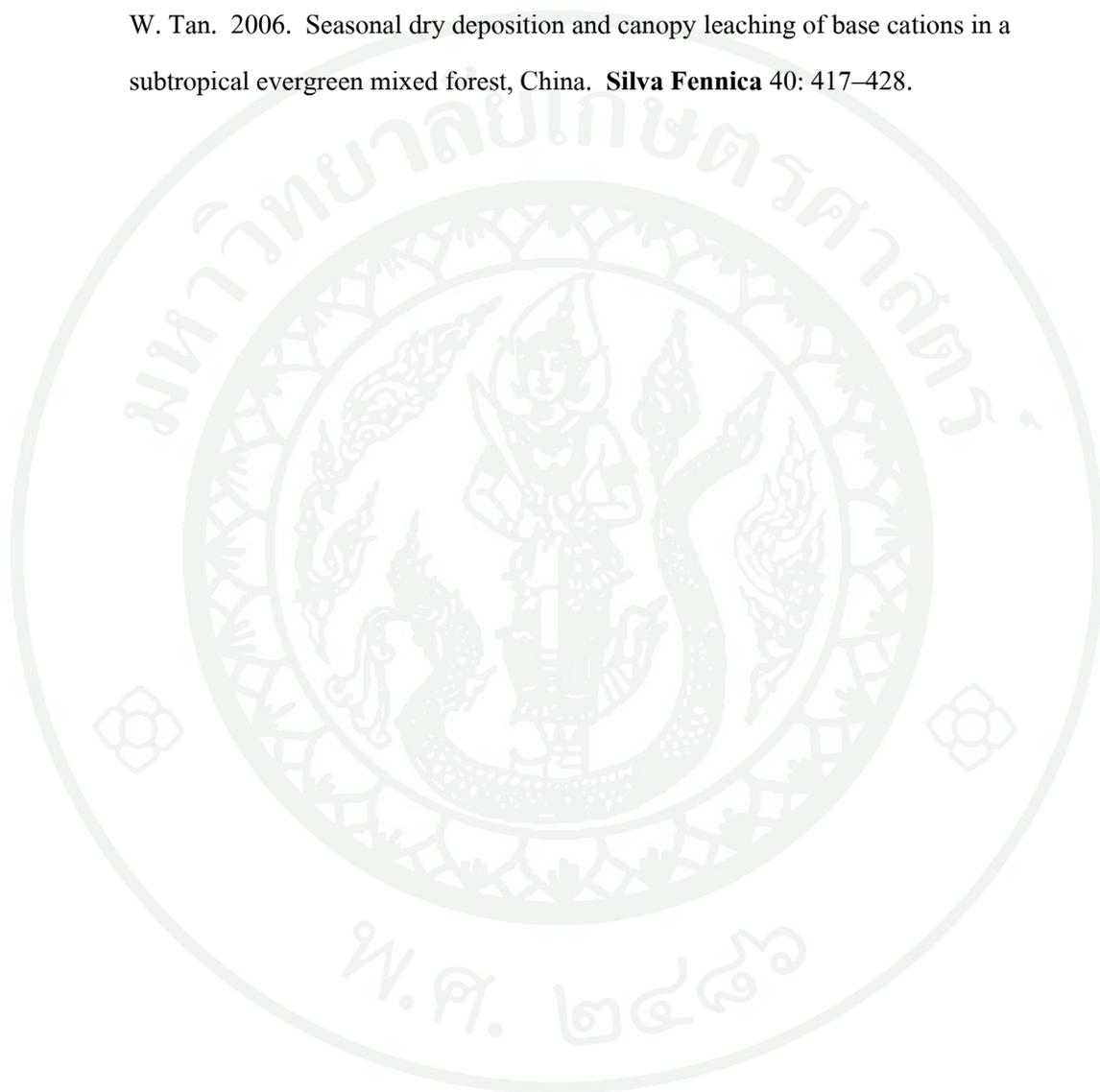
Thomson, L.M. and F.R. Troeh. 1978. **Soil and Soil Fertility.** 4<sup>th</sup> ed. McGraw-Hill Inc., New

York.

- Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity, pp. 475-490. *In* D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner, eds. **Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods**. SSSA Inc., ASA Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson, J.D. Beaton and J.L. Havlin. 1993. **Soil Fertility and Fertilizers**. 5<sup>th</sup> ed. New York: MacMillan Publishing Company.
- Tongglum, A., P. Suriyapan and R.H. Howeler. 2000. Cassava agronomy research and adoption of improved practices in Thailand-major achievement during the past 35 years, pp. 228-258. *In* R.H. Howeler, ed. **Cassava's Potential in Asia in the 21<sup>st</sup> Century: Present Situation and Future Research and Development Needs**. Proceedings of 6<sup>th</sup> Regional Workshop. Feb 21-25, 2000, Ho Chi Minh city, Vietnam.
- Von Uxekull, H.R. 1986. **Efficient Fertilizer Use in Acid Upland Soils of the Humid Tropics**. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin No. 10.
- Walkley, A. and C.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff Method for determining soil organic matter: a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Sci.** 37: 29-35.
- Wargiono, J., B. Guritno and K. Rendroatmodjo. 1992. Recent progress in cassava agronomy research in Indonesia, pp.185-198. *In* R.H. Howeler, ed. **Cassava Breeding, Agronomy and Utilization Research in Asia**. Proc. 3<sup>rd</sup> Regional Workshop, Oct 22-27, 1990, Malang, Indonesia.
- Westerman, R.L. 1990. **Soil Testing and Plant Analysis**, 3<sup>th</sup> ed. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.

World Trade Organization. 2003. **Basic Facts About Perlite**. Perlite Information. Perlite Institute Inc. Available Source: <http://www.perlite.org/perlite.htm>, July 25, 2003.

Zhang, G., G.M. Zeng, Y.M. Jiang, Du, C.Y., G.H. Huang, J.M. Yao, M. Zeng, X.L. Zhang and W. Tan. 2006. Seasonal dry deposition and canopy leaching of base cations in a subtropical evergreen mixed forest, China. **Silva Fennica** 40: 417–428.





## คำอธิบายหน้าตัดดิน

### (Soil profile description)

#### I. Information on the site

Profile symbol	: Yt
Soil name	: Yasothon (Yt)
Classification	: Typic Paleustult
Date of examination	: April 10, 2009
Described by	: Irb Kheoruenromne, Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Kamolwon, Wipawon, Wittaya, Khunta, Daojarat, Boontarik Chimchart, Sirintha Tasarika
Location	: Approximately 100 m East of Sikhiew-Dan Khunthod. Ban Kudmuang, Tambon Takian, Amphoe Dan Khunthod, Changwat Nakorn Ratchasima
Elevation	: Approximately 245 m (MSL)
Map sheet number	: Coordination : 47 793630E, 1676161N
Landform	
1. Physiographic position	: Residual plain
2. Surrounding land form	: Undulating
3. Slope on which profile site	: 3% Aspect: 300 Azi
Land use	: Cassava field
Annual rainfall	: Approximately 1,200 mm
Mean temperature	: Approximately 27°C
Climate	: Tropical Savanna
Others	: Agricultural and settlement

#### II. General information on the soil

Parent material	: Residuum derived from weathered red sandstone
Drainage	: Well drained
Permeability	: Moderate
Runoff	: Moderate
Depth of ground water	: Deeper than 2 m at time of sampling

#### III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap	0-20	Yellowish red (5YR 4/6); loamy sand; moderate weak fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, non sticky and non plastic; few very fine, common fine vesicular pores; many very fine and fine roots; few variegated sands; very strongly acid (field pH

		5.0); clear, smooth boundary to Bt1
Bt1	20-41	Red (2.5YR 4/8); sandy loam; moderately medium and coarse subangular blocky structure; hard dry, slightly friable moist, non sticky and slightly plastic; few clay bridges among sand grains; few very fine, fine vesicular pores; common very fine and fine roots; few variegated sands; very strongly acid (field pH 4.5); gradual, smooth boundary to Bt2
Bt2	41-69	Red (2.5YR 4/6); sandy loam; moderately fine and medium subangular blocky structure; hard dry, slightly friable moist, slightly sticky and moderately plastic; few faint clay coats on ped faces and clay bridges among sand grains; very few very fine, common fine vesicular pores; common very fine and fine roots; few variegated sands; very strongly acid (field pH 4.0); clear, smooth boundary to Bt3
Bt3	69-95	Red (2.5YR 4/6); sandy clay loam; moderately fine and medium subangular blocky structure; hard dry, slightly friable moist, slightly sticky and moderately plastic; few faint clay coats on pore walls and few clay bridges among sand grains; few very fine, common fine vesicular and few fine tubular pores; few very fine and fine roots; few variegated sands; very strongly acid (field pH 4.0); clear, smooth boundary to Bt4
Bt4	95-120	Red (2.5YR 4/6); sandy clay loam; moderately fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly friable moist, slightly sticky and moderately plastic; very few faint clay coats on pore walls and few clay bridges among sand grains; common very fine and fine vesicular and very few fine simple tubular pores; few very fine and fine roots; few variegated sands; very strongly acid (field pH 4.0); gradual, smooth boundary to Bt5
Bt5	120-142	Red (2.5YR 4/6); sandy clay loam; moderately fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly friable moist, slightly sticky and moderately plastic; very few faint clay coats on pore walls and few clay bridges among sand grains; common very fine and fine vesicular and very few fine simple tubular pores; very few very fine and fine roots; few variegated sands, some patchy areas of strong clay balls and distinct clay coats; very strongly acid (field pH 4.0); clear, smooth boundary to Bt6

Bt6	142-171	Red (2.5YR 4/6); sandy clay loam; moderately fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly friable moist, slightly sticky and moderately plastic; very few faint clay coats on pore walls and few clay bridges among sand grains; common very fine and fine vesicular and very few fine simple tubular pores; practically no roots; few variegated sands, some patchy areas of strong clay balls and distinct clay coats; very strongly acid (field pH 4.0); gradual, smooth boundary to Bt7
Bt7	171-200 <sup>+</sup>	Red (2.5YR 4/6); sandy clay loam; moderately fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly friable moist, slightly sticky and moderately plastic; very few faint clay coats on pore walls and few clay bridges among sand grains; common very fine and fine vesicular and very few fine simple tubular pores; practically no roots; few variegated sands; very strongly acid (field pH 4.0).

ตารางผนวกที่ 1 สมบัติทางฟิสิกส์ของชุดดินยโธธรดินตัวแทนของแปลงทดลอง

Depth (cm)	Horizon	Particle size distribution			Textural class	Bulk density (Mg m <sup>-3</sup> )	Hydraulic conductivity (cm hr <sup>-1</sup> )
		sand	silt	clay			
		-----g kg <sup>-1</sup> -----					
0-20	Ap1	736	113	150	Sandy loam	1.68	1.5
20-41	Bt1	678	131	191	Sandy loam	1.80	0.2
41-69	Bt2	662	137	199	Sandy loam	1.70	0.3
69-95	Bt3	651	115	233	Sandy clay loam	1.57	1.5
95-120	Bt4	647	136	217	Sandy clay loam	1.57	2.3
120-142	Bt5	680	124	196	Sandy loam	1.60	2.4
142-171	Bt6	699	89	212	Sandy clay loam	1.61	1.5
171-200+	Bt7	658	112	229	Sandy clay loam	1.61	1.2

ตารางผนวกที่ 2 สมบัติทางเคมีของชุดดินยโสรดินตัวแทนของแปลงทดลอง

Depth (cm)	Horizon	pH 1:1		OM (----g kg <sup>-1</sup> ----	Total N (----mg kg <sup>-1</sup> ----	Available		Extractable base				Sum bases	EA	CEC		BS (%)
		H <sub>2</sub> O	KCl			P (----mg kg <sup>-1</sup> ----	K (----mg kg <sup>-1</sup> ----	Ca	Mg	K	Na			by sum	NH <sub>4</sub> OAc	
0-20	Ap	5.0	3.8	4.29	0.28	10.36	70.6	0.64	0.23	0.18	0.24	1.29	6	7.3	2.4	17.7
20-41	Bt1	4.2	3.4	3.26	0.07	2.50	90.8	0.46	0.12	0.23	0.32	1.13	9	10.1	3.4	11.2
41-69	Bt2	4.0	3.3	2.57	0.21	2.50	21.1	0.50	0.13	0.05	0.15	0.84	7	7.8	3.3	10.7
69-95	Bt3	4.0	3.3	2.75	0.14	2.50	17.8	0.40	0.11	0.05	0.36	0.94	10	10.9	3.4	8.6
95-120	Bt4	4.0	3.2	2.57	0.21	2.50	16.7	0.40	0.09	0.04	0.13	0.65	9	9.6	3.1	6.8
120-142	Bt5	4.0	3.2	1.89	0.11	1.79	14.3	0.25	0.08	0.04	0.10	0.47	9	9.5	3.1	5.0
142-171	Bt6	4.0	3.2	1.54	0.14	1.43	15.5	0.42	0.08	0.04	0.11	0.66	9	9.6	3.0	6.9
171-200+	Bt7	4.0	3.2	0.86	0.21	1.43	17.9	0.21	0.26	0.05	0.11	0.64	6	6.6	2.6	9.7

**ตารางผนวกที่ 3** ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด จำนวนหัวมันสำปะหลังต่อต้น ร้อยละการสะสมแป้ง ผลผลิตแป้ง อัตราการรอดตาย และจำนวนต้นของมันสำปะหลัง

Treatment	Fresh tuber yield (tonne rai <sup>-1</sup> )	Tuber (No. plant <sup>-1</sup> )	Starch (%)	Starch yield (kg rai <sup>-1</sup> )	Survival rate (%)	Number of stem (No. rai <sup>-1</sup> )
Soil conditioner						
S0	2.9b	12.9	22.2	671.1	83b	2,527
S1	3.0ab	14.4	25.8	807.6	87ab	2,663
S2	3.6a	14.2	23.2	857.3	90a	2,844
S3	3.5a	14.1	25.2	919.1	89ab	2,925
F-test	*	ns	ns	ns	*	ns
Zn foliar application						
Zn0	3.1	13.5	22.3b	723.4b	84b	2,822
Zn1	3.2	13.3	23.2ab	762.1ab	87ab	2,767
Zn2	3.5	14.9	26.9a	955.8a	90a	2,631
F-test	ns	ns	*	*	*	ns
Interaction						
S0Zn0	2.3	11.9	18.9	460.9	80	2,431
S0Zn1	3.0	11.5	21.6	668.1	85	2,686
S0Zn2	3.3	15.5	26.2	884.4	85	2,466
S1Zn0	2.6	12.9	21.1	569.9	80	2,663
S1Zn1	3.2	14.8	28.7	908.2	88	2,674
S1Zn2	3.3	15.4	27.7	944.6	92	2,407
S2Zn0	3.7	14.3	24.2	902.9	91	3,195
S2Zn1	3.3	13.9	18.4	622.8	90	3,079
S2Zn2	3.9	14.6	27.1	1,046.3	90	2,500
S3Zn0	3.8	15.1	24.9	959.8	86	2,998
S3Zn1	3.3	12.9	24.1	849.4	87	2,628
S3Zn2	3.6	14.1	26.7	947.9	93	2,905
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
%CV	22.14	18.59	23.36	37.8	8.03	17.19

**Remark:** ns = no statistical difference, mean value followed by the same letter using DMRT= no statistical difference, \* = statistical difference at 95% level of confidence, S0 = no soil conditioner, S1 = perlite, S2 = chicken manure, S3 = perlite + chicken manure, Zn0 = no Zn foliar application, Zn1 = Zn foliar application, Zn2 = Zn foliar application three times

ตารางผนวกที่ 4 น้ำหนักต้นต่อไร่ น้ำหนักใบ และกิ่งก้านต่อไร่ น้ำหนักเหง้าต่อไร่ และน้ำหนัก  
ส่วนเหนือดินทั้งหมดต่อไร่ของมันสำปะหลัง

Treatment	Stem weight (tonne rai <sup>-1</sup> )	Leaf and branch weight (----- kg rai <sup>-1</sup> -----)	Rhizome weight	Aboveground biomass (tonne rai <sup>-1</sup> )
Soil conditioner				
S0	0.7b	179.7c	360.3c	0.9c
S1	0.8b	265.0c	398.5c	1.0c
S2	1.3a	740.8b	669.3a	2.0a
S3	1.2a	564.8a	564.2b	1.7b
F-test	**	**	**	**
Zn foliar application				
Zn0	0.9	381.1b	483.2	1.3
Zn1	0.9	388.3b	513.0	1.3
Zn2	1.0	543.3a	498.0	1.6
F-test	ns	*	ns	ns
Interaction				
S0Zn0	0.6	127.3	284.0	0.7
S0Zn1	0.8	182.8	437.5	0.9
S0Zn2	0.8	229.0	359.5	1.0
S1Zn0	0.7	156.3	427.3	0.8
S1Zn1	0.7	226.8	354.3	1.0
S1Zn2	0.8	412.0	414.0	1.2
S2Zn0	1.3	643.5	651.0	2.0
S2Zn1	1.2	643.5	684.8	1.9
S2Zn2	1.2	935.3	672.0	2.2
S3Zn0	1.2	597.3	570.5	1.8
S3Zn1	1.1	500.3	575.5	1.6
S3Zn2	1.2	597.0	546.5	1.8
F-test	ns	ns	ns	ns
%CV	18.43	38.55	19.72	22.24

**Remark:** ns = no statistical difference, mean value followed by the same letter using DMRT= no statistical difference, \* = statistical difference at 95% level of confidence, \*\* = statistical difference at 99% level of confidence, S0 = no soil conditioner, S1 = perlite, S2 = chicken manure, S3 = perlite + chicken manure, Zn0 = no Zn foliar application, Zn1 = Zn foliar application, Zn2 = Zn foliar application three times

ตารางผนวกที่ 5 ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม  
ในใบมันสำปะหลังอายุ 4 เดือน

Treatment	Concentration in leaf (g kg <sup>-1</sup> )				
	N	P	K	Ca	Mg
Soil Conditioner					
S0	37.0	3.0	11.8b	8.2	7.4b
S1	36.6	3.0	12.7a	8.2	8.5b
S2	38.1	3.0	11.1b	8.9	8.9a
S3	36.7	3.0	10.2b	8.5	8.0b
F-test	ns	ns	**	ns	*
Zn Foliar Application					
Zn0	37.1	3.0b	11.5	8.8	8.0
Zn1	37.7	3.1a	10.9	8.2	7.9
Zn2	36.4	2.9b	12.0	8.3	8.7
F-test	ns	*	ns	ns	ns
Interaction					
S0Zn0	36.0	2.9	11.7	8.3	7.2
S0Zn1	36.1	3.1	10.5	8.1	7.4
S0Zn2	38.8	3.0	13.1	8.3	7.5
S1Zn0	39.7	3.1	12.7	8.2	7.7
S1Zn1	37.9	3.1	13.1	8.6	8.9
S1Zn2	32.3	2.9	12.2	7.7	8.8
S2Zn0	37.2	2.9	11.9	10.1	9.1
S2Zn1	40.3	3.2	10.1	7.9	7.9
S2Zn2	36.9	2.9	11.3	8.9	9.8
S3Zn0	35.7	2.9	9.6	8.6	8.0
S3Zn1	36.7	3.1	9.9	8.2	7.3
S3Zn2	37.6	3.0	11.2	8.5	8.7
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
%CV	14.16	10.46	16.81	12.96	17.24

**Remark:** ns = no statistical difference, mean value followed by the same letter using DMRT= no statistical difference, \* = statistical difference at 95% level of confidence, \*\* = statistical difference at 99% level of confidence, S0 = no soil conditioner, S1 = perlite, S2 = chicken manure, S3 = perlite + chicken manure, Zn0 = no Zn foliar application, Zn1 = Zn foliar application, Zn2 = Zn foliar application three times

ตารางผนวกที่ 6 ความเข้มข้นของเหล็ก สังกะสี แมงกานีส และ ทองแดงในใบมันสำปะหลังอายุ 4 เดือน

Treatment	Concentration in leaf (mg kg <sup>-1</sup> )			
	Fe	Zn	Mn	Cu
Soil conditioner				
S0	175.93	52.02	1,018.1	39.2
S1	169.73	57.17	919.0	58.2
S2	197.40	53.81	1,060.4	38.9
S3	172.73	60.14	1,115.2	58.1
F-test	ns	ns	ns	ns
Zn foliar application				
Zn0	171.11	55.88	967.2	42.7
Zn1	169.07	54.05	1,110.9	44.2
Zn2	196.67	57.43	1,007.8	58.9
F-test	ns	ns	ns	ns
Interaction				
S0Zn0	162.00	50.46	770.1	36.3
S0Zn1	172.98	50.29	1,122.1	38.4
S0Zn2	192.83	55.31	1,164.8	42.9
S1Zn0	177.02	59.72	988.9	58.0
S1Zn1	166.27	55.68	863.8	65.6
S1Zn2	165.89	56.10	907.2	51.0
S2Zn0	181.18	50.11	994.0	34.5
S2Zn1	153.93	55.94	1,353.8	27.6
S2Zn2	257.09	55.39	833.4	54.7
S3Zn0	164.24	63.21	1,115.8	42.2
S3Zn1	183.09	54.27	1,104.2	45.1
S3Zn2	170.86	62.93	1,125.7	87.1
F-test	ns	ns	ns	ns
%CV	35.36	21.48	29.47	60.48

**Remark:** ns = no statistical difference, mean value followed by the same letter using DMRT= no statistical difference, S0 = no soil conditioner, S1 = perlite, S2 = chicken manure, S3 = perlite + chicken manure, Zn0 = no Zn foliar application, Zn1 = Zn foliar application, Zn2 = Zn foliar application three times

ตารางผนวกที่ 7 ปริมาณไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนเก็บเกี่ยว

Treatment	Total N (g kg <sup>-1</sup> )		Available P (mg kg <sup>-1</sup> )		Available K (mg kg <sup>-1</sup> )	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
Soil conditioner						
S0	0.09	0.09	1.85c	1.38b	21.0	17.3b
S1	0.08	0.08	2.47b	1.76ab	25.7	19.4ab
S2	0.10	0.09	3.40ab	2.63a	28.4	21.5ab
S3	0.08	0.08	4.07a	2.42a	24.5	22.0a
F-test	ns	ns	*	*	ns	*
Zn foliar application						
Zn0	0.08b	0.08	3.06	1.82	26.3	21.4
Zn1	0.09ab	0.09	3.49	1.97	23.7	18.6
Zn2	0.10a	0.10	2.29	2.36	24.7	20.1
F-test	*	ns	ns	ns	ns	ns
Interaction						
S0Zn0	0.08	0.09	2.28	1.14	22.7	17.6
S0Zn1	0.10	0.09	1.45	1.48	17.7	17.5
S0Zn2	0.09	0.10	1.84	1.52	22.7	16.7
S1Zn0	0.08	0.07	2.00	1.30	22.4	18.1
S1Zn1	0.08	0.10	3.77	1.24	27.9	17.3
S1Zn2	0.10	0.08	1.64	2.73	26.8	22.7
S2Zn0	0.09	0.08	3.88	2.44	34.1	23.7
S2Zn1	0.08	0.10	3.91	2.10	29.1	20.3
S2Zn2	0.09	0.10	2.42	3.35	21.9	20.6
S3Zn0	0.08	0.08	4.09	2.39	25.9	26.0
S3Zn1	0.07	0.07	4.85	3.07	20.1	19.3
S3Zn2	0.09	0.09	3.27	1.82	27.4	20.6
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
%CV	9.01	8.92	56.72	54.58	33.07	24.82

**Remark:** ns = no statistical difference, mean value followed by the same letter using DMRT= no statistical difference, \* = statistical difference at 95% level of confidence, S0 = no soil conditioner, S1 = perlite, S2 = chicken manure, S3 = perlite + chicken manure, Zn0 = no Zn foliar application, Zn1 = Zn foliar application, Zn2 = Zn foliar application three times

ตารางผนวกที่ 8 ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม และ โซเดียมที่สกัดได้ในดินก่อนเก็บเกี่ยว

Treatment	Available Ca (mg kg <sup>-1</sup> )		Available Mg (mg kg <sup>-1</sup> )		Available Na (mg kg <sup>-1</sup> )	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
Soil conditioner						
S0	1,512b	1,853	298	317	666	691
S1	1,753ab	1,955	317	247	703	713
S2	1,997ab	2,303	313	311	674	714
S3	2,143a	2,203	270	290	710	712
F-test	*	ns	ns	ns	ns	ns
Zn foliar application						
Zn0	1,794	1,890	253b	304	686	721
Zn1	1,894	2,108	292ab	302	698	703
Zn2	1,865	2,238	354a	269	681	699
F-test	ns	ns	*	ns	ns	ns
Interaction						
S0Zn0	1,338	1,586	261	320	621	719
S0Zn1	1,411	1,586	303	329	699	700
S0Zn2	1,786	2,386	331	300	679	654
S1Zn0	1,417	1,533	290	327	733	662
S1Zn1	2,015	2,364	277	210	728	755
S1Zn2	1,827	1,967	385	204	649	721
S2Zn0	2,033	1,902	323	417	669	710
S2Zn1	1,859	2,099	271	297	676	685
S2Zn2	2,098	2,908	344	221	678	748
S3Zn0	2,387	2,537	138	151	720	791
S3Zn1	2,290	2,381	317	370	686	673
S3Zn2	1,751	1,698	354	349	725	671
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
%CV	33.45	39.61	38.17	43.10	8.78	9.42

**Remark:** ns = no statistical difference, mean value followed by the same letter using DMRT= no statistical difference, \* = statistical difference at 95% level of confidence, S0 = no soil conditioner, S1 = perlite, S2 = chicken manure, S3 = perlite + chicken manure, Zn0 = no Zn foliar application, Zn1 = Zn foliar application, Zn2 = Zn foliar application three times

ตารางผนวกที่ 9 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และพีเอชของดินก่อนเก็บเกี่ยว

Treatment	Organic matter (g kg <sup>-1</sup> )		CEC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		pH	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
Soil conditioner						
S0	3.7	2.7ab	1.71a	1.06	4.7	4.5b
S1	3.4	2.9ab	1.18b	1.08	4.8	4.8ab
S2	3.7	3.6a	1.29ab	0.98	4.9	4.9a
S3	4.2	2.4b	1.52ab	1.06	4.9	4.9a
F-test	ns	*	*	ns	ns	*
Zn foliar application						
Zn0	3.6	3.1	1.50	1.19	4.7	4.6
Zn1	3.5	2.6	1.41	0.98	4.9	4.8
Zn2	4.1	3.0	1.38	0.97	4.8	4.9
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Interaction						
S0Zn0	4.4	3.4	1.94	1.31	4.7	4.1
S0Zn1	3.3	2.3	1.25	0.88	4.7	4.5
S0Zn2	3.4	2.4	1.94	1.00	4.8	4.7
S1Zn0	3.7	2.2	1.06	1.00	4.8	4.7
S1Zn1	2.8	2.9	1.44	1.19	4.9	4.9
S1Zn2	3.8	3.6	1.06	1.06	4.9	4.7
S2Zn0	2.4	3.5	1.50	1.31	4.6	4.6
S2Zn1	4.6	3.8	1.63	0.75	5.1	5.1
S2Zn2	4.2	3.6	0.75	0.88	5.0	5.2
S3Zn0	3.9	3.3	1.50	1.13	5.0	5.0
S3Zn1	3.5	1.5	1.31	1.13	5.0	4.9
S3Zn2	5.1	2.5	1.75	0.94	4.7	4.9
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
%CV	41.96	46.29	37.67	36.87	9.35	9.97

**Remark:** ns = no statistical difference, mean value followed by the same letter using DMRT= no statistical difference, \* = statistical difference at 95% level of confidence, S0 = no soil conditioner, S1 = perlite, S2 = chicken manure, S3 = perlite + chicken manure, Zn0 = no Zn foliar application, Zn1 = Zn foliar application, Zn2 = Zn foliar application three times

ตารางผนวกที่ 10 ความหนาแน่นรวมของดิน และสภาพน้ำของดินขณะอุ่มตัวของดินก่อนเก็บเกี่ยว

Treatment	Bulk density ( $\text{Mg m}^{-3}$ )		Hydraulic conductivity ( $\text{cm hr}^{-1}$ )	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
Soil conditioner				
S0	1.51	1.59	16.9	20.2
S1	1.49	1.55	11.0	14.5
S2	1.52	1.58	20.2	6.9
S3	1.49	1.57	21.2	12.2
F-test	ns	ns	ns	ns
Zn foliar application				
Zn0	1.51	1.59	15.1	8.9
Zn1	1.52	1.57	16.7	16.9
Zn2	1.48	1.56	20.2	14.5
F-test	ns	ns	ns	ns
Interaction				
S0Zn0	1.56	1.54	15.4	15.9
S0Zn1	1.50	1.62	10.8	20.2
S0Zn2	1.46	1.60	24.5	24.5
S1Zn0	1.46	1.60	6.7	6.6
S1Zn1	1.54	1.49	11.6	26.2
S1Zn2	1.49	1.56	14.8	10.8
S2Zn0	1.52	1.64	12.9	10.8
S2Zn1	1.55	1.58	31.0	3.9
S2Zn2	1.49	1.53	16.7	6.0
S3Zn0	1.50	1.58	25.5	2.4
S3Zn1	1.49	1.58	13.4	17.3
S3Zn2	1.50	1.56	24.8	16.7
F-test	ns	ns	ns	ns
%CV	4.20	5.31	77.55	91.83

**Remark:** ns = no statistical difference, mean value followed by the same letter using DMRT= no statistical difference, S0 = no soil conditioner, S1 = perlite, S2 = chicken manure, S3 = perlite + chicken manure, Zn0 = no Zn foliar application, Zn1 = Zn foliar application, Zn2 = Zn foliar application three times

ตารางผนวกที่ 11 เกณฑ์ประเมินระดับของธาตุอาหารในไขมันสำปะหลัง (Howeler, 1985)

Nutrient	Growth stage (months)	Concentration range (g kg <sup>-1</sup> )						
		Deficient	Marginal	Critical (deficiency)	Adequate	High	Critical (toxicity)	Toxic
N (g kg <sup>-1</sup> )	3-4	< 47	47-51	51	51-58	> 58	-	-
P (g kg <sup>-1</sup> )	3-4	< 3	3-3.60	3.60	3.60-5	> 5	-	-
K (g kg <sup>-1</sup> )	3-4	< 10	10-13	13	13-20	> 20	-	-
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	3-4	< 6.50	6.50-7.50	7.50	7.50-8.50	> 8.50	-	-
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	3-4	< 2.70	2.70-2.90	2.90	2.90-3.10	> 3.10	-	-
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	3-4	< 100	100-120	120	120-140	140-200	200	> 200
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	3-4	< 25	25-30	30	30-60	60-120	120	> 120
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	3-4	< 5	5-6	6	6-10	10-15	15	> 15
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	3-4	< 45	45-50	50	50-120	120-150	150	> 250

ตารางผนวกที่ 12 ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัดนครราชสีมา ปี 2010-2011

Year	Month	Total Rainfall (mm)	Temperature (°c)			Relative Humidity (%)
			maximum	minimum	mean	
2010	January	62.2	30.9	21.3	25.6	72.2
	February	4.0	35.0	23.9	28.9	65.5
	March	47.4	36.3	23.5	29.3	57.5
	April	31.2	38.0	26.1	31.2	63.6
	May	123.8	37.3	26.9	31.0	68.7
	June	120.6	36.1	26.4	30.2	74.2
	July	194.3	34.1	25.2	28.6	81.2
	August	151.1	32.6	24.7	27.8	83.7
	September	364.0	32.5	24.6	27.5	86.1
	October	284.6	30.2	23.9	26.5	81.6
	November	3.0	29.9	21.8	25.8	66.6
	December	0.0	30.2	20.3	25.0	68.1
	Total	1,386.2	-	-	28.1	72.4
2011	January	0.0	28.3	17.5	22.6	68.3
	February	10.2	32.9	21.5	26.7	64.3
	March	10.0	31.3	21.7	26.1	64.3
	Total	20.2	-	-	25.2	65.6

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2554)

ตารางผนวกที่ 13 การแบ่งกลุ่มของเนื้อดิน (เอิบ, 2548; Soil Survey Division Staff, 1993)

คำเรียกทั่วไป	ลักษณะเนื้อดิน	ชั้นเนื้อดินต่าง ๆ (texture classes)
ดินทราย (sandy soils)	เนื้อหยาบ (coarse textured)	ได้แก่ ทรายชนิดต่าง ๆ (ทรายหยาบ ทรายละเอียด ทรายละเอียดมาก) ทรายปนดินร่วน ชนิดต่าง ๆ (ทรายหยาบปนดินร่วน ทรายปนดินร่วน ทรายละเอียดปนดินร่วน และทรายละเอียดมากปนดินร่วน)
ดินร่วน (loamy soils)	เนื้อดินหยาบปานกลาง (moderately coarse-textured)	ดินร่วนปนทรายหยาบ ดินร่วนปนทราย ดินร่วนปนทรายละเอียด
	เนื้อปานกลาง (moderately fine-textured)	ดินร่วนปนทรายละเอียดมาก ดินร่วน ดินร่วนปนทรายแป้ง และทรายแป้ง
	เนื้อละเอียดปานกลาง (moderately fine-textured)	ดินร่วนเหนียว ดินร่วนเหนียวปนทราย ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง
ดินเหนียว (clayey soils)	เนื้อละเอียด (fine textured)	ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนทราย แป้งและดินเหนียว

ตารางผนวกที่ 14 เกณฑ์การแบ่งระดับความหนาแน่นรวมของดิน (นงคราญ, 2529)

ระดับ (rating)	พิสัย ( $\text{Mg m}^{-1}$ )
ต่ำมาก	<1.2
ต่ำ	1.2-1.4
ปานกลาง	1.4-1.6
ค่อนข้างสูง	1.6-1.8
สูง	1.8-2.0
สูงมาก	>2.0

ตารางผนวกที่ 15 ระดับชั้นของค่าสภาพน้ำดินขณะอิ่มตัว (O'Neal, 1952)

ระดับ (rating)	ค่าสภาพน้ำดินขณะดิน ( $\text{cm hr}^{-1}$ )
ช้ามาก (very slow)	< 0.125
ช้า (slow)	0.125-0.50
ช้าปานกลาง (moderately slow)	0.50-2.00
ปานกลาง (moderate)	2.00-6.25
เร็วปานกลาง (moderately rapid)	6.25-12.50
เร็ว (rapid)	12.50-25.00
เร็วมาก (very rapid)	> 25.00

ตารางผนวกที่ 16 ข้อกำหนดที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมี และการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (นงคราญ, 2529; เอิบ, 2548; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973; Soil Survey Division Staff, 1993)

1. พีเอชของดิน (Soil reation), pH (ดิน : น้ำ = 1:1)

ระดับ (rating)	พิสัย (range)
เป็นกรดรุนแรงมากที่สุด (ultra acid)	< 3.5
เป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid)	3.5-4.4
เป็นกรดจัดมาก (very strongly acid)	4.5-5.0
เป็นกรดจัด (strongly acid)	5.1-5.5
เป็นกรดปานกลาง (moderately acid)	5.6-6.0
เป็นกรดเล็กน้อย (slightly acid)	6.1-6.5
เป็นกลาง (neutral)	6.6-7.3
เป็นด่างเล็กน้อย (slightly alkaline)	7.4-7.8
เป็นด่างปานกลาง (moderately alkaline)	7.9-8.4
เป็นด่างจัด (strongly alkaline)	8.5-9.0
เป็นด่างจัดมาก (very strongly alkaline)	> 9.0

2. อินทรีย์วัตถุ (organic matter) (% organic carbon x 1.724)

ระดับ (rating)	พิสัย (g kg <sup>-1</sup> )
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

3. ปริมาณไนโตรเจนรวม (total nitrogen) (กองวางแผนการไใช้ที่ดิน, 2535)

ระดับ (rating)	พิสัย (g kg <sup>-1</sup> )
ต่ำมาก (VL)	< 1.0
ต่ำ (L)	1.0-2.0
ปานกลาง (M)	2.0-5.0
สูง (H)	5.0-7.5
สูงมาก (VH)	> 7.5
ต่ำมาก (VL)	< 1.0
ต่ำ (L)	1.0-2.0

4. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) (Bray II)

ระดับ (rating)	พิสัย (mg kg <sup>-1</sup> )
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

5. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available K) ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ )

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

6. เบสรวมที่สกัดได้ (extractable bases) ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ )

ระดับ (rating)	ฟอสฟอรัส ( $\text{cmol kg}^{-1}$ )				
	extr.Ca	extr.Mg	extr.K	extr.Na	extr.bases
ต่ำมาก (VL)	< 2.0	< 0.3	< 0.2	< 0.1	< 2.6
ต่ำ (L)	2-5	0.3-1.0	0.2-0.3	0.1-0.3	2.6-6.6
ปานกลาง (M)	5-10	1.0-3.0	0.3-0.6	0.3-0.7	6.6-14.3
สูง (H)	10-20	3.0-8.0	0.6-1.2	0.7-2.0	14.3-31.2
สูงมาก (VH)	> 20	> 8.0	> 1.2	> 2.0	> 31.2

## 7. ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC)

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

## 8. อัตราร้อยละความอิ่มตัวของเบส (base saturation)

ระดับ (rating)	พิสัย (%)
ต่ำ (L)	<35
ปานกลาง (M)	35-75
สูง (H)	>75

## 9. เกณฑ์การแบ่งระดับสภาพกรดที่สกัดได้

ระดับ (rating)	พิสัย (cmol kg <sup>-1</sup> )
ต่ำมาก	<1.0
ต่ำ	1.0-2.0
ปานกลาง	2.0-5.0
ค่อนข้างสูง	5.0-10.0
สูง	10.0-20.0
สูงมาก	>20.0

## หมายเหตุ

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

ตารางผนวกที่ 17 วิธีคาดคะเนระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยการประเมินจากผลการวิเคราะห์ดิน (กองสำรวจดิน, 2523)

Soil fertility rating	OM (g kg <sup>-1</sup> )	Avail. P (mg kg <sup>-1</sup> )	Avail. K (mg kg <sup>-1</sup> )	CEC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	BS (%)
Low	< 15 (1)	< 10 (1)	< 60 (1)	< 10 (1)	< 35 (1)
Medium	15-35 (2)	10-20 (2)	60-90 (2)	10-20 (2)	35-75 (2)
High	> 35 (3)	> 20 (3)	> 90 (3)	> 20 (3)	> 75 (3)

**Remark:** Scoring is used for the assessment of fertility level (the score is presented in blanket within the table) Total score = 7 or less, fertility level is low; Total score = is between 8-12, fertility level is moderate; Total score = 13 or more, fertility level is high

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นายนิภัทร์ ถนิมมาลย์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	8 กรกฎาคม 2529
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (พืชศาสตร์) สาขาพืชสวน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-