ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา	ปฐพีวิทยา
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง การตอบสนองของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินเนื้อหยาบต่อปุ๋ยสังกะสีและเหล็กที่ให้ทางใบร่วมกับมูลไก่

Response of Cassava Grown on Coarse-textured Soils to Fe and Zn Foliar Application and Chicken Manure

นามผู้วิจัย นางสาวศิรินทรา ตะสาริกา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ศาสตราจารย์เอิบ เขียวรื่นรมณ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(อาจารย์ศุภิฌา ธนะจิตต์, ปร.ด.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุเทพ ทองแพ, วท.ด.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การตอบสนองของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินเนื้อหยาบต่อปุ๋ยสังกะสีและเหล็กที่ให้ทางใบร่วมกับมูลไก่

Response of Cassava Grown on Coarse-textured Soils to Fe and Zn Foliar Application and Chicken Manure

โดย

นางสาวศิรินทรา ตะสาริกา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศิรินทรา ตะสาริกา 2553: การตอบสนองของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินเนื้อหยาบต่อปุ๋ยสังกะสีและเหล็กที่ให้ทางใบร่วมกับมูลไก่ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, Ph.D. 98 หน้า

ทำการทดลองในแปลงของเกษตรกรที่เป็นดินวาริน (Arenic Haplustult) และดินยโสธร (Typic Paleustult) ในจังหวัดนครราชสีมา เพื่อศึกษาผลผลิตและความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบที่ตอบสนองต่อการให้ปุ๋ยสังกะสีและเหล็กทางใบร่วมกับมูลไก่แกลบ ใช้แผนการทดลองแบบ Factorial in Randomized Complete Block โดยปัจจัยแรก ได้แก่ การไม่ใส่มูลไก่แกลบและใส่มูลไก่แกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนปัจจัยที่ 2 ประกอบด้วย ตำรับที่ 1 ไม่มีการให้ปุ๋ยทางใบ ตำรับที่ 2, 3 และ 4 ฉีดพ่นปุ๋ย $ZnSO_4$ทางใบอัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ต่อครั้งเมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1, 1 และ 2, และ 1, 2 และ 3 เดือนตามลำดับ ส่วนตำรับที่ 5 และ 6 ให้ปุ๋ย $ZnSO_4$ และ $FeSO_4$ ทางใบอัตรา 3 และ 0.8 กิโลกรัมต่อไร่ต่อครั้งเมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1 และ 1 กับ 2 เดือนตามลำดับ โดยทั้งหมดได้รับปุ๋ยหลักสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่แบ่งใส่ 2 ครั้งจำนวนเท่ากันที่อายุ 1 และ 3 เดือนหลังปลูก วิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารตัวอย่างใบมันสำปะหลังที่อายุ 3 และ 6 เดือน เก็บเกี่ยวผลผลิต และบันทึกข้อมูลพืชที่อายุ 10 เดือน

ผลการศึกษา พบว่า การใส่มูลไก่แกลบทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสดเฉลี่ยเท่ากับ 5.58 ตันต่อไร่ซึ่งสูงกว่าการไม่ใส่มูลไก่แกลบ (4.98 ตันต่อไร่) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่อปลูกในดินวาริน ส่วนในดินยโสธรไม่แตกต่างกัน สำหรับน้ำหนักต้น น้ำหนักกิ่งก้าน ยอดและใบ น้ำหนักเหง้า น้ำหนักของส่วนเหนือดิน และร้อยละการสะสมแป้งให้ผลไปในทิศทางเดียวกันทั้งสองพื้นที่คือ การใส่มูลไก่แกลบให้ค่าสูงกว่าการไม่ใส่ การให้ปุ๋ยทางใบไม่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตหัวมันสด จำนวนหัว น้ำหนักต้น น้ำหนักยอดและใบ น้ำหนักเหง้า น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน อัตราการรอดตาย จำนวนต้นต่อไร่ และร้อยละการสะสมแป้งเมื่อปลูกในดินทั้งสอง การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีจำนวน 3 ครั้งร่วมกับการคลุกเคล้ามูลไก่แกลบในดินก่อนปลูกมีแนวโน้มทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสดสูงสุดเท่ากับ 6.06 ตันต่อไร่เมื่อปลูกในดินวาริน ส่วนดินยโสธร การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีครั้งเดียวร่วมกับการคลุกเคล้ามูลไก่แกลบในดินก่อนปลูกมีแนวโน้มทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงสุดเท่ากับ 3.21 ตันต่อไร่ การใส่มูลไก่แกลบในดินแรกมีผลทำให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบทั้งที่อายุ 3 และ 6 เดือนสูงกว่าการไม่ใส่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในดินหลังความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบอายุ 3 เดือนเท่านั้นที่สูงกว่าการไม่ใส่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การฉีดพ่นสังกะสี และเหล็กไม่ทำให้ความเข้มข้นของสังกะสีและเหล็กในใบที่อายุ 3 เดือนแตกต่างกันในดินวาริน ส่วนในดินยโสธรการฉีดพ่นสังกะสี และเหล็กช่วยทำให้ความเข้มข้นของสังกะสีในใบอายุ 3 เดือนสูงกว่าการไม่ฉีด การฉีดพ่นสังกะสี 3 ครั้งร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบทำให้พืชมีความเข้มข้นของสังกะสี (61.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และโพแทสเซียม (1.13%) ในใบอายุ 6 เดือนสูงสุดเมื่อปลูกในดินวาริน แต่ในดินยโสธร การการใส่เพียงมูลไก่แกลบโดยไม่มีการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบทำให้พืชมีการสะสมสังกะสีสูงสุดเท่ากับ 75.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แนวโน้มการให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงสุดใบมันสำปะหลังอายุ 3 เดือนควรมีความเข้มข้นของสังกะสีและเหล็กในพิสัย 38.12-43.99 และ 33.52-51.80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเมื่อปลูกในดินวารินและยโสธรตามลำดับ

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Sirinthra Tasarika 2010: Response of Cassava Grown on Coarse-textured Soils to Fe and Zn Foliar Application and Chicken Manure. Master of Science (Soil Science), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Somchai Anusontpornperm, Ph.D. 98 pages.

Two similar trials were conducted on Warin (Arenic Haplustult) and Yasothon (Typic Paleustult) soils in farmer fields located in Nakhon Ratchasima province, aiming at determining tuber yield and nutrient concentration in leaves of cassava in response to foliar application of Zn and Fe and chicken manuring. Experimental design of the trials was 6X2 Factorial in Randomized Complete Block. The first factor employed no chicken manuring and application of 500 kg rai^{-1} chicken manure while second factor comprising the control treatment: no foliar application, treatments 2-4: one, two and three times foliar application of 3 kg $ZnSO_4$ per rai when cassava was one, one and two, one, two and three-month old, and treatments 5 and 6: one and two times foliar application of 3 kg $ZnSO_4$+0.8 $FeSO_4$ per rai when cassava was one, one and two-month old. Complete fertilizer (15-15-15) at the rate of 50 kg rai^{-1} was applied twice at one and three months after planting. Leaf samples were collected at the age of three and six-month old while tuber yield were harvested at 10 month old.

Result showed that chicken manuring gave fresh tuber yield of 5.58 tonne rai^{-1} which was highly significantly higher than the other without the application of this manure (4.98 tonne rai^{-1}) in the case of Warin soil but there was no statistical difference in the other soil. The chicken manure also effected the greater amounts of stem, above ground biomass and starch content than that of the one without the application of chicken manure when grown in both soils. In both soils, foliar application had no effect on tuber yield and other parameters determined. Three times Zn foliar fertilization with chicken manure incorporated into the soil before planting tentatively gave the highest yield of 6.06 tonne rai^{-1} when grown in Warin soil whereas in the other soil, the highest tuber yield of 3.21 tonne rai^{-1} was obtained from the treatment with single Zn foliar application plus the incorporation of chicken manure into the soil before planting. In the case of Warin soil, addition of chicken manure resulted in significantly higher K concentration in three and six months old leaves than those without manuring but for Yasothon soil, there was only three months old samples that K concentration was statistically higher in the case of chicken manure application than in the other without chicken manuring. Zinc and Fe foliar application had no effect on the concentration of Zn and Fe in leaves at the age of three months when grown in Warin soil but the increase of Zn concentration responded to Zn foliar application at three months of age in Yasothon soil. Three times Zn foliar application with chicken manuring induced 61.9 mg kg^{-1} Zn and 1.13% K concentrations in six months old leaves which were statistically higher than other treatments in Warin soil, whereas, in the case of Yasothon soil, chicken manuring could induce the highest Zn concentration (75.35 mg kg^{-1}) in leaves at the same age. Cassava gave the highest tuber yield with the amounts of 38.12-43.99 and 33.52-51.80 mg kg^{-1} of Zn and Fe concentrated in three-month old leaves when grown in Warin and Yasothon soils, respectively.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ศาสตรตราจารย์ ดร.เอิบ เขียวรื่นรมณ์ และอาจารย์ ดร.ศุภิฌา ธนะจิตต์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้ความกรุณาในการให้คำปรึกษาชี้แนะ และช่วยเหลือทั้งในด้านการเรียนการทำงานตลอดจนในการเขียนและช่วยขัดเกลาวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ รวมถึงขอขอบพระคุณทางคณาจารย์ของภาควิชาปฐพีวิทยาทุกท่าน

ขอขอบคุณคุณน้าสมพรเกษตรกรผู้เป็นเจ้าของพื้นที่แปลงทดลอง ต.กุดม่วง อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา ที่ให้พื้นที่ในการทดลอง และอำนวยความสะดวกในการทำงาน ขอขอบคุณพี่ปรีชา เพชรประไพซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยและพัฒนามันสำปะหลัง ที่คอยดูแลแปลงมันสำปะหลังและอำนวยความสะดวกในการทำงานเป็นอย่างดี

ขอบขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ และเจ้าหน้าที่ในภาควิชาปฐพีวิทยาที่ให้การช่วยเหลือในการทำงานนี้ และคำแนะนำที่มีประโยชน์ มาโดยตลอด

และที่สำคัญขอกราบขอบพระคุณท่านบุพการีทั้งสอง และขอขอบพระคุณเหล่าญาติ ๆ พี่น้องทั้งหลายที่ให้การสนับสนุนมาเป็นอย่างดี ที่คอยให้การสนับสนุน เป็นกำลังใจ และเป็นที่ปรึกษาจนสำเร็จการศึกษา

ศิรินทรา ตะสาริกา

พฤศจิกายน 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	17
อุปกรณ์	17
วิธีการ	19
ผลและวิจารณ์	27
สรุปและข้อเสนอแนะ	61
สรุป	61
ข้อเสนอแนะ	63
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	64
ภาคผนวก	74
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	98

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตารางผลการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินตัวแทนในพื้นที่แปลงทดลองทั้งสองบริเวณ	41
2	ตารางแสดงค่าวิเคราะห์สมบัติดินก่อนปลูกของทั้งสองแปลง	43
3	ตารางแสดงค่าวิเคราะห์ทางเคมีของมูลไก่แกลบ	43

ตารางผนวกที่

1	สมบัติทางกายภาพของดินตัวแทนดินวารินแปลงบ้านโนนสมบูรณ์	79
2	สมบัติทางกายภาพของดินตัวแทนดินยโสธรแปลงกุดม่วง	79
3	สมบัติทางเคมีของดินตัวแทนพื้นที่ดินวารินแปลงโนนสมบูรณ์	80
4	สมบัติทางเคมีของดินตัวแทนพื้นที่ดินยโสธรแปลงกุดม่วง	81
5	ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด จำนวนหัวมันสำปะหลังต่อต้น ร้อยละการสะสมแป้ง อัตราการรอดตาย และจำนวนต้น (ท่อนพันธุ์) มันสำปะหลังที่ปลูกในดินวาริน	82
6	น้ำหนักต้น น้ำหนักยอดและใบ เหง้า และน้ำหนักส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินวาริน	83
7	ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด จำนวนหัวมันสำปะหลังต่อต้น ร้อยละการสะสมแป้ง อัตราการรอดตาย และจำนวนต้น (พันธุ์) มันสำปะหลังที่ปลูกในดินยโสธร	84
8	น้ำหนักต้น น้ำหนักยอดและใบ เหง้า และน้ำหนักส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินยโสธร	85
9	ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังอายุ 3 เดือน	86
10	ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังอายุ 6 เดือน	87

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
11	ความเข้มข้นของเหล็ก และสังกะสีในใบมันสำปะหลังอายุ 3 เดือน	88
12	ความเข้มข้นของเหล็ก และสังกะสีในใบมันสำปะหลังอายุ 6 เดือน	89
13	การแบ่งกลุ่มของเนื้อดิน (เอิบ, 2548; Soil Survey Division Staff, 1993)	90
14	เกณฑ์การแบ่งระดับความหนาแน่นรวมของดิน	91
15	ระดับชั้นของค่าสภาพนำน้ำขณะดินอิ่มตัว	91
16	ข้อกำหนดที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมี และการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน(เอิบ, 2548; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973; Soil Survey Division Staff, 1993)	92
17	เกณฑ์การแบ่งระดับสภาพกรดแลกเปลี่ยนได้	95
18	วิธีคาดคะเนระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยการประเมินจากผลการวิเคราะห์ดิน (กองสำรวจดิน, 2523)	96
19	แสดงการเปลี่ยนแปลง non SI unit เป็น SI unit	97

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงลักษณะของลำต้นที่ใช้เป็นท่อนพันธ์มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80	17
2	เครื่องจักรกลการเกษตร ได้แก่ รถแทรกเตอร์ที่ติดตั้งผาลระเบิดดินดาน (ripper) ผาล 3 และ ผาล 7	18
3	แสดงลักษณะแปลงทดลองและระยะปลูกแปลงทดลองบ้านกุดม่วง	21
4	แสดงลักษณะแปลงทดลองและระยะปลูกแปลงทดลองบ้านโนนสมบูรณ์	21
5	ภาพเครื่องชั่งสำหรับวัดปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังสด (เปอร์เซ็นต์แป้ง)	25
6	แสดงภาพลักษณะสภาพภูมิประเทศ (ก) หน้าตัดดินตัวแทนชุดดินวาริน (ข)	28
7	แสดงภาพลักษณะสภาพภูมิประเทศ (ก) หน้าตัดดินตัวแทนชุดดินยโสธร (ข)	29
8	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุภาคขนาดทราย (ก) อนุภาคขนาดทรายแป้ง (ข) และอนุภาคขนาดดินเหนียว (ค) กับความลึกของดินตัวแทนดินวาริน และดินยโสธร	30
9	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวม (ก) และสภาพการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวด้วย น้ำ (ข) กับความลึกของดินตัวแทนชุดดินวาริน และชุดดินยโสธร	31
10	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชดินที่วัดในน้ำ (ก) และค่าพีเอชดินที่วัดในสารละลาย 1 M KCl (ข) กับความลึกของชุดดินวาริน และชุดดินยโสธร	32
11	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุ (ก) และปริมาณไนโตรเจนรวม (ข) กับความลึกของชุดดินวาริน และชุดดินยโสธร	33
12	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ก) และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ข) กับความลึกของชุดดินวาริน และชุดดินยโสธร	34
13	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ (ก) ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ (ข) ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (ค) และปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ (ง) กับความลึกของดินตัวแทนชุดดินวาริน และชุดดินยโสธร	36
14	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (ก) และสภาพกรดที่สกัดได้ (ข) กับความลึกของชุดดินวาริน และชุดดินยโสธร	37
15	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (ก) และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (ข) กับความลึกของชุดดินวาริน และชุดดินยโสธร	38

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
16	กราฟแสดงน้ำหนักหัวสดของมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อปุ๋ยสังกะสีและเหล็กที่ให้ทางใบร่วมกับมูลไก่แกลบที่ปลูกในดินวาริน (ก) และดินยโสธร (ข)	45
17	กราฟแสดงจำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อปุ๋ยสังกะสีและเหล็กที่ให้ทางใบร่วมกับมูลไก่แกลบที่ปลูกในดินวาริน (ก) และดินยโสธร (ข)	47
18	กราฟแสดงร้อยละการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อปุ๋ยสังกะสีและเหล็กที่ให้ทางใบร่วมกับมูลไก่แกลบใน ชุดดินวาริน (ก) และชุดดินยโสธร (ข)	48
19	กราฟแสดงน้ำหนักสดต้นมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อปุ๋ยสังกะสีและเหล็กที่ให้ทางใบร่วมกับมูลไก่แกลบใน ชุดดินวาริน (ก) และชุดดินยโสธร (ข)	49
20	กราฟแสดงน้ำหนักสดกิ่งก้าน ยอด และใบมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อปุ๋ยสังกะสีและเหล็กที่ให้ทางใบร่วมกับมูลไก่แกลบเมื่อปลูกในดินวาริน (ก) และดินยโสธร (ข)	50
21	กราฟแสดงน้ำหนักสดของเหง้ามันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อปุ๋ยสังกะสีและเหล็กที่ให้ทางใบร่วมกับมูลไก่แกลบที่ปลูกในดินวาริน (ก) และดินยโสธร (ข)	51
22	กราฟแสดงน้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อปุ๋ยสังกะสีและเหล็กที่ให้ทางใบร่วมกับมูลไก่แกลบที่ปลูกในดินวาริน (ก) และดินยโสธร (ข)	52
23	กราฟแสดงอัตราการรอดตายของมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อปุ๋ยสังกะสีและเหล็กที่ให้ทางใบร่วมกับมูลไก่แกลบที่ปลูกในดินวาริน (ก) และดินยโสธร (ข)	53
24	กราฟแสดงจำนวนต้น (พันธุ์) ต่อไร่ของมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อปุ๋ยสังกะสีและเหล็กที่ให้ทางใบร่วมกับมูลไก่แกลบที่ปลูกในดินวาริน (ก) และดินยโสธร (ข)	54
25	แสดงค่าวิเคราะห์ความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบมันสำปะหลังอายุ 3 และ 6 เดือนที่ปลูกในดินวาริน (ก) และดินยโสธร (ข)	55
26	แสดงค่าวิเคราะห์ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลังอายุ 3 และ 6 เดือนที่ปลูกในดินวาริน (ก) และดินยโสธร (ข)	56

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
27	แสดงค่าวิเคราะห์ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังอายุ 3 และ 6 เดือนที่ปลูกในดินวาริน (ก) และดินยโสธร (ข)	57
28	แสดงค่าวิเคราะห์ความเข้มข้นของเหล็กในใบมันสำปะหลังอายุ 3 และ 6 เดือนที่ปลูกในดินวาริน (ก) และดินยโสธร (ข)	59
29	แสดงค่าวิเคราะห์ความเข้มข้นของสังกะสีในใบมันสำปะหลังอายุ 3 และ 6 เดือนที่ปลูกในดินวาริน (ก) และดินยโสธร (ข)	60

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตอบสนองของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินเนื้อหยาบต่อปุ๋ยสังกะสีและเหล็กที่ให้ทางใบร่วมกับมูลไก่

Response of Cassava Grown on Coarse-textured Soils to Fe and Zn Foliar Application and Chicken Manure

คำนำ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ในปีพ.ศ.2552/2553 มีพื้นที่ปลูกในประเทศไทยประมาณ 8 ล้านไร่ ได้ผลผลิตประมาณ 28 ล้านตัน (มูลนิธิพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2552) โดยพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดที่มีการปลูกมากที่สุด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา สาเหตุที่เกษตรกรปลูกกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกง่าย ทนทานต่อสภาพแห้งแล้ง มีแมลงและโรครบกวนน้อย ลักษณะดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทรายดินเนื้อหยาบ หรือดินทรายจัดที่ปลูกพืชชนิดอื่นไม่ได้ แต่มันสำปะหลังสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีพอสมควร

การปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มักพบปัญหาการกร่อนดินในอัตราค่อนข้างสูง ส่งผลให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ลดลงอย่างรวดเร็ว (ปิยะ, 2546) และก่อให้เกิดการขาดธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชบางชนิด จากการที่ดินเกิดการเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็วส่งผลให้ผลผลิตของมันสำปะหลังลดลงไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน และจากการที่เกษตรกรส่วนใหญ่จะใส่ปุ๋ยที่มีเฉพาะธาตุอาหารหลัก เพื่อรักษาระดับผลผลิตให้สูงเท่านั้น (ชุมพล, 2542) โดยไม่ค่อยพบว่ามีการเพิ่มเติมธาตุอาหารรองหรือจุลธาตุเท่าใดนัก นอกจากนั้นการที่ใส่ปุ๋ยทริปเปิลซูปเปอร์ฟอสเฟต (triple superphosphate) แคลเซียมจากปุ๋ยจะเป็นตัวขัดขวางการดูดสังกะสี (Loneragan *et al*., 1979)ทำให้มันสำปะหลังดูดใช้สังกะสีได้น้อยลง สังกะสีที่เป็นประโยชน์จะมีค่าลดลงเมื่อดินมีค่าพีเอชสูงขึ้น ซึ่งรวมไปถึงในดินเนื้อปูน (calcareous soils) ที่มันสำปะหลังมักเกิดอาการขาดสังกะสี (Havlin *et al*., 2005) สาเหตุเหล่านี้ทำให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังลดต่ำลง (สุวพันธ์, 2542) จากการศึกษาของวัฒนะ และคณะ (2547) พบว่า การพ่นสังกะสีซัลเฟตความเข้มข้น 4 % ทางใบหลังปลูก 1, 2 และ 3 เดือน เป็นวิธีที่ให้ผลผลิตหัวมันสดสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการชุบท่อนพันธุ์ด้วยสังกะสี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซัลเฟตผสมน้ำเป็นเวลานาน 15 นาทีและการใส่ปุ๋ยสังกะสีทางดิน นอกจากนั้น การใส่มูลไก่ผสมแกลบยังช่วยเพิ่มธาตุสังกะสีและเหล็กให้แก่พืชได้เช่นกัน โดยผลการวิเคราะห์ของกรมวิชาการเกษตร พบว่า มูลไก่แกลบมีปริมาณจุลธาตุอยู่ในพิสัย 310-2,240 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับปริมาณธาตุสังกะสีและเหล็กในดินที่เพียงต่อความต้องการของมันสำปะหลังควรอยู่ในพิสัย 1-5 ไมโครกรัมต่อกรัม และ 1-100 ไมโครกรัมต่อกรัมตามลำดับ (Howeler, 1996a, b) ดังนั้น การทดสอบการใช้ปุ๋ยสังกะสีและเหล็กทางใบร่วมกับมูลไก่แกลบที่ส่งผลต่อการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินที่แตกต่างกันจึงน่าจะเกิดประโยชน์ต่อการสร้างองค์ความรู้และเทคโนโลยีด้านการจัดการดินและปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับถ่ายทอดให้แก่เกษตรกรต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการจัดการปุ๋ยสังกะสีและเหล็กร่วมกับมูลไก่แกลบที่เหมาะสมสำหรับการปลูกมันสำปะหลังในดินเนื้อหยาบและอิทธิพลต่อการสะสมธาตุอาหารต่าง ๆ ในใบพืช

2. เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยสังกะสีและเหล็กร่วมกับมูลไก่แกลบทางดินเมื่อปลูกในดินยโสธร และวารินในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับมันสำปะหลัง

1.1 การเรียกชื่อมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังจัดเป็นพืชหัว (tuber) ชื่อสามัญของมันสำปะหลังมีหลายชื่อตามภาษาท้องถิ่นที่แตกต่างกันไป เช่น ในภาษาอังกฤษ เรียกว่า Cassava ประเทศแถบทวีปอเมริกาใต้ที่ใช้ภาษาสเปนเรียกว่า Yuca แถบประเทศบราซิล และอาร์เจนตินา เรียกว่า Madioca ประเทศในทวีปแอฟริกาที่ใช้ภาษาฝรั่งเศสเป็นหลักเรียกว่า Manioc สำหรับประเทศในแถบทวีปเอเชีย เรียกว่า Tapioca ซึ่งแต่เดิมคนไทย เรียกว่า มันไม้ หรือมันสำโรง แต่ปัจจุบันคนไทยเรียกเหมือนกันว่า มันสำปะหลัง พืชนี้อยู่ในสกุล Manihot ซึ่งมีอยู่หลายชนิดที่อยู่ในวงศ์เดียวกัน ได้แก่ ยางพารา และละหุ่ง เป็นต้น ชื่อวิทยาศาสตร์ในสมัยก่อนของมันสำปะหลังจะเรียกตามชนิดของมันสำปะหลัง คือ มีการแบ่งมันสำปะหลังเป็นชนิดหวานกับชนิดขม โดยชนิดหวานเรียกว่า *Manihot esculenta* ส่วนชนิดขมเรียกว่า *Manihot palmata* และ *Manihot dulcis* แต่ปัจจุบันมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Manihot esculenta* Crantz และจัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae (ดนัย, 2537; Fageria *et al*., 1997)

1.2 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกได้ดีในเขตร้อน ตั้งแต่เส้นรุ้งที่ 30 องศาใต้ถึงเส้นรุ้งที่ 30 องศาเหนือ (Kawano, 1980; Cock, 1985) สามารถเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่มีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส ที่ความสูงจากระดับทะเลปานกลางไม่เกิน 2,000 เมตร (6,500 ฟุต) โดยทั่วไปพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีมากกว่า 1,000 มิลลิเมตร (Cock, 1985) แต่ก็สามารถปรับตัวได้ดีในเขตที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1,000-3,000 มิลลิเมตรต่อปี แต่มันสำปะหลังไม่ทนต่อสภาพน้ำขัง เพราะจะทำให้หัวเน่าและตายได้ (ชาญ และ โชติ, 2537) เป็นพืชทนแล้งได้ดี หลังจากปลูกจนกระทั่งต้นมันสำปะหลังตั้งตัวได้แล้วแม้จะขาดฝนเป็นระยะเวลานานติดต่อกัน 3-4 เดือน ก็สามารถทนอยู่ได้โดยไม่ตาย อย่างไรก็ตาม บริเวณที่ฝนตกน้อยกว่า 600 มิลลิเมตรต่อปี จะไม่สามารถปลูกมันสำปะหลังได้ (เจริญศักดิ์, 2532) ลักษณะเด่นประการหนึ่งของมันสำปะหลัง คือทนทานต่อสภาพดินที่เป็นกรดจัด เช่น ดินที่มีค่าพีเอชต่ำถึง 4.4 จะไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิต (เจริญศักดิ์, 2532; Lancaster *et al*., 1982; Jackson and Jackson, 1990) แต่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มันสำปะหลังมีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถขึ้นได้ในดินที่เป็นด่างที่มีค่าพีเอชมากกว่า 8 มันสำปะหลังเป็นพืชวันสั้น หากในช่วงแสงของวันยาวเกิน 10-12 ชั่วโมง จะมีผลทำให้ผลผลิตของมันสำปะหลังลดลง (โสภณ, 2526; ดนัย, 2537) เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชที่มีคุณสมบัติเด่นคือ เป็นพืชที่ปลูกได้ตลอดทั้งปี ปลูกง่าย มีความต้องการน้ำน้อย ทนแล้งได้ดี ดูแลรักษาง่าย ไม่มีแมลงและโรคพืชรบกวน ให้ผลผลิตที่ค่อนข้างสูง จึงถูกนำไปส่งเสริมให้ปลูกในพื้นที่ที่ค่อนข้างแห้งแล้ง หรือในพื้นที่ที่ไม่เหมาะกับการปลูกพืชชนิดอื่น (พิทักษ์, 2536) นอกจากนี้ มันสำปะหลังสามารถปรับตัวได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และเจริญเติบโตได้ดีในดินทุกชนิดโดยเฉพาะอย่างยิ่งดินร่วนปนทรายและดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง (เจริญศักดิ์, 2532; Lancaster *et al.*, 1982; Jackson and Jackson, 1990) เป็นพืชที่จัดได้ว่ามีความเหมาะสมกับเกษตรกรที่มีฐานะยากจนและมีทุนน้อย เนื่องจากต้นทุนในการปลูกและการดูแลรักษาต่ำ (พิชัย, 2528; ชาญ และ วัฒนะ, 2536)

1.3 ลักษณะดินที่เหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลัง

โดยทั่วไปแล้วมันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถปลูกและขึ้นได้ดีในดินแทบทุกชนิดและในทุกภาคของประเทศ ตั้งแต่เนื้อดินหยาบจนถึงที่มีเนื้อเป็นดินเหนียว ที่มีค่าพีเอชตั้งแต่เป็นกรดรุนแรงมากถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 4.5-8.0) และในดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำจนถึงสูง แต่ดินที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลังนั้น ควรมีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 5.0-7.0 ดินมีความลึกตั้งแต่ 50 เซนติเมตรขึ้นไป ที่มีเนื้อค่อนข้างหยาบตั้งแต่ดินร่วนปนทรายจนถึงดินร่วนเหนียวปนทราย เพราะสามารถระบายน้ำได้ดี (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ลักษณะดินที่พบส่วนใหญ่จะประกอบด้วย 2 กลุ่มดินที่สำคัญได้แก่ กลุ่มดิน Paleustults ที่มีเนื้อดินชั้นบนเป็นดินร่วนปนทราย และมีการสะสมดินเหนียวในดินชั้นล่าง เช่น ชุดดิน โคราช สตึก วาริน ยโสธร ห้วยโป่ง และมาบบอนเป็นต้น กลุ่มดินอีกกลุ่มหนึ่งคือ Quartzipsamments เช่น ชุดดินสัตหีบ พัทยา และน้ำพอง เป็นต้น ซึ่งดินกลุ่มนี้เป็นดินลึก มีเนื้อหยาบ เป็นดินเกิดใหม่ที่ยังไม่มีการแบ่งชั้น (Anusontpornperm, 2003, 2005)

มันสำปะหลังเป็นพืชที่เกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างนิยมปลูกกันมาก โดยมีพื้นที่ปลูกทั้งหมดประมาณ 2.8 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 45 ของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั้งประเทศ (ประวัติ, 2526; ปิยะ และ คณะ, 2542; ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2545) สภาพพื้นที่เป็นแบบลูกคลื่นลอนลาดถึงลูกคลื่นลอนชัน ลักษณะดินที่พบในแหล่งปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ดินร่วนเหนียวปนทรายที่เป็นกรด มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำ เช่นเดียวกับปริมาณธาตุอาหารในดินที่มีอยู่ต่ำถึงต่ำมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้น้อย (ชาญ และ โชติ, 2537; ปิยะ และ คณะ, 2542; Onwueme, 2002) จากการศึกษาของ Anusontpornperm *et al.* (2003, 2005) พบว่า ดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่ำ นอกจากนี้ พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่มีความลาดชัน และมีความยาวของความลาดเทมาก ทั้งยังขาดการจัดการด้านอนุรักษ์ดินที่เหมาะสม) ทำให้มีการกร่อนค่อนข้างสูงความอุดมสมบูรณ์ของดินจึงสูญเสียไปอย่างรวดเร็ว (ปิยะ, 2546) ซึ่งจากการศึกษาปริมาณการสูญเสียดินในแปลงมันสำปะหลังเปรียบเทียบกับข้าวโพดและอ้อยที่ปลูกในดินเนื้อหยาบ แปลงปลูกมันสำปะหลังมักประสบปัญหาการสูญเสียดินสูงกว่ามาก (Anusontpornperm *et al*., 1996) การปลูกมันสำปะหลังในสภาพดินเลวและการปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันเป็นเวลานาน มีผลทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ และทำให้ผลผลิตของมันสำปะหลังลดลง การที่จะรักษาระดับของผลผลิตให้คงเดิมหรือเพิ่มขึ้นจำเป็นอย่างยิ่งจะต้องมีการใช้ปุ๋ยเคมีและการจัดการที่เหมาะสม (Howeler, 1991)

การปลูกมันสำปะหลังโดยการใช้ปุ๋ยไม่เหมาะสม และไม่มีการควบคุมการสูญเสียดิน จึงได้ผลผลิตต่ำ (ชุมพล, 2542; Duangpatra, 1988) การปลูกมันสำปะหลังอย่างต่อเนื่องบนพื้นดินเดิมโดยไม่มีการใช้ปุ๋ยและการปรับปรุงบำรุงดินเป็นเวลา 22 ปี ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลงอย่างมาก ส่งผลให้ผลผลิตมันสำปะหลังลดลง (ชุมพล และคณะ, 2549) Sittibusaya (1993) รายงานว่า ผลผลิตมันสำปะหลังในแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ผลผลิตจะลดลงจาก 26-30 ตันต่อเฮกตาร์ เหลือเพียง 10-12 ตันต่อเฮกตาร์ภายหลังจากมีการปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องนาน 20-30 ปี การแก้ไขปัญหาความเสื่อมของความอุดมสมบูรณ์ของดิน ส่วนใหญ่เป็นการใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มธาตุอาหารหลัก เพื่อที่จะรักษาระดับผลผลิตให้สูง นอกจากนั้นการที่ปลูกมันสำปะหลังบนพื้นที่เดิมติดต่อกันเป็นเวลานาน ๆ ทำให้ธาตุอาหารรองและจุลธาตุ อันเป็นธาตุที่จำเป็นอีกกลุ่มหนึ่งของพืชถูกนำไปใช้หรือถูกชะละลายออกไปได้ นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยทริปเปิลซูปเปอร์ฟอสเฟต แคลเซียมจากปุ๋ยจะเป็นตัวขัดขวางการดูดใช้สังกะสีของพืชได้ (Loneragan *et al*., 1979) ซึ่งเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตลดลง (สุวพันธ์, 2542)

2. ธาตุสังกะสีและธาตุเหล็กกับการเจริญเติบโตของพืช

ธาตุอาหารพืชจำแนกได้เป็น 2 พวก ตามปริมาณที่พืชต้องการ คือ ธาตุอาหารมหัพภาค (macronutrient elements) และธาตุอาหารจุลภาค (micronutrient elements) (Epstein, 1972; Gauch, 1972 อ้างโดย ยงยุทธ, 2552)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธาตุอาหารมหัพภาค คือ ธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณมาก ความเข้มข้นของธาตุโดยน้ำหนักแห้งเมื่อพืชเจริญเต็มวัยสูงกว่า 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกคือธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม อีกกลุ่มหนึ่งคือธาตุอาหารรอง แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ส่วนคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนนั้น แม้พืชจะใช้ในปริมาณมากแต่เนื่องจากพืชได้รับมาในรูปของน้ำและแก๊ส ซึ่งได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน จึงไม่ได้รวมไว้ในกลุ่มนี้ (Epstein, 1972; Gauch, 1972 อ้างโดย ยงยุทธ, 2552)

ธาตุอาหารจุลภาคหรือจุลธาตุ คือ ธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณน้อย ความเข้มข้นของธาตุโดยน้ำหนักแห้งเมื่อพืชเจริญเต็มวัยกว่า 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ได้แก่ โบรอน คลอรีน ทองแดง เหล็ก แมงกานีส โมลิบดินัม สังกะสี และนิกเกิล (Epstein, 1972; Gauch, 1972 อ้างโดย ยงยุทธ, 2546) แม้ว่าพืชต้องการในปริมาณน้อยแต่ทุกธาตุก็มีความสำคัญต่อการดำรงชีพของพืช หากขาดแคลนธาตุใดธาตุหนึ่งพืชจะไม่อาจเจริญเติบโตตามปกติได้ (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2551; Miller and Donahue, 1995)

สังกะสี (Zn)

สังกะสีเป็นจุลธาตุอาหาร ซึ่งพืชต้องการในปริมาณน้อย (ยงยุทธ, 2552; Havlin *et al*., 2005) ธาตุนี้มีความสำคัญและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช รากพืชดูดกินสังกะสีในรูปของไดวาเลนต์สังกะสีไอออน (Zn^{2+}) โดยแพร่ผ่านราก (diffusion) อัตราการแพร่ขึ้นกับความชื้นในดิน (สมบุญ, 2538) โดยทั่วไประดับขาดแคลนขั้นวิกฤต (critical deficiency levels) ของสังกะสีในใบพืชทั่วไปที่ค่าต่ำกว่า 15-20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของใบแห้ง (Polar, 1975) ความเข้มข้นของสังกะสีที่พืชทั่วไปต้องการอยู่ในช่วง 25-150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Havlin *et al*., 2005) สังกะสีมีบทบาทที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนี้

1.1 สังกะสีมีบทบาทในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช โดยเป็นโคแฟคเตอร์ของเอนไซม์คาร์บอนิกแอนไฮเดรส ซึ่งช่วยในการรักษาสมดุลระหว่าง CO_2 และ HCO_3^- เพื่อให้มี CO_2 ที่ละลายในไซโทซอล (cytosol) ของมีโซฟิลล์ (mesophyll) เพียงพอสำหรับการสังเคราะห์แสง นอกจากนี้สังกะสีทำงานร่วมกับโพแทสเซียมในการควบคุมการปิดและเปิดของปากใบ เพื่อให้ CO_2 เข้าไปในใบได้เต็มที่ (ยงยุทธ, 2546, 2552; Havlin *et al*., 2005)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 เป็นองค์ประกอบสำคัญของเอ็นไซม์หลายชนิด เช่น ซูเปอร์ออกไซด์ดีสมิวเทสคาร์บอนิก แอนไฮเดรส และเอนไซม์อื่น ๆ (ยงยุทธ, 2546; สมบุญ, 2548)

1.3 ช่วยกระตุ้นกิจกรรมของเอ็นไซม์ เช่น ดีไฮโดรจีเนส แอลโดเลส ไอโซเมอเรส และทรานส์ฟอสฟอรีเลส (ยงยุทธ, 2546, 2552)

1.4 มีบทบาทในเมแทบอลิซึมของดีเอ็นเอและอาร์เอ็นเอ ช่วยในการสังเคราะห์โปรตีน กระบวนการเมแทบอลิซึมของไนโตรเจนในพืช โดยพืชที่ขาดสังกะสีจะมีการสังเคราะห์โปรตีนลดลงทำให้มีการสะสมกรดอะมิโนในเซลล์พืช เนื่องจากการขาดสังกะสีทำให้เอ็นไซม์ที่มีสังกะสีเป็นองค์ประกอบหยุดกิจกรรมในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน (Mengel *et al*., 2001)

1.5 มีบทบาทสำคัญในการสร้างทริปโตเฟน (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 พืชที่ขาดสังกะสีก็จะไม่ค่อยทนต่อสภาวะแดดร้อน ไม่ทนต่อสภาวะหนาวจัด ใบพืชจะเกิดการงอเป็นกระจุก และขนาดใบเล็กลง (Havlin *et al*., 2005)

เหล็ก (Fe)

เหล็กเป็นธาตุแรกในบรรดาจุลธาตุอาหารที่พบว่ามีความสำคัญและจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช ธาตุเหล็กเกี่ยวข้องอยู่กับกระบวนการทางด้านสรีรวิทยาของพืช กล่าวคือ เหล็กเป็นตัวกระตุ้นของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างคลอโรฟิลล์และเอนไซม์ peroxidase นอกจากนี้ยังเป็นส่วนประกอบของไซโตโครม (cytochrome) ซึ่งเป็นสารตัวกลางในการถ่ายทอด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อิเล็คตรอนทั้งในกระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ ในระหว่างการถ่ายทอดอิเล็คตรอนเหล็กจะถูกรีดิวส์และออกซิไดซ์กลับไปกลับมาตลอดเวลา เหล็กยังเป็นส่วนประกอบของเฟริดอกซิน (ferridoxin) ที่อยู่ในคลอโรพลาสต์ (chloroplast) ซึ่งเป็นสารสำคัญในการเคลื่อนย้ายอิเล็คตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช (สัมพันธ์, 2526; สรสิทธิ์ และ คณะ, 2527; ชัยฤกษ์, 2529; Havlin *et al*., 2005)

เหล็กในใบพืชมีทั้งที่อยู่ในรูปเฟริกและเฟรัส โดยเหล็กในรูปเฟริกเป็นองค์ประกอบของโปรตีนที่มีเหล็กและกำมะถันเป็นองค์ประกอบ ไซโทโครม และเฟอร์ริทิน (ferritin) สำหรับเหล็กในรูปเฟรัส ใช้เป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์ซึ่งต้องการ Fe (II) นอกจากนี้ เหล็กยังมีบทบาทร่วมกับโพแทสเซียมในการควบคุมการปิดและเปิดของปากใบ

ปริมาณของคลอโรฟิลล์ในพืชมีความสัมพันธ์กับปริมาณของธาตุเหล็กที่พืชได้รับกล่าวคือเมื่อพืชได้รับธาตุเหล็กในปริมาณที่เพียงพอแล้วจะทำให้กระบวนการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์เป็นไปได้ดีขึ้น (Chen and Barak, 1982)

เมื่อพืชเกิดการขาดเหล็กใบของพืชจะหยุดสร้างคลอโรฟิลล์ทันที อาการผิดปกติดังกล่าวนี้เรียกว่าคลอโรซีส คือใบมีสีเหลืองซีดหรือขาวซีดแต่เส้นใบยังเขียวอยู่ อาการคลอโรซีสเนื่องจากขาดธาตุเหล็กแสดงออกที่ส่วนยอดอ่อนหรือใบอ่อน ทั้งนี้เพราะธาตุเหล็กเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนย้ายภายในพืช (immobile element) ซึ่งพืชไม่สามารถดึงเอาเหล็กจากส่วนที่สะสมอยู่ที่ใบแก่เพื่อนำไปใช้ในใบอ่อนได้ (Tisdal and Helson, 1963) เหล็กช่วยในกระบวนการเพิ่มหรือลดจำนวนออกซิเจนที่ใช้ในการหายใจของพืชและช่วยในการดูดธาตุอาหารอื่น ๆ และเมื่อพืชขาดเหล็ก เซลล์คุมจะไม่เต่งและปากใบปิด สร้างคลอโรฟิลล์ได้น้อยลง การรับพลังงานแสงและการเคลื่อนย้ายอิเล็คตรอนมีน้อยลงในใบพืชที่ขาดเหล็ก อัตราการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์จะลดลง (Havlin *et al*., 2005)

อาการขาดธาตุเหล็กของพืชมีลักษณะแตกต่างกันไปบ้างตามชนิดของพืช ลักษณะอาการคลอโรซีสมักพบกับพืชหลายชนิดโดยเฉพาะที่ปลูกในเขตภูมิอากาศแบบกึ่งแห้งแล้ง (semiarid climate) และพืชที่ปลูกบนดินเนื้อปูน หรือดินแคลคาเรียส เช่น แอบเปิ้ล อโวกาโด กล้วย ข้าวบาร์เลย์ ส้ม ฝ้าย ข้าวโอ๊ต ถั่วลิสง มันสำปะหลัง ข้าวฟ่าง ถั่วเหลือง และพืชจำพวกไม้ดอกอีกหลายชนิด (Follett *et al*., 1981; Chen and Barak, 1982)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ความสำคัญของธาตุสังกะสีและธาตุเหล็กต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

สังกะสี (Zn)

ปัจจัยที่ส่งเสริมการขาดสังกะสีการปลูกมันสำปะหลังซ้ำที่เดิมติดต่อกันเป็นเวลานานหลายสิบปี และเกษตรกรมักใส่ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารหลักเพียงอย่างเดียว แต่ไม่มีการใส่จุลธาตุร่วมด้วย ดังนั้นจึงเป็นการส่งเสริมให้พืชแสดงอาการขาดจุลธาตุอาหารง่ายขึ้น (วัฒนะ และ คณะ, 2547) เช่นเดียวกับในดินทรายที่มีปริมาณสังกะสีต่ำ และในดินเนื้อปูน (Havlin *et al*., 2005) ดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสสูง เนื่องจากฟอสฟอรัสส่งเสริมให้สังกะสีดูดซับติดกับผิวอนุภาคเหล็กและอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ หรือเหล็กและอะลูมิเนียมออกไซด์ หรือแคลเซียมคาร์บอเนต ทำให้ความเป็นประโยชน์ของสังกะสีในดินลดลง (Loneragen *et al.,* 1979) อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของสังกะสีที่จะทำให้มันสำปะหลังเจริญเติบโตเป็นปกติอยู่ในช่วงค่าเฉลี่ย 40-100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ถ้าน้อยกว่า 35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มันสำปะหลังจะแสดงอาการขาดธาตุสังกะสี (Howeler, 1978)

Howeler (1996) ได้กำหนดเกณฑ์ปริมาณสังกะสีในดินที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังไว้ว่า สังกะสีควรมีอยู่ในพิสัย 1.05.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณความเข้มข้นของสังกะสีในใบมันสำปะหลังในช่วง 63 วันหลังปลูกท่อนพันธุ์ควรมีค่าประมาณ 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเริ่มเป็นพิษเมื่อความเข้มข้นมากกว่า 120 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ขณะที่มันสำปะหลังอายุ 3-4 เดือนควรมีความเข้มข้นของสังกะสีในใบในปริมาณเท่ากับ 30-60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

สังกะสีช่วยเร่งการเจริญเติบโตสร้างคลอโรฟิลล์และการสะสมแป้งที่หัวมันสำปะหลังให้มีปริมาณเพิ่มขึ้น จากการทดลองของ Nair and Mohankumar (1980) พบว่า การใส่สังกะสีซัลเฟต บอแรกซ์ และแอมโมเนียมโมลิบเดตอัตรา 12.5, 10.0 และ 1.0 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ตามลำดับ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอัตรา 100 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ N_2, P_2O_5 และ K_2O ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นโดยการใส่สังกะสีช่วยเพิ่มผลผลิตเท่ากับร้อยละ 15 รองลงมาคือ บอแรกซ์ร้อยละ12 และ แอมโมเนียมโมลิบเดตร้อยละ 11 แต่การใส่สังกะสีจะช่วยเพิ่มคุณภาพของหัวมันสำปะหลังโดยการเพิ่มปริมาณแป้งที่สะสมในหัวมันและลดปริมาณไซยาไนด์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การหว่านสังกะสีลงในดินที่เป็นกรด (พีเอชต่ำ) ด้วยสังกะสีออกไซต์อัตรา 10-20 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ จะช่วยเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง แต่ในดินที่มีค่าพีเอชสูง การใส่สังกะสีซัลเฟตลงในดินจะไม่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิต (CIAT, 1978) เนื่องจากสังกะสีถูกทำให้ตกตะกอนโดยไอออนของสังกะสีจะเข้าไปดูดซับอยู่กับดินเหนียว หรือแคลเซียมคาร์บอเนต (Havlin *et al*., 2005) ดังนั้นการพ่นหรือแช่ท่อนพันธุ์ด้วยสังกะสีซัลเฟตที่ละลายน้ำจะมีประสิทธิภาพมากกว่า (CIAT, 1978)

Asher *et al.* (1980) แนะนำให้ใส่ปุ๋ยสังกะสีทางดินอัตรา 0.8-1.6 กิโลกรัมต่อไร่ หรือฉีดพ่นธาตุนี้ที่เข้มข้น 1-2% ทางใบ เช่นเดียวกับการแช่ท่อนพันธุ์ด้วยสังกะสีซัลเฟตเข้มข้น 2-4% นาน 15 นาทีก่อนนำไปปลูก

การปลูกมันสำปะหลังในดินที่มีค่าพีเอชสูง (pH 7.9) และมีปริมาณสังกะสีต่ำ (10 ไมโครกรัมต่อกรัม) การแช่ท่อนพันธุ์ด้วย $ZnSO_4.7H_2O$ เป็นเวลา 15 นาที ก่อนปลูกทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 11.5 ถึง 25.0 ตันต่อเฮกตาร์ (CIAT, 1985)

Howele (2001a) รายงานว่า อาการขาดสังกะสีสามารถจัดการได้ โดยการแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังใน $ZnSO_4.7H_2O$ ความเข้มข้น 2 % เป็นเวลา 15 นาที ก่อนนำท่อนพันธุ์ไปปลูก การฉีดพ่นด้วยสารละลาย $ZnSO_4.7H_2O$ ความเข้มข้น 1 % หรือการใส่ $ZnSO_4.7H_2O$ ในดินที่อัตรา 10 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์

การใช้ปุ๋ยธาตุรองและสังกะสีกับมันสำปะหลัง ช่วยเพิ่มปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังได้ในชุดดินห้วยโป่งและสัตหีบ สังกะสีมีแนวโน้มทำให้ปริมาณโปรตีนและไขมันในหัวมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น ซึ่งเห็นได้ชัดเจนในกรณีของชุดดินห้วยโป่ง (สุวพันธ์, 2542)

Howeler (2002) กล่าวว่า การแช่ท่อนพันธุ์ด้วยสารละลาย $ZnSO_4.7H_2O$ เป็นเวลา 15 นาที และตากจนแห้งเป็นวิธีที่ประหยัด และมีประสิทธิภาพสำหรับการปลูกมันสำปะหลังในดินที่ขาดสังกะสี

ปัญหาการขาดสังกะสีมักพบในดินเนื้อปูน ซึ่งมีแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) สูงโดย Zn^{2+} จะเกิดปฏิกิริยาตกกักเก็บ (occlusion) และปฏิกิริยาดูดซับ (adsorption) กับคาร์บอเนต ซึ่งเป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สาเหตุใหญ่ที่ทำให้ดินเหล่านี้ขาดสังกะสีในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช การแก้ปัญหามักใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูป Zn-chelate (Havlin *et al.,* 2005)

ผลงานวิจัยการขาดสังกะสีเพื่อแก้ไขปัญหาบางพื้นที่ในจังหวัดนครราชสีมา พบว่า วิธีการที่ดีที่สุด คือ การใส่สังกะสีทางดินอัตรา 0.8 กิโลกรัมต่อไร่และวิธีการชุบท่อนพันธุ์ด้วยสังกะสีซัลเฟตความเข้มข้น 2% นาน 15 นาทีก่อนปลูก ให้ผลผลิตหัวมันสดสูงสุด 4,579 และ 4,567 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ ขณะที่การไม่ใส่สังกะสีให้ผลผลิตหัวมันสดเพียง 4,070 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้การใส่สังกะสียังช่วยให้ร้อยละการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังเพิ่มสูงขึ้นด้วย และจากการทดลองเปรียบเทียบวิธีการและอัตราการใส่สังกะสี พบว่า การพ่นสังกะสีซัลเฟตความเข้มข้น 4 % จำนวน 3 ครั้ง ที่อายุ 1, 2 และ 3 เดือนให้ผลผลิตหัวสดเพิ่มสูงสุด 928 กิโลกรัมต่อไร่ (ขายได้ 928 บาท) เมื่อคิดต้นทุนวิธีการนี้ 243 บาทต่อไร่ ให้รายได้เพิ่มขึ้น 685 บาทต่อไร่ (วัฒนะ และคณะ, 2547)

เหล็ก (Fe)

Hillocks *et al.* (2002) กล่าวว่า มันสำปะหลังเป็นพืชที่ไวต่อการขาดธาตุเหล็ก โดยเฉพาะอย่างยิ่งระยะเริ่มแรกของการเจริญเติบโต หากขาดธาตุเหล็กรุนแรงจะก่อให้เกิดผลเสียหาย โดยที่มันสำปะหลังอาจจะตายหรือให้ผลผลิตในระดับที่ต่ำมาก

มันสำปะหลังที่ขาดเหล็กจะแสดงอาการที่ใบอ่อนหรือใบบนมีสีเหลืองส้มหรือซีดอย่างสม่ำเสมอทั่วไป มักจะเกิดในดินที่เป็นด่าง ดินทราย ดินที่มีอินทรียวัตถุสูงหรือดินที่เป็นจอมปลวก การขาดเหล็กอาจเกิดจากการใส่ปูนปรับปรุงดินกรดจัดมากเกินไป อาการอาจรุนแรงเมื่อฝนทิ้งช่วง (วัฒนะและ คณะ, 2547)

มันสำปะหลังจะแสดงอาการขาดเหล็กเมื่อปลูกในดินเนื้อปูนและอาการขาดเหล็กจะสังเกตเห็นได้ในดินที่พบอยู่ทางด้านทิศตะวันออกของจังหวัดนครราชสีมา (Howeler, 2002) ซึ่งมีการกระจายตัวของดินแคลคาเรียสอยู่ทั่วไปทำให้เหล็กอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช นอกจากนั้นยังพบในดินปลูกมันสำปะหลังที่เป็นดินจอมปลวก ซึ่งดินพวกนี้จะมีแคลเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส และมีค่าพีเอชสูง (Howeler, 1996b) การขาดเหล็กสามารถเกิดจากการที่มีการใส่ปูนมากเกินไปหรือมีการใส่ฟอสฟอรัสในดินทรายที่เป็นกรดที่มีค่าเหล็กต่ำ ระดับของเหล็ก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขาดธาตุเหล็ก และถ้ามากว่า 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเหล็กจะเป็นพิษต่อมันสำปะหลัง (Howeler, 1978)

การใส่เหล็กยังไม่มีรายงานผลที่แน่นอน แต่การฉีดพ่นหรือแช่ท่อนพันธุ์ด้วยสารละลาย $FeSO_4.7H_2O$ ความเข้มข้น 4 % อาจช่วยแก้ปัญหาได้ (Howeler, 2001a)

4. การใช้มูลไก่แกลบเพื่อทดแทนการใส่ปุ๋ยสังกะสีและเหล็ก

มูลไก่แกลบมักมีสังกะสีและเหล็กอยู่ในระดับหนึ่ง โดยมีค่าเฉลี่ยจากข้อมูล 3 แหล่งข้อมูล ของ ยงยุทธ (ม.ป.ป.); ปฏิมา (2547); van Ryssen *et al.* (1992) เท่ากับ 326 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในกรณีของสังกะสี ส่วนเหล็กมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 1,190 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

เกษตรกรในหลายพื้นที่ของภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน มักใช้ปุ๋ยมูลไก่แกลบบำรุงดินและสามารถเพิ่มผลผลิตให้กับมันสำปะหลัง จากการทดลองของสุรนัย และคณะ (2543) ที่จังหวัดมหาสารคาม และบุรีรัมย์ ในชุดดินโคราช ระยะเวลา 1 ปี โดยการใส่มูลไก่แกลบที่อัตรา 500 และ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 จำนวน 4 อัตรา ได้แก่ 0 25 50 และ100 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่า การใช้มูลไก่แกลบในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสดสูงขึ้นคือ 9,780 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อเทียบกับการไม่ใส่มูลไก่แกลบที่ให้ผลผลิตเพียง 5,152 กิโลกรัมต่อไร่ และผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังมีแนวโน้มว่าจะให้สูงสุด เมื่อมีการใช้ปุ๋ยมูลไก่แกลบ 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 50 กิโลกรัม โดยให้ผลผลิตหัวสดสูงถึง 10,549 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมากกว่าการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราอื่น ๆ

จากการศึกษาอัตราการใส่ปุ๋ยมูลไก่แกลบสำหรับมันสำปะหลังที่ปลูกในสภาพดินร่วนปนทราย ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี ระยะเวลา 1 ปี โดยการใส่ปุ๋ยมูลไก่ผสมแกลบอัตรา 0, 400 และ 800 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี (สูตร 15-7-18) อัตรา 0, 25 และ 50 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการทดลองพบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ ระหว่างปุ๋ยมูลไก่แกลบและปุ๋ยเคมี มันสำปะหลังตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยมูลไก่แกลบอัตรา 400 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งให้ผลผลิตหัวสด มันแห้ง และน้ำหนักแป้งเท่ากับ 6,892, 2,886 และ2,247 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างจากปุ๋ยมูลไก่แกลบอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ให้ผลผลิตหัวสดมันแห้ง และน้ำหนักแป้งเท่ากับ 7,415, 3,102

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และ2,413 กิโลกรัมต่อไร่ แต่สูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยมูลไก่แกลบ ที่ให้ผลผลิตทั้งสามตามลำดับเท่ากับ 5,791, 2,415 และ 1,922 กิโลกรัมต่อไร่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (จำลอง และ คณะ. 2548)

ส่วนการทดลองในแปลงทดลองของศูนย์วิจัยและพัฒนามันสำปะหลัง ต.ห้วยบง อ.ด่านขุนทด จ. นครราชสีมา ระยะเวลา 1 ปี เปรียบเทียบการใส่ปุ๋ยมูลไก่ผสมแกลบ อัตรา 0, 4, 8 และ12 ตันต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 ในอัตรา 0, 25 และ 50 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่า การใส่ปุ๋ยมูลไก่ผสมแกลบ อัตรา 4, 8 และ12 ตันต่อไร่เพียงอย่างเดียว ให้น้ำหนักผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 4,689 4,842 และ4,476 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับซึ่งแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยมูลไก่แกลบผสมแกลบที่ให้น้ำหนักผลผลิตหัวสด 3,948 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยมูลไก่แกลบอัตรา 8 ตันต่อไร่ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่มีแนวโน้มให้น้ำหนักผลผลิตหัวสดเฉลี่ยสูงสุดคือ 5,217 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่ตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ย (ตำรับควบคุม) ให้น้ำหนักผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเฉลี่ยต่ำสุดคือ 3,370 กิโลกรัมต่อไร่ (ประภาส, 2548)

5. สภาพทั่วไปของบริเวณจังหวัดนครราชสีมา

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 12.12 ของพื้นที่ (สภาอุตสาหกรรมจังหวัด, 2552) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียง ดังนี้

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.1 ลักษณะภูมิประเทศ

สภาพภูมิประเทศของจังหวัดมีทั้งที่เป็นภูเขาสูง ที่ราบลุ่ม พื้นที่ลูกคลื่นลอนตื้นและพื้นที่ลูกคลื่นลอนลึก ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 บริเวณ คือ

5.1.1 บริเวณเทือกเขาและที่สูงทางตอนใต้ของจังหวัดมีความสูงจากระดับทะเลปานกลางมากกว่า 250 เมตร ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ของอำเภอปากช่อง อำเภอปักธงชัย อำเภอวังน้ำเขียว อำเภอครบุรี และอำเภอเสิงสาง เทือกเขานี้เป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำลำธารหลายสายที่ไหลไปทางตะวันออกของภาค ได้แก่ แม่น้ำมูล ลำแชะ ลำพระเพลิง และลำปลายมาศ พื้นที่ระหว่างเทือกเขาส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลึกและลูกคลื่นลอนตื้น ตอนล่างของหุบเขามีความลาดชันค่อนข้างมาก ทำให้มีการกร่อนของหน้าดินในบริเวณนี้ค่อนข้างสูง

5.1.2 บริเวณที่สูงทางตอนกลางของจังหวัดมีความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 200-250 เมตร อยู่ในเขตอำเภอด่านขุนทด สีคิ้ว เทพารักษ์ พระทองคำ ตอนล่างของอำเภอโนนไทย ขามทะเลสอ เมือง สูงเนิน ตอนบนของอำเภอ ปักธงชัย ครบุรี โชคชัย หนองบุญมาก จักราช และอำเภอเสิงสาง ลักษณะพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นลูกคลื่นลอนตื้นยกเว้นบริเวณใกล้เชิงเขาที่มีลักษณะเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลึก พื้นที่บางส่วนเป็นที่ราบลุ่มริมฝั่งแม่น้ำ ซึ่งไหลผ่านหลายสาย ได้แก่ ลำแชะ ลำพระเพลิง ลำตะคอง และแม่น้ำมูล

5.1.3 พื้นที่ลูกคลื่นทางตอนเหนือของจังหวัดมีความสูงจากระดับทะเลปานกลางประมาณ 200 เมตร อยู่ในเขตอำเภอขามสะแกแสง ตอนบนของอำเภอโนนไทย คง ทางทิศตะวันตกของอำเภอบัวใหญ่ บ้านเหลื่อม ห้วยแถลง ชุมพวง และอำเภอลำทะเมนชัย มีลักษณะเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนตื้นที่สูงสลับที่นา บางตอนเป็นพื้นที่ราบลุ่มบริเวณริมฝั่งแม่น้ำลำเชียงไกร และลำปลายมาศ

5.1.4 บริเวณที่ราบลุ่มทางตอนเหนือของจังหวัด มีความสูงจากระดับทะเลปานกลางน้อยกว่า 200 เมตร อยู่ในเขตอำเภอบัวใหญ่ คง โนนสูง ประทาย พิมาย สีดา บัวลาย และอำเภอเมืองยาง มีลักษณะเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนตื้น และมีที่ราบลุ่มบริเวณริมฝั่งแม่น้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2 ลักษณะภูมิอากาศ

ลักษณะสภาพภูมิอากาศทั่วไปของจังหวัดนครราชสีมาอยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุม 2 ชนิด คือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เริ่มตั้งแต่ประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์) มรสุมนี้มีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกเหนือแถบประเทศมองโกเลียและจีน ซึ่งพัดพาเอามวลอากาศเย็นและแห้งจากแหล่งกำเนิดเข้ามาปกคลุมประเทศไทย ทำให้บริเวณจังหวัดนครราชสีมาประสบกับภาวะอากาศหนาวเย็นและแห้งแล้งโดยทั่วไป ส่วนมรสุมอีกชนิดหนึ่งคือมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม) มรสุมนี้มีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกใต้ บริเวณมหาสมุทรอินเดีย ซึ่งพัดออกจากศูนย์กลางเป็นลมตะวันออกเฉียงใต้และเปลี่ยนเป็นลมตะวันตกเฉียงใต้ เมื่อพัดข้ามเส้นศูนย์สูตร พัดพาเอามวลอากาศชื้นจากมหาสมุทรอินเดียมาสู่ประเทศไทย ทำให้บริเวณจังหวัดนครราชสีมามีเมฆมากและฝนตกชุกโดยทั่วไป (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 (ภาพที่ 1)

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

ภาพที่ 1 แสดงลักษณะของลำต้นที่ใช้เป็นท่อนพันธ์มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 2 แสดงภาพของผาลระเบิดดินดาน (ก) ผาล 3 (ข) และผาล 7 (ค)

3. ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ปุ๋ยสังกะสี ($ZnSO_4$) ปุ๋ยเหล็ก ($FeSO_4$) และ ปุ๋ยมูลไก่แกลบ

4. อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างดินและพืช

5. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ดินและพืช ได้แก่

5.1 pH meter

5.2 Spectrophotometer

5.3 Atomic absorption spectrophotometer

5.4 Micro Kjeldahl distillation apparatus

5.5 Digestion apparatus

5.6 เครื่องเขย่า (reciprocating shaker)

6. อุปกรณ์สำหรับเตรียมแปลงปลูก ได้แก่ ไม้ปักแปลงปลูก เชือก เทปวัดระยะ ฯลฯ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. อุปกรณ์ เครื่องแก้ว และเคมีภัณฑ์สำหรับงานแปลงการทดลอง การวิเคราะห์ดิน และการวิเคราะห์พืช

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

วิธีการ

1. การเลือกพื้นที่ทดลอง

คัดเลือกพื้นที่ของเกษตรกรเพื่อดำเนินการแปลงทดลองที่อยู่ในพื้นที่ของเกษตรกรจำนวน 2 บริเวณ ได้แก่ แปลงทดลองบ้านกุดม่วง ตำบลตะเคียน ซึ่งเป็นดินชุดดินยโสธร (Yasothon series, Yt) และแปลงทดลองบ้านห้วยบง ตำบลห้วยบง ซึ่งเป็นชุดดินวาริน (Warin series, Wn) โดยทั้งสองแปลงอยู่ในอำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา

2. การวางแผนการทดลอง

แปลงทดลองทั้งสองวางแผนการทดลองแบบ 2x6 Factorial in Randomized Complete Block (2x6 factorial in RCBD) ประกอบด้วยปัจจัยแรก 2 ปัจจัย และปัจจัยที่สอง 6 ปัจจัย ทำการทดลองจำนวน 4 ซ้ำ ดังนี้

ปัจจัยแรก ประกอบด้วยการไม่ใส่มูลไก่แกลบ และการใส่มูลไก่แกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่

ปัจจัยที่สอง ประกอบด้วยการไม่ให้ปุ๋ยทางใบ การให้ปุ๋ยสังกะสีซัลเฟต ($ZnSO_4$) และเหล็กซัลเฟต ($FeSO_4$) ทางใบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ไม่มีการให้ปุ๋ยทางใบ

2. ให้ปุ๋ยสังกะสีซัลเฟตทางใบอัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อมันสำปะหลังอายุ 1 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ให้ปุ๋ยสังกะสีซัลเฟตทางใบอัตรา 6 กิโลกรัมต่อไร่ แบ่งใส่ 2 ครั้งเมื่อมันสำปะหลังอายุ 1 และ 2 เดือน

4. ให้ปุ๋ยสังกะสีซัลเฟตทางใบอัตรา 9 กิโลกรัมต่อไร่แบ่งใส่ 3 ครั้งเมื่อมันสำปะหลังอายุ 1, 2 และ3 เดือน

5. ให้ปุ๋ยสังกะสีซัลเฟตร่วมกับปุ๋ยเหล็กซัลเฟตทางใบอัตรา 3 และ 0.8 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับเมื่อมันสำปะหลังอายุ 1 เดือน

6. ให้ปุ๋ยสังกะสีซัลเฟตร่วมกับปุ๋ยเหล็กซัลเฟตทางใบอัตรา 6 และ 1.6 กิโลกรัมต่อไร่แบ่งใส่ 2 ครั้งเมื่อมันสำปะหลังอายุ 1 และ 2 เดือน

3. การเตรียมแปลงทดลอง

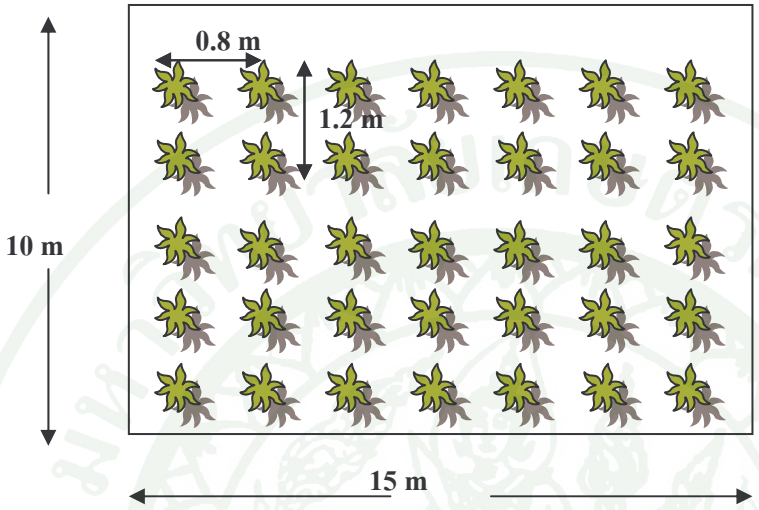
ทำการไถระเบิดดานด้วยผาลระเบิดดิน (ripper) และไถพลิกเพื่อตากดินด้วยไถจานผาล 3 วัดขนาดแปลงทดลอง ทำการใส่มูลไก่แกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ตามตำรับการทดลอง แล้วไถพรวนดินคลุกเคล้าด้วยไถจานผาล 7 เพื่อผสมคลุกเคล้า ก่อนยกร่องกว้าง 1.2 เมตร

4. การปลูกและการดูแลรักษามันสำปะหลัง

พันธุ์มันสำปะหลังที่ใช้เป็นพืชทดลองได้แก่พันธุ์ห้วยบง 80 ใช้ระยะปลูกโดยระยะระหว่างร่องปลูกเท่ากับ 1.20 เมตร และระยะระหว่างต้นบนสันร่องเท่ากับ 80 เซนติเมตร ก่อนปลูกทำการชุบท่อนพันธุ์ด้วยสารเคมีป้องกันเพลี้ยแป้ง การใส่ปุ๋ย ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 เป็นปุ๋ยหลัก ใส่ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่โดยการแบ่งใส่ 2 ครั้งครั้งละ 50 กิโลกรัม ครั้งที่ 1 ใส่หลังจากปลูกแล้วประมาณ 1 เดือน และใส่เมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 3 เดือน

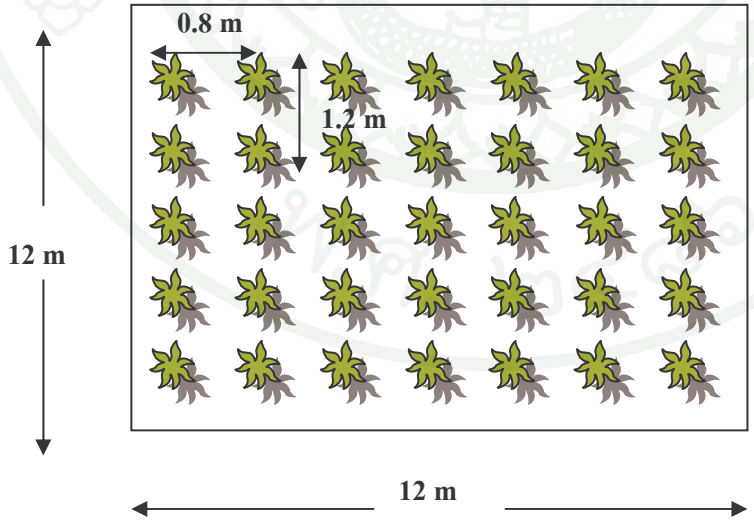
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. แปลงทดลองบ้านกุดม่วง (ชุดดินยโสธร) ใช้แปลงย่อยขนาด 10×15 เมตร (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 แสดงลักษณะแปลงทดลองและระยะปลูกดินยโสธรแปลงทดลองบ้านกุดม่วง

2. แปลงทดลองบ้านห้วยบง (ชุดดินวาริน) ใช้แปลงย่อยขนาด 12 ×12 เมตร (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 แสดงลักษณะแปลงทดลองและระยะปลูกดินวารินแปลงทดลองบ้านโนนสมบูรณ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. การเก็บตัวอย่างดิน

การเก็บตัวอย่างดินเพื่อประกอบการศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 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)

5.2 การเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตรและดินชั้นล่างที่ระดับความลึก 30-60 เซนติเมตร ชั้นประมาณ 1-2 กิโลกรัมโดยการสุ่มเก็บตัวอย่างทั่วแปลงนำมาผสมกัน (composite sample)

6. การวิเคราะห์ดิน

นำดินที่ได้จากการเก็บตัวอย่างดินมาผึ่งในที่ร่มให้แห้ง จากนั้นร่อนดินที่ได้โดยแบ่งเป็น 2 ขนาดดังนี้

ดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร ใช้สำหรับวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุ และไนโตรเจนรวม ส่วนดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2.0 มิลลิเมตรใช้สำหรับการวิเคราะห์สมบัติอื่น ๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.1 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

1) พีเอชดิน (soil pH) วัดโดยใช้เครื่องมือวัดค่าพีเอชดิน (pH meter) ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำและดินต่อสารละลาย 1M KCl เท่ากับ 1:1 (Thomas, 1996; National Soil Survey Center, 1996)

2) ปริมาณไนโตรเจนรวม (total nitrogen) โดยวิธี Kjeldahl method (Jackson, 1965)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) สกัดด้วยน้ำยาสกัด Bray II (Bray and Kurtz, 1945) แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง Colorimetric

4) ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ (available K, Ca and Mg) โดยสกัดด้วย 1M NH_4OAc pH 7.0 และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

5) ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter) วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์โดยวิธี Walkley and Black Tritation (Walkley and Black, 1934) แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณอินทรียวัตถุโดยใช้สูตรดังนี้

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

6) ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (extractable bases) ประกอบด้วย แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม โดยสกัดด้วยสารละลาย 1M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) (Peech, 1945) แล้ววัดปริมาณด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer

7) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity, CEC) โดยใช้การชะละลายแคตไอออนด้วยสารละลาย 1M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) และแทนที่แคตไอออนของแอมโมเนียมไอออนด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (10%) ในสภาพที่เป็นกรด กลั่นหาปริมาณแอมโมเนียมไอออน แล้วคำนวณหาค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (Chapman, 1965)

8) ร้อยละความอิ่มตัวเบส (base saturation percentage, %BS) โดยการคำนวณจากปริมาณเบสที่สกัดได้ และสภาพกรดที่สกัดได้ (National Soil Survey Center, 1996) ดังสูตร

$$\text{\% BS} = \frac{\text{Extractable bases} \times 100}{\text{Extractable bases} + \text{Extractable acidity}}$$

9) สภาพกรดที่สกัดได้ (extractable acidity) ทำการสกัดด้วยสารละลายแบเรียมคลอไรด์ไตรเอทธาโนลามีน (barium chloride-triethanolamine) pH 8.2 (Peech, 1965)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

10) ปริมาณจุลธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ (available Zn, Mn, Fe, Cu) โดยสกัดด้วย 0.005M DTPA pH 7.3 และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542)

6.2 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

1) การกระจายขนาดของอนุภาคดิน (soil particle size distribution) โดยวิธีแยกด้วยตะแกรง (sieving method) ในขนาดอนุภาคทราย โดยวิธี pipette method (ถนอม, 2528; Day, 1965) ในขนาดอนุภาคทรายแป้งและอนุภาคดินเหนียว ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นำมาแจกแจงประเภทของเนื้อดิน (soil textural class) โดยการเปรียบเทียบกับชั้นเนื้อดินตามเกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA textural class) (Soil Survey Division Staff, 1993)

2) ความหนาแน่นรวมของดิน(bulk density) โดยวิธีใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดินโดยไม่ทำลายโครงสร้าง (core method) (ถนอม, 2528; Blake and Hartge, 1986)

3) สภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated hydraulic conductivity) (Klute, 1965)

7. การเก็บตัวอย่างพืชและการวิเคราะห์พืช

7.1 ลักษณะทางกายภาพของมันสำปะหลัง

1) น้ำหนักสดส่วนเหนือดินทั้งหมดซึ่งได้แก่ น้ำหนักต้น เหง้า กิ่งก้านและใบ

2) ผลผลิตน้ำหนักหัวมันสำปะหลังต่อไร่ โดยคิดจากน้ำหนักหัวมันสดทั้งหมด และน้ำหนักหัวมันสดเฉลี่ยต่อต้น

3) จำนวนหัวต่อต้น โดยนับจำนวนหัวสดของมันสำปะหลังแต่ละต้นในพื้นที่เก็บเกี่ยว ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตรขึ้นไป และเป็นหัวที่สมบูรณ์ ไม่ฝ่อหรือเน่าเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4) อัตราการรอดตาย โดยนับจากจำนวนต้นที่รอดตายต่อพื้นที่

5) ร้อยละการสะสมแป้ง ทำการสุ่มหัวมันสำปะหลังมาสับเป็นท่อน ๆ โดยคัดส่วนหัวและท้ายออก นำหัวมันสำปะหลังที่สับแล้วไปวัดปริมาณแป้งด้วยเครื่อง Reimann scale โดยชั่งหัวมันสำปะหลังดังกล่าวในอากาศให้ได้น้ำหนักประมาณ 5 กิโลกรัม แล้วนำหัวมันสำปะหลังส่วนนี้มาชั่งในน้ำ อ่านค่าปริมาณแป้งในหัวมันสดจาก มาตรวัด (scale) เลขที่อ่านได้เป็นร้อยละการสะสมแป้งในหัวสด (ภาพที่ 5)

ภาพที่ 5 เครื่องชั่งสำหรับวัดปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังสด (ร้อยละการสะสมแป้ง)

7.2 การวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมันสำปะหลัง

สุ่มเก็บตัวอย่างใบมันสำปะหลังใบที่ 5 นับจากใบที่คลี่เต็มที่แล้วจากส่วนยอด ที่อายุ 3 และ 6 เดือน นำใบพืชมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วันจนตัวอย่างแห้งสนิท บดใบพืชที่ได้ให้ละเอียดก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารตามวิธีการดังนี้

1) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยการย่อยตัวอย่างพืชด้วย H_2SO_4-Na_2SO_4-Se (digestion mixture) แล้ววัดปริมาณของไนโตรเจนด้วยวิธี Colorimetric

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด โดยการย่อยตัวอย่างด้วย H_2SO_4-Na_2SO_4-Se (digestion mixture) แล้ววัดปริมาณของฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง Spectrophotometer

3) ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด โดยการย่อยตัวอย่างด้วย H_2SO_4-Na_2SO_4-Se (digestion mixture) แล้ววัดความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer

4) ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก และสังกะสีทั้งหมด โดยการย่อยตัวอย่างพืชด้วย HNO_3 - $HClO_4$ (acid mixture) แล้ววัดความเข้มข้นของธาตุต่าง ๆ ข้างต้นด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer

8. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) และนำข้อมูลนั้นมาเปรียบเทียบหาความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ Duncan's multiple range tests (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ขึ้นไป

9. สถานที่ทำการทดลอง

การศึกษาในภาคสนาม แปลงเกษตรกร บ้านกุดม่วง ตำบลตะเคียน และบ้านห้วยบง ตำบลห้วยบง อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา

การศึกษาในห้องปฏิบัติการ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ

10. ระยะเวลาทำการทดลอง

ตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. สภาพทั่วไปของพื้นที่และสัณฐานวิทยาสนามของดินตัวแทน

1.1 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่แปลงเกษตรกร 2 บริเวณ ได้แก่ แปลงทดลองบ้านโนนสมบูรณ์ ตำบลกฤษณา อำเภอสี่คิ้ว และแปลงทดลองกุดม่วง ตำบลตะเคียน อำเภอด่านขุนทด ทั้งสองแปลงอยู่ในเขตจังหวัดนครราชสีมา พื้นที่โดยทั่วไปมีสภาพภูมิประเทศเป็นที่ราบสูงมีเทือกเขา 2 ลูก คือ เทือกเขาพังเหย และเทือกเขาวังผาแดง ความสูงเฉลี่ย 310 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง มีพื้นที่ป่าไม้ประมาณ 14,375 ไร่ ป่าสาธารณะประโยชน์ 10,306 ไร่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,137 มิลลิเมตรต่อปี ฝนจะเริ่มตกเดือนพฤษภาคมและจะทิ้งช่วงในเดือนมิถุนายน ฝนจะเริ่มตกอีกครั้งในเดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม การกระจายตัวของฝนไม่สม่ำเสมอ แหล่งน้ำสายหลัก คือ ห้วยโปร่ง ห้วยจระเข้น้อย ห้วยปราสาท

1.2 สัณฐานวิทยาสนามของดินตัวแทน

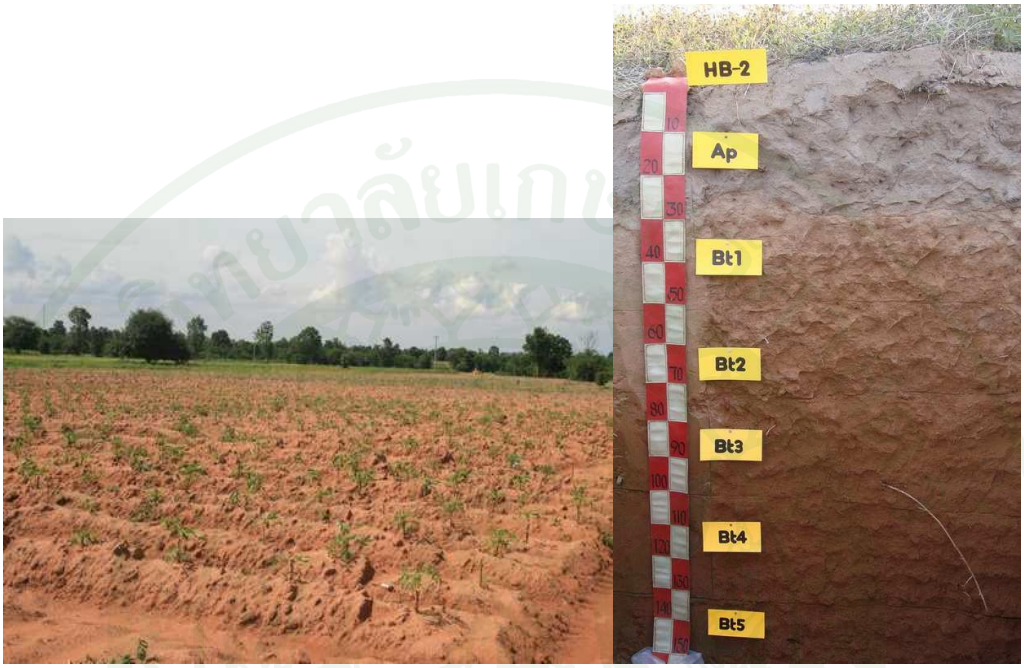
ชุดดินวาริน

ดินนี้เป็นดินตัวแทนของแปลงทดลองบ้านโนนสมบูรณ์ ตำบลกฤษณา อำเภอสี่คิ้ว จังหวัดนครราชสีมา เป็นดินที่มีพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น Ap-Bt อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 330.1 เมตร สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชันประมาณร้อยละ 2 วัตถุต้นกำเนิดเป็นตะกอนน้ำพาท้องถิ่น (local alluvium) ที่วางตัวอยู่บนวัตถุต้นกำเนิดที่เป็นวัสดุตกค้าง (residuum) ของหินทราย ดินมีการระบายน้ำดี ดินมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้เร็ว มีการไหลบ่าของน้ำที่ผิวดินปานกลาง

ดินบนหนา 30 เซนติเมตร มีสีน้ำตาล เนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วน พีเอชดินในสนามเป็นกรดจัด (pH 5.5) ดินมีโครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดมากถึงละเอียดมีความคงทนของโครงสร้างน้อย ส่วนดินล่างลึกตั้งแต่ 32-132 เซนติเมตร มีสีเหลืองปนแดง สีเหลืองปนน้ำตาลและสีขาว เนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วน โครงสร้างของดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มนขนาดละเอียดถึงปานกลาง พีเอชดินในสนามเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดจัด (pH 5-5.5) (ภาพที่ 6)



(ก) (ข)

ภาพที่ 6 แสดงภาพลักษณะสภาพภูมิประเทศ (ก) หน้าตัดดินตัวแทนชุดดินวาริน (ข)

ชุดดินยโสธร

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

ดินบนหนา 20 เซนติเมตร มีสีแดงปนเหลือง เนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วน พีเอชดินในสนามเป็นกรดจัดมาก (pH 5.0) ดินมีโครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนของโครงสร้างน้อย ส่วนดินล่างลึกตั้งแต่ 20-200 เซนติเมตร มีสีแดง เนื้อดินเป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดินร่วนปนทรายและ ร่วนเหนียวปนทราย โครงสร้างของดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดถึงหยาบ พีเอชดินในสนามเป็นกรดรุนแรงมากถึงเป็นกรดจัดมาก (pH 4.0-4.5) (ภาพที่ 7)

(ก) (ข)

ภาพที่ 7 แสดงภาพลักษณะสภาพภูมิประเทศ (ก) หน้าตัดดินตัวแทนชุดดินยโสธร (ข)

1.3 สมบัติทางกายภาพของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง

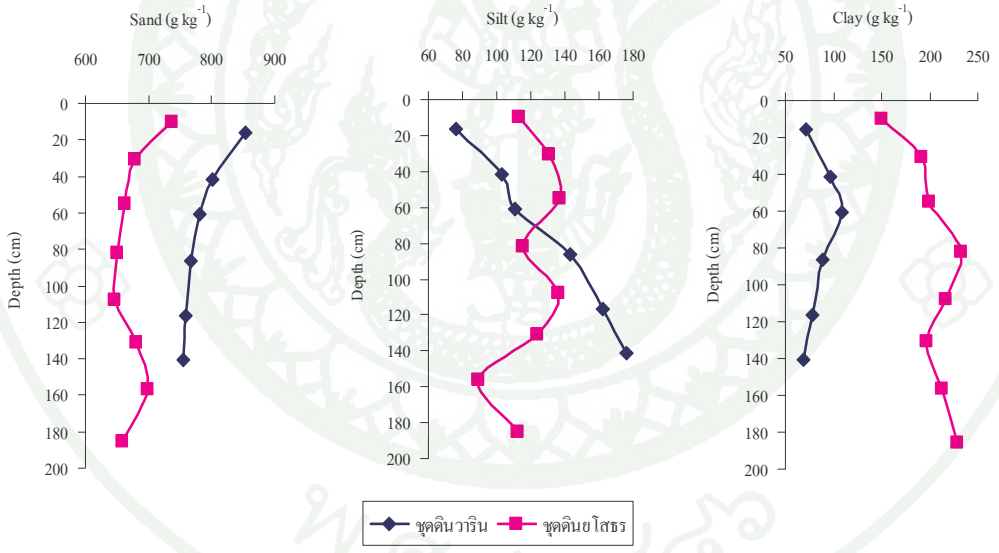
ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย การแจกกระจายของขนาดอนุภาคและชั้นเนื้อดิน ความหนาแน่นรวมของดิน ค่าสภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวด้วยน้ำมีดังต่อไปนี้

การกระจายขนาดอนุภาคและชั้นเนื้อดินซึ่งได้จากการเทียบหาประเภทชั้นเนื้อดินจากตารางสามเหลี่ยมแสดงความสัมพันธ์ของอนุภาคดิน โดยใช้เกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA textural class) (เอิบ, 2542; Soil Survey Staff, 2010) (ตารางผนวกที่ 13) ดินวาริน(ภาพที่ 8) พบว่า ปริมาณอนุภาคขนาดทรายในอยู่ในพิสัย 756-854 กรัมต่อกิโลกรัม อนุภาคขนาดทรายแป้งอยู่ในพิสัย 76-176 กรัมต่อกิโลกรัม และอนุภาคขนาดดินเหนียวอยู่ในพิสัย 69-109 กรัมต่อกิโลกรัม (ตารางผนวกที่ 1) โดยภาพรวมพบว่า ดินบนมีปริมาณอนุภาคขนาดทรายมากกว่าในชั้นดินล่าง และมีปริมาณลดลงตามความลึก ขณะที่ปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกจนถึงตอนกลางของหน้าตัดดิน แล้วลดลงในตอนล่าง ดินชั้นบนของดินนี้อยู่ใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กลุ่มดินทรายปนร่วน และในดินชั้นล่างตั้งแต่ความลึก 51 เซนติเมตรลงไปอยู่ในกลุ่มดินร่วนปนทราย

สำหรับดินยโสธร (ภาพที่ 8) พบว่า ปริมาณของอนุภาคขนาดทรายในชั้นกำเนิดดินอยู่ในพิสัย 647-736 กรัมต่อกิโลกรัม อนุภาคขนาดทรายแป้งอยู่ในพิสัย 89-137 กรัมต่อกิโลกรัม และอนุภาคขนาดดินเหนียวอยู่ในพิสัย 150-233 กรัมต่อกิโลกรัม (ตารางผนวกที่ 2) โดยดินชั้นบนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มดินร่วนปนทรายและชั้นล่างอยู่ในกลุ่มดินร่วนเหนียวปนทราย ยกเว้นชั้น Bt3 และ Bt5 ที่จัดอยู่ในกลุ่มดินร่วนปนทราย ลักษณะการแจกกระจายของขนาดอนุภาคดินตัวแทนแปลงทดลองทั้งสอง แสดงให้เห็นว่า ดินทั้งสองบริเวณเป็นดินมีพัฒนาการดี มีการแสดงการเคลื่อนย้ายเชิงกลของอนุภาคขนาดเล็ก (lessivage) และกระบวนการเคลื่อนย้ายวัสดุจากชั้นดินบน (eluviation) ไปสะสมในดินชั้นล่าง ทำให้ดินตอนบนมีอนุภาคขนาดทรายเหลืออยู่มาก ส่วนชั้นดินล่างจะมีอนุภาคขนาดละเอียดเพิ่มขึ้น (Buol *et al*., 1997; Soil Survey Staff, 1999)



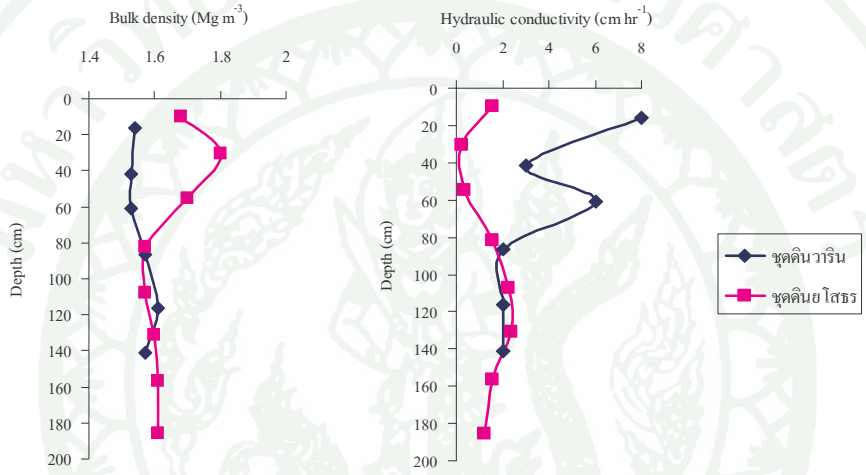
(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุภาคขนาดทราย (ก) อนุภาคขนาดทรายแป้ง (ข) และอนุภาคขนาดดินเหนียว (ค) กับความลึกของดินตัวแทนดินวาริน และดินยโสธร

ความหนาแน่นรวมวัดโดยวิธี core method ตามความลึกในแต่ละชั้นกำเนิดดินของดินวารินแสดงไว้ในตารางผนวกที่ 1 และดินยโสธรแสดงไว้ในตารางผนวกที่ 2 เมื่อใช้เกณฑ์การแบ่งระดับความหนาแน่นรวมของดินตามตารางผนวกที่ 9 (นงคราญ, 2529) พบว่า ในชั้นดินบนของดินวารินมีความหนาแน่นรวมอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเท่ากับ 1.54 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมตร และชั้นดินล่างอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง (พิสัย 1.53-1.61 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) (ภาพที่ 9) ส่วนดินยโสธร พบว่า ชั้นดินบนมีความหนาแน่นรวมอยู่ในระดับค่อนข้างสูง มีค่าเท่ากับ 1.68 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และชั้นดินล่างอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง (พิสัย 1.57-1.80 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) (ภาพที่ 9) โดยชั้นที่ค่าสูงสุดได้แก่ชั้น Bt1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.80 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งชั้นนี้น่าจะเป็นชั้นดานไถพรวน (plough pan) ที่เกิดจากการอัดตัวแน่นเนื่องจากการใช้เครื่องจักรกลขนาดใหญ่ปฏิบัติงานในแปลงติดต่อกันเป็นระยะเวลานานซึ่งตรงกับการศึกษาของ (เอกราช) ซึ่งทำการศึกษาในพื้นที่บริเวณใกล้เคียงกัน



(ก) (ข)

ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวม (ก) และสภาพการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวด้วยน้ำ (ข) กับความลึกของดินตัวแทนชุดดินวาริน และชุดดินยโสธร

ค่าสภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวด้วยน้ำ (ภาพที่ 9) ในบริเวณที่ศึกษาโดยชุดดินวารินและ ชุดดินยโสธร โดยใช้เกณฑ์การแบ่งระดับชั้นตามตารางผนวกที่ 13 พบว่า ดินวารินมีค่าสภาพนำน้ำขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำในชั้นดินบนอยู่ในระดับเร็วปานกลาง มีค่าเท่ากับ 8.37 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ส่วนชั้นดินล่างอยู่ในระดับช้าปานกลางถึงเร็วปานกลาง มีค่าอยู่ในพิสัย 1.87-6.09 เซนติเมตรต่อชั่วโมง (ตารางผนวกที่ 1) ส่วนค่าสภาพนำน้ำขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำของดินยโสธร พบว่า ในชั้นดินบนพบอยู่ในระดับช้าปานกลาง มีค่าเท่ากับ 1.54 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ส่วนชั้นดินล่างอยู่ในระดับช้าถึงปานกลาง มีค่าอยู่ในพิสัย 0.24-2.37 เซนติเมตรต่อชั่วโมง (ตารางผนวกที่ 2)

ดินที่ทำการศึกษาทั้งสองบริเวณเป็นดินมีพัฒนาการดี มีการแสดงการเคลื่อนย้ายเชิงกลของอนุภาคขนาดเล็ก (lessivage) และกระบวนการเคลื่อนย้ายวัสดุจากชั้นดินบน (eluviation)

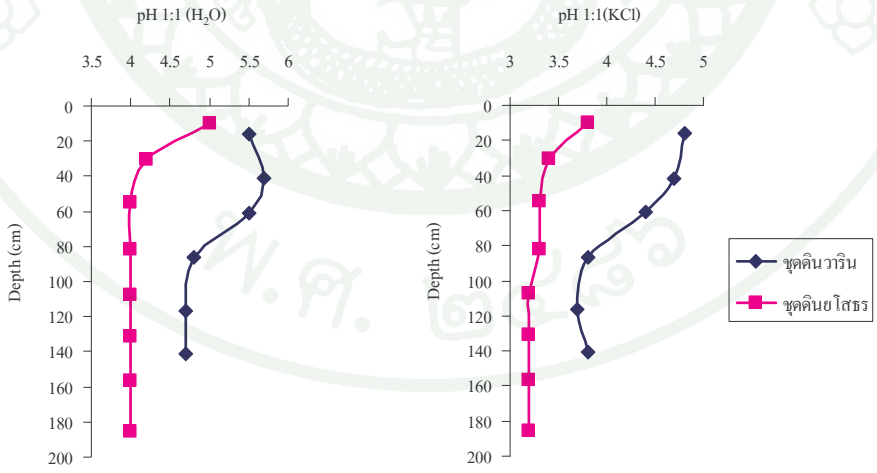
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไปสะสมในดินชั้นล่าง ทำให้ดินตอนบนมีอนุภาคขนาดทรายเหลืออยู่มาก ส่วนชั้นดินล่างจะมีอนุภาคขนาดละเอียดเพิ่มขึ้น (Buol *et al*., 2003; Soil Survey Staff, 2010)

1.4 สมบัติทางเคมีของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลอง

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินทั้ง 2 พื้นที่ (ตารางผนวกที่ 3 และ 4) ผลการศึกษามีดังนี้

ค่าพีเอชของดินวารินวัดโดยใช้ดินต่อน้ำในอัตราส่วน 1:1 พบว่า ชั้นดินบนมีพีเอชดินเป็นกรดจัด (pH 5.5) ส่วนในชั้นดินล่างมีพีเอชดินเป็นกรดจัดมากที่สุดถึงกรดปานกลาง (pH 4.7-5.7) ส่วนพีเอชดินที่วัดโดยใช้อัตราส่วนดินต่อสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ 1M ในอัตราส่วน 1:1 พบว่า ชั้นดินบนมีพีเอชเป็นกรดจัดมาก (pH 4.8) และชั้นดินล่างเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดจัดมาก (pH 3.7-4.7) (ภาพที่ 10) ส่วนค่าพีเอชของดินยโสธร พบว่า ชั้นดินบนมีพีเอชดินเป็นกรดจัดมาก (pH 5) ส่วนในชั้นดินล่างมีพีเอชดินเป็นกรดรุนแรงมาก (pH 4-4.2) เมื่อวัดโดยใช้ดินต่อน้ำในอัตราส่วน 1:1 ส่วนพีเอชดินที่วัดโดยใช้อัตราส่วนดินต่อสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ 1M ในอัตราส่วน 1:1 พบว่า ชั้นดินบนมีพีเอชเป็นกรดรุนแรงมาก (pH 3.8) และชั้นดินล่างเป็นกรดรุนแรงมากที่สุดถึงกรดรุนแรงมาก (pH 3.2-3.4) (ภาพที่ 10)

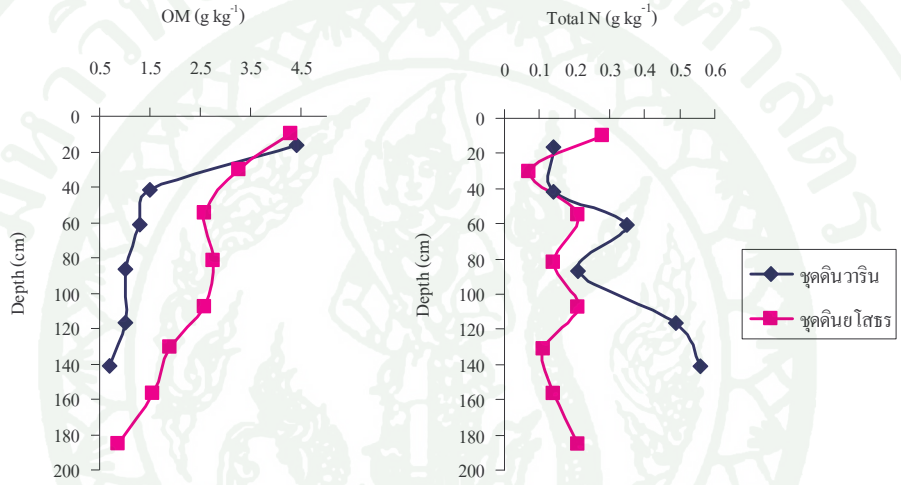


(ก) (ข)

ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชดินที่วัดในน้ำ (ก) และค่าพีเอชดินที่วัดในสารละลาย 1 M KCl (ข) กับความลึกของชุดดินวาริน และชุดดินยโสธร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่ทำการศึกษา พบว่า ดินวารินมีค่าอยู่ในระดับต่ำมากตลอดหน้าตัดดิน โดยดินบนมีค่าเท่ากับ 4.40 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนดินชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 0.7-1.6 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนในดินยโสธร พบว่า มีค่าอยู่ในระดับต่ำมากตลอดหน้าตัดดิน โดยมีค่าเท่ากับ 4.3 และในพิสัย 0.9-3.3 กรัมต่อกิโลกรัมในดินบนและดินล่างตามลำดับ การที่ปริมาณอินทรียวัตถุในชั้นดินบนมีปริมาณมากกว่าในชั้นดินล่างเล็กน้อย (ภาพที่ 11) เนื่องจากชั้นดินบนเป็นชั้นที่เกิดการทับถมของเศษพืช ใบ ลำต้น ที่ปกคลุมอยู่บนผิวดินและรากพืช ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุ สะสมอยู่ในชั้นดินบนมากกว่าชั้นดินล่าง (Thompson and Troeh, 1978)



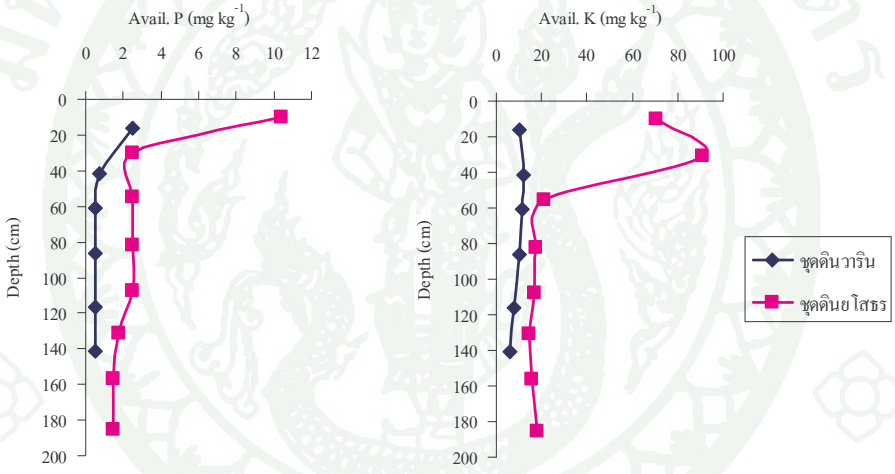
ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุ (ก) และปริมาณไนโตรเจนรวม (ข) กับความลึกของชุดดินวาริน และชุดดินยโสธร

ปริมาณไนโตรเจนรวม พบว่า ชั้นดินบนของดินวารินมีค่าอยู่ในระดับต่ำมากเช่นเดียวกับในชั้นดินล่างโดยมีปริมาณเท่ากับ 0.28 และ 0.14-0.56 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ และในดินยโสธร พบว่า ชั้นดินบนและชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก คือ 0.28 และในพิสัย 0.07-0.21 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ (ภาพที่ 11) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน เนื่องจากอินทรียวัตถุเป็นแหล่งสำคัญของไนโตรเจนในดิน การเพิ่มขึ้นจะเป็นอิทธิพลการชะละลายของปุ๋ย (ไพบูลย์, 2528)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ พบว่า ในชั้นดินบนของดินวารินมีค่าอยู่ในระดับต่ำ (3.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ส่วนชั้นดินล่างพบอยู่ในระดับต่ำมาก โดยอยู่ในพิสัย 0.75-1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 12) ดินยโสธร พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในชั้นดินบน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อยู่ในระดับต่ำ มีค่าเท่ากับ 10.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนชั้นดินล่างมีปริมาณอยู่ในระดับต่ำมาก (1.4-2.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (ภาพที่ 12) ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส มีความสัมพันธ์กับค่าพีเอชดิน จากผลการวิเคราะห์พบว่า ดินทั้งสองพื้นที่ศึกษามีพีเอชดินส่วนใหญ่เป็นกรดจัดรุนแรงถึงกรดปานกลาง (pH 4.0-5.7) ซึ่งฟอสเฟตจะถูกตรึงโดยไอออนที่ละลายได้พวก Fe^{+2}, Al^{+3} และไฮดรัสออกไซด์ของเหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีส (มุกดา, 2544) เกิดเป็นสารประกอบที่ตกตะกอน ซึ่งละลายน้ำยากของสารประกอบเหล็กฟอสเฟตและอะลูมิเนียมฟอสเฟต มีผลทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสลดต่ำลง (ชัยฤกษ์, 2529; Brady and Weil, 2008) นอกจากนี้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน โดยเป็นแหล่งของฟอสเฟตอินทรีย์ (Sanchez, 1976) ซึ่งในดินที่ศึกษามีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำมาก จึงทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ค่อนข้างระดับต่ำถึงต่ำมากไปด้วย



(ก) (ข)

ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ก) และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ข) กับความลึกของชุดดินวาริน และชุดดินยโสธร

ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ พบว่า ดินวารินมีปริมาณอยู่ในระดับต่ำมากตลอดหน้าตัดดิน โดยในชั้นดินบนมีปริมาณเท่ากับ 10.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนชั้นดินล่างพบอยู่ในพิสัย 5.8-11.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณาภายในหน้าตัดดิน พบว่า ชั้นดินล่างตอนบนมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงกว่าชั้นดินล่างและลดลงในชั้นดินตอนล่างของหน้าตัดดิน ส่วนในดินยโสธร พบว่า ชั้นดินบนมีค่าอยู่ในระดับปานกลาง คือ 70.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนดินล่างมีปริมาณอยู่ในระดับต่ำมากถึงสูงอยู่ในพิสัย 14.3-90.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณาภายในหน้าตัดดิน พบว่า ชั้นดินบนและชั้นดินล่างตอนบนมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประโยชน์สูงกว่าชั้นดินล่าง (ภาพที่ 12) โดยปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่มีค่าสูงในชั้นดินล่างตอนบน แล้วลดลงตามความลึกในชั้นดินล่างอาจเป็นผลมาจากอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งโดยทั่วไปมีการสะสมอยู่ในดินล่างตอนบนมากกว่าดินล่าง เมื่อมีการย่อยสลายอินทรียสารจะมีการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์บางส่วนแก่ดิน (Brady and Weil, 2008) ขณะที่ในตอนล่างของชั้นดินล่างธาตุนี้อาจถูกปลดปล่อยออกมาระหว่างกระบวนการผุพังสลายตัวของหินต้นกำเนิดหรือจากการชะละลายของปุ๋ยโพแทสเซียมในดินบนลงมาสะสมในชั้นดังกล่าว และได้รับอิทธิพลของปุ๋ยในการจัดการดิน

ปริมาณเบสที่สกัดได้ประกอบด้วยแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียม ซึ่งปริมาณที่วิเคราะห์ในดินของทั้งสองแปลงทดลองมีดังนี้ (ภาพที่ 13)

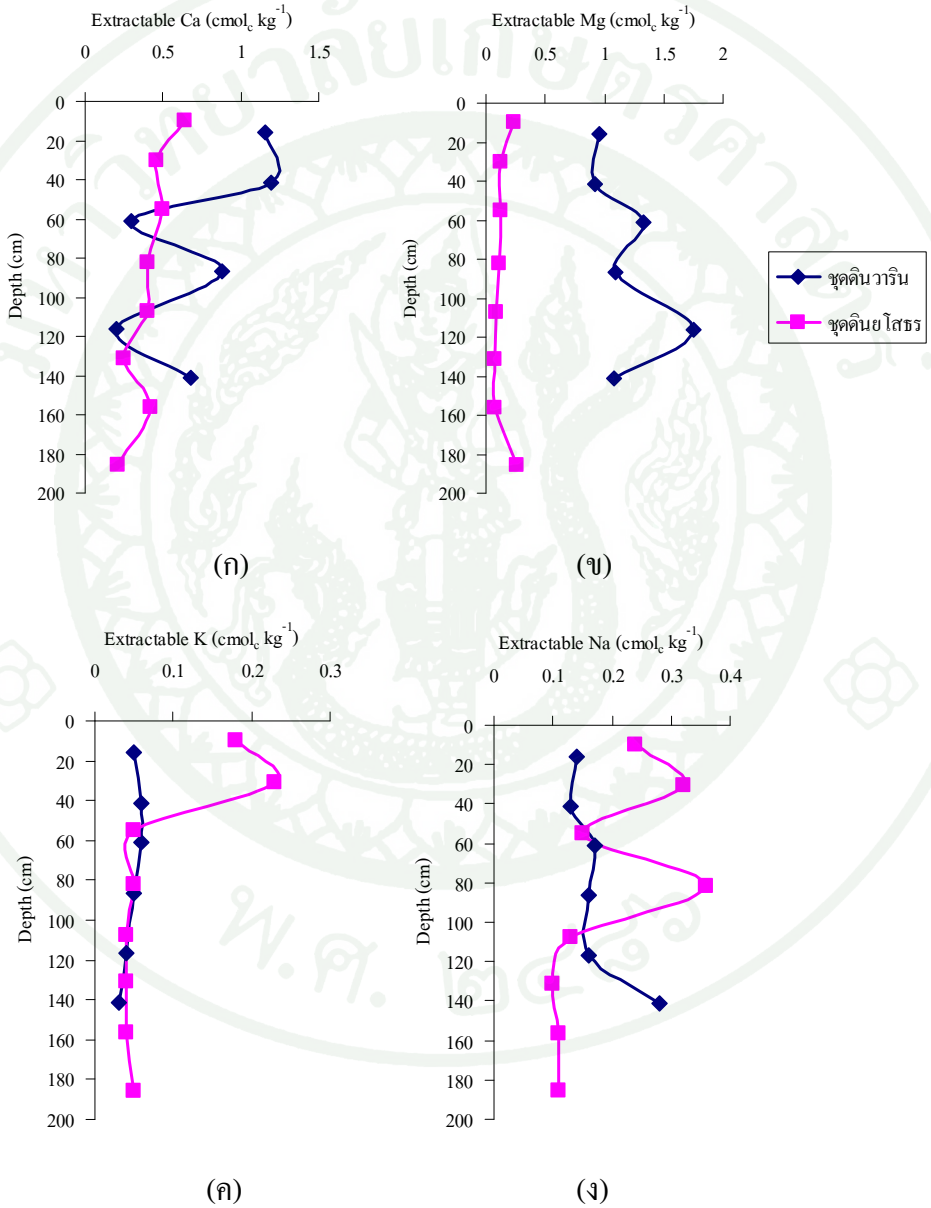
ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในชั้นบนของดินวารินมีค่าอยู่ในระดับปานกลาง (9.64 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ส่วนในดินล่างอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ (2.8-0.2 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และในดินยโสธร พบว่า มีค่าอยู่ในระดับต่ำมากตลอดหน้าตัดดิน (0.21-0.64 เซนติโมลต่อกิโลกรัม)

ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ ชั้นดินบนของดินวารินมีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก (0.24 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ส่วนในดินล่างอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ (0.23-0.44 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และในดินยโสธร พบว่า มีค่าอยู่ในระดับต่ำมากตลอดหน้าตัดดิน (0.08-0.26 เซนติโมลต่อกิโลกรัม)

ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดในดินวารินมีค่าอยู่ในระดับต่ำมากตลอดหน้าตัดดิน (0.01-0.03 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ส่วนดินยโสธรในชั้นดินบนมีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก (0.18 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และพบส่วนอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำในชั้นดินล่าง (0.04-0.23 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) โดยมีปริมาณในชั้นดินบนสูงกว่าในชั้นดินล่าง และมีแนวโน้มลดลงตามความลึกภายในหน้าตัดดิน การที่พบปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดในระดับต่ำเนื่องจาก รูปที่ปืนประโยชน์ของธาตุนี้มีอยู่เพียงร้อยละ 1-2 ของปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่เหลือส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช ดังนั้นจึงพบปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้อยู่ในปริมาณที่ต่ำกว่าปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้ (Brady and Weil, 2008)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

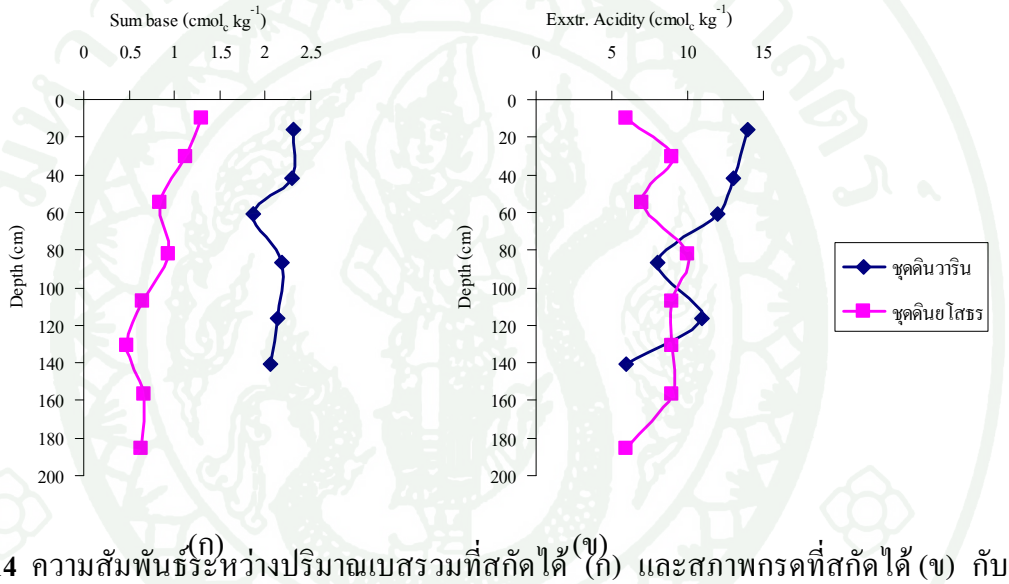
ปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ในชั้นดินบนและชั้นดินล่างของดินวารินมีค่าอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ (0.06-0.14 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) จะเห็นได้ว่าปริมาณที่วิเคราะห์ส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกัน และแสดงแนวโน้มที่ค่อนข้างคงที่ตามความลึก แต่ในดินยโสธรมีค่าอยู่ในระดับต่ำเท่ากับ 0.24 เซนติโมลต่อกิโลกรัมในชั้นดินบน และชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (0.10-0.36 เซนติโมลต่อกิโลกรัม)



ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ (ก) ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ (ข) ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (ค) และปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ (ง) กับความลึกของดินตัวแทนชุดดินวาริน และชุดดินยโสธร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ในดินวาริน พบว่า ชั้นดินบนมีค่าในระดับปานกลาง เท่ากับ 10.0 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ อยู่ในพิสัย 0.7-3.2 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 14) พื้นส่วนดินยโสธรมีปริมาณเบสรวมที่สกัดได้อยู่ปริมาณต่ำมากตลอดหน้าตัดดิน (1.29 และ 0.47-1.13 เซนติโมลต่อกิโลกรัมในชั้นดินบนและดินล่างตามลำดับ) (ภาพที่ 14) แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของอินทรียวัตถุที่สามารถตรึงเบสไว้ในตอนบน ส่วนปริมาณเบสรวมที่อยู่ในระดับต่ำ เป็นผลเนื่องมาจากวัตถุต้นกำเนิดดินเนื้อหยาบที่มีธาตุเหล่านี้อยู่ในองค์ประกอบของแร่ประกอบหินน้อย เช่นเดียวกับการชะละลายที่ทำให้เบสต่าง ๆ สูญเสียออกไปจากหน้าตัดดิน



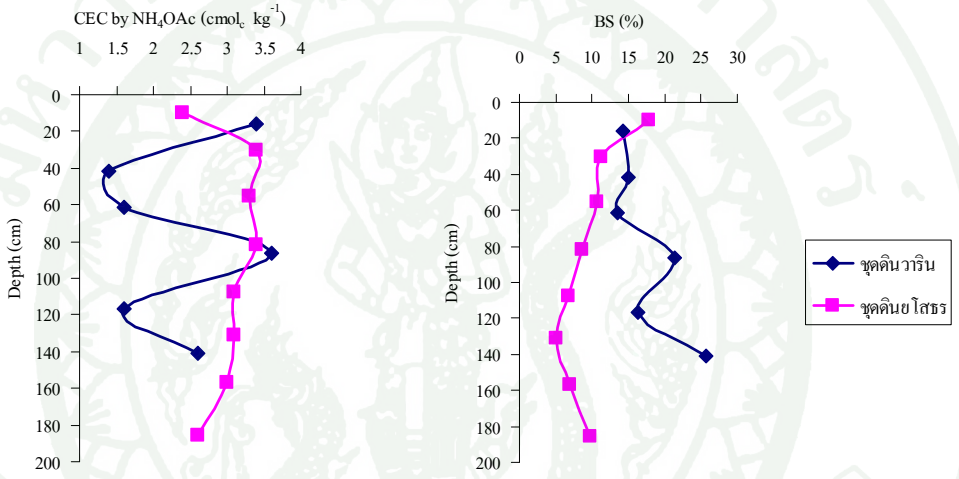
ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (ก) และสภาพกรดที่สกัดได้ (ข) กับความลึกของชุดดินวาริน และชุดดินยโสธร

สภาพกรดที่สกัดได้ พบว่า ในชั้นดินบนดินวารินมีค่าอยู่ในระดับสูง (14.0 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ส่วนในดินล่างอยู่ในระดับค่อนข้างสูงถึงสูง (6.0-13.0 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (ภาพที่ 14) แสดงให้เห็นว่าดินมีพัฒนาการทำให้อิทธิพลของการชะละลายมีผลต่อการสูญเสียเบสออกจากระบบ ขณะที่การผุพังสลายตัวส่งผลต่อการปลดปล่อยของไฮโดรเจนและอะลูมิเนียมออกมาสู่ระบบดิน แต่ในดินยโสธร พบว่า สภาพกรดที่สกัดได้ ในชั้นดินบนมีค่าอยู่ในระดับค่อนข้างสูงทั้งในดินบนและดินล่าง (6.0-10.0 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (ภาพที่ 14)

ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดินวาริน พบว่า ทั้งชั้นดินบนและชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 1.4-3.6 เซนติโมลต่อ (ภาพที่ 15) แต่ในดินยโสธร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พบว่า ทั้งชั้นดินบนและชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในระดับปานกลางในพิสัย 2.4-3.4 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (ภาพที่15) สำหรับค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินในชั้นดินบน มีค่าต่ำกว่าดินล่างอาจเป็นผลมาจากบริเวณที่ทำการทดลองมีปริมาณอินทรียวัตถุในชั้นดินบนต่ำ แต่ในชั้นดินล่างตอนบนที่มีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงกว่าชั้นดินล่าง ซึ่งในชั้นดังกล่าวมีปริมาณของอนุภาคขนาดดินเหนียวสูงกว่าในชั้นดินบน อย่างไรก็ตาม ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดินนี้มีค่าค่อนข้างต่ำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ดินในบริเวณที่ทำการศึกษาประกอบไปด้วยแร่ดินเหนียวที่มีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ เนื่องจาก ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินเป็นผลมาจากชนิดและปริมาณของแร่ดินเหนียว (Sanchez, 1976; Young, 1976)



(ก) (ข)

ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (ก) และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (ข) กับความลึกของชุดดินวาริน และชุดดินยโสธร

อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส พบว่า ดินวารินมีค่าอยู่ในระดับต่ำตลอดหน้าตัดดิน (ร้อยละ 13.4-25.6) ซึ่งคล้ายคลึงกับดินยโสธร (ร้อยละ 5.0-11.2) แต่โดยภาพรวมแล้ว ดินหลังมีค่าต่ำกว่า (ภาพที่ 15) โดยแนวโน้มของค่านี้ภายในหน้าตัดดินของทั้งสองดินมีลักษณะเดียวกับการแจกกระจายของซึ่งปริมาณเบสรวมที่สกัดได้

1.5 หน่วยการจำแนกดิน

ผลการศึกษาลักษณะดินทางสัณฐานวิทยา สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีของดินที่ทำการศึกษาทั้งสองบริเวณ สามารถจำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดิน (Soil Survey Staff, 2010) ได้ดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การจำแนกในขั้นอันดับ (order) ของดินที่ทำการศึกษาทั้งสองบริเวณ พบว่า ภายในหน้าตัดดินมีการสะสมดินเหนียวในดินล่างที่ชัดเจนที่เรียกว่าชั้นดินล่างวินิจฉัยอาร์จิลลิก (argillic horizon) หรือแคนดิก และมีอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสต่ำกว่าร้อยละ 35 จึงจัดอยู่ในอันดับอัลทิซอลส์ (Ultisols)

การจำแนกในขั้นอันดับย่อย (suborder) เนื่องจากพื้นที่มีปริมาณฝนค่อนข้างต่ำ ทำให้ดินมีความชื้นจำกัด โดยมีเพียงพอเฉพาะฤดูปลูกพืชเท่านั้น จึงจัดเข้าในระบอบความชื้นดินแบบอัสติก (ustic) ซึ่งทำให้ดินนี้อยู่ในอันดับดินย่อย Ustult การจำแนกในขั้นกลุ่มดินใหญ่ (great groups) ดินยโสธรจำแนกได้เป็น Paleustult เนื่องจากเป็นดินที่มีการระบายน้ำดี ที่มีชั้นดินล่างวินิจฉัยอาร์จิลลิกบาง หรือหนาปานกลาง และมีการแจกกระจายของดินเหนียว ที่ปริมาณของดินเหนียวไม่ลดลงมากกว่าร้อยละ 20 จากชั้นที่มีการสะสมมากที่สุด ภายในระดับความลึก 150 เซนติเมตรจากผิวดิน ขณะที่ดินวารินมีการลดลงของปริมาณดินเหนียวข้างต้นจึงจำแนกในระดับกลุ่มดินใหญ่ได้เป็น Haplustult

การจำแนกในขั้นกลุ่มดินย่อย (subgroup) ในกรณีของดินยโสธร เนื่องจากภายในหน้าตัดดินแสดงชั้นดินนอกเหนือจากที่กำหนดไว้ จึงสามารถจำแนกได้เป็น Typic ขณะเดียวกันระบบอนุกรมวิธานดินล่าสุด (Soil Survey Staff, 1999; 2006) ไม่ได้จัดเตรียมกลุ่มดินย่อยอื่นใดเพื่อใช้ประกอบการจำแนกในระดับนี้ ดังนั้น ดินนี้จึงจำแนกในระดับกลุ่มดินย่อยได้เป็น Typic Paleustult ส่วนดินวาริน พบว่า ที่ระดับความลึก 50 เซนติเมตรจากชั้นผิวดินหรือลึกกว่า มีชั้นเนื้อดินเป็นทราย จึงสามารถจำแนกได้เป็น Arenic Haplustult

1.6 การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน

การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน ใช้หลักเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน (กองสำรวจดิน, 2523; เอิบ, 2548; Soil Survey Division Staff, 1993) ซึ่งใช้ผลวิเคราะห์ทางเคมีของดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส ผลการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ตารางที่ 4) พบว่า ดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลองทั้งสองแปลง ซึ่งได้แก่ ดินวาริน และดินยโสธร มีระดับความอุดมสมบูรณ์ทั้งในดินบนและดินล่าง ถึงแม้ว่าดินบน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของดินยโสธรจะมีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงกว่าอีกแปลงหนึ่งเล็กน้อยก็ตาม แสดงให้เห็นว่า การใช้พื้นที่ดินที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ทดลองนี้มีความจำเป็นที่จะต้องมีการจัดการด้านอินทรียวัตถุซึ่งมีอยู่ในปริมาณที่ต่ำมาก ประกอบกับการที่ดินตอนบนมีเนื้อค่อนข้างหยาบหรือมีปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวค่อนข้างต่ำ ทำให้ดินมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำเช่นกัน รวมถึงปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่ำ ซึ่งก็จะส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยที่ใส่ลงไปให้กับพืชปลูก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 ผลการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินตัวแทนในพื้นที่แปลงทดลองทั้งสองบริเวณ

ช่วงความลึก (cm)	ชั้นดิน	ปริมาณอินทรียวัตถุ ($g\ kg^{-1}$)	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ($mg\ kg^{-1}$)	ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ($mg\ kg^{-1}$)	ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ($cmol_c\ kg^{-1}$)	อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (%)	รวมคะแนน	ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน
แปลงทดลองบ้านโนนสมบูรณ์								
0-32	ดินบน	4.4 (1)	3.5 (1)	10.3 (1)	3.4 (1)	14.2 (1)	5	ต่ำ
32-150+	ดินล่าง	1.1 (1)	0.8 (1)	9.8(1)	2.2 (1)	18.4 (1)	5	ต่ำ
แปลงทดลองบ้านกุดม่วง								
0-20	ดินบน	4.3 (1)	10.4 (2)	70.6 (2)	2.4 (1)	17.8 (1)	7	ต่ำ
20-200+	ดินล่าง	2.2 (1)	2.1 (1)	27.7(1)	3.1(1)	8.4 (1)	5	ต่ำ

หมายเหตุ วิธีคิดระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ใช้วิธีให้คะแนน (ตัวเลขคะแนนอยู่ในวงเล็บในตาราง)

ถ้าคะแนนเท่ากับ 7 หรือน้อยกว่า แสดงว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

ถ้าคะแนนอยู่ระหว่าง 8-12 แสดงว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง

ถ้าคะแนนเท่ากับ 13 หรือมากกว่า แสดงว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์สูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. สมบัติดินก่อนการทดลอง

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินซึ่งเก็บที่ความลึก 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร) (ตารางที่ 6) สำหรับดินบนและดินล่างตามลำดับ ปรากฏว่า พีเอชของดินที่วัดโดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ ในอัตรา 1:1 ของดินบนของดินวารินเป็นกรดจัดมาก ค่าพีเอชเท่ากับ 5.4 ส่วนดินล่างเป็นกรดปานกลาง ค่าพีเอชเท่ากับ 5.6 ส่วนดินยโสธรเป็นกรดจัดมากทั้งในดินบนและดินล่าง (pH 4.7-5.4) ปริมาณอินทรียวัตถุทั้งสองแปลงอยู่ในระดับต่ำ โดยที่ดินบนมีค่าสูงกว่าในดินล่าง ซึ่งคล้ายคลึงกับปริมาณไนโตรเจนรวม ยกเว้นในกรณีของดินล่างของดินยโสธรที่มีปริมาณไนโตรเจนรวมสูงกว่าในดินบน (0.56 เปรียบเทียบกับ 0.35 กรัมต่อกิโลกรัม) และดินในแปลงนี้มีปริมาณมากกว่าแปลงทดลองห้วยบง (ดินวาริน) ทั้งสองชั้นความลึก ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของทั้งสองแปลงอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมาก ยกเว้นดินยโสธรที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตรที่พบอยู่ในระดับต่ำ (31.6 มิลิกรัมต่อกิโลกรัม) สำหรับเบสที่สกัดได้พบอยู่ในระดับต่ำมากทั้งหมด ยกเว้นดินยโสธรที่ระดับความลึก 30-60 เซนติเมตรที่มีปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำ มีค่าเท่ากับ 5.82 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ซึ่งก็มีผลทำให้ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ในชั้นดังกล่าวมีค่าอยู่ในระดับต่ำด้วย (6.05 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ส่วนที่เหลือพบอยู่ในระดับต่ำมาก ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ทั้งสองชั้นดินของทั้งสองแปลงมีค่าอยู่ในระดับต่ำ โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 7.0-9.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เช่นเดียวกับปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ที่พบในปริมาณต่ำมากทั้งสองชั้นดินในทั้งสองแปลง (0.11-0.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ดินในพื้นที่ทั้งสองมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของดินที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างทั่วไป ที่มีรายงานว่า ร้อยละ 80 ของพื้นที่เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ มีปริมาณธาตุอาหารในดินต่ำถึงต่ำมาก (ชาญ และ โชติ, 2537; ปิยะ และ คณะ, 2542)

3. ค่าวิเคราะห์ทางเคมีมูลไก่แกลบ

ผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 7 โดยพบว่ามูลไก่แกลบมีปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับร้อยละ 40.6 มีค่าธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 4.7, 0.46 และ 1.76 ตามลำดับ มูลไก่แกลบมีปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 2.62, 0.32 และ1.14 ตามลำดับ ปริมาณจุลธาตุซึ่งได้แก่ เหล็ก สังกะสี แมงกานีส และทองแดงทั้งหมดมีปริมาณเท่ากับร้อยละ 0.03, 0.05, 0.05 และ 0.004 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 แสดงค่าวิเคราะห์สมบัติดินก่อนปลูกของทั้งสองแปลง

สมบัติดิน	ค่าวิเคราะห์				หน่วย
	ดินวาริน		ดินยโสธร		
	ดินบน	ดินล่าง	ดินบน	ดินล่าง	
พีเอช	5.4	5.6	5.4	4.7	-
อินทรียวัตถุ	5.4	1.6	4.8	3.5	ก./กก.
ไนโตรเจนรวม	0.21	0.14	0.35	0.56	ก./กก.
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	3.5	2.0	3.5	2.5	มก./กก.
โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	12.2	13.9	31.6	17.5	มก./กก.
แคลเซียมที่สกัดได้	1.56	1.09	1.96	5.82	เซนติโมล/กก.
แมกนีเซียมที่สกัดได้	0.21	0.16	0.22	0.12	เซนติโมล/กก.
โพแทสเซียมที่สกัดได้	0.03	0.04	0.08	0.05	เซนติ โมล/กก.
โซเดียมที่สกัดได้	0.06	0.12	0.08	0.06	เซนติโมล/กก.
เหล็กที่เป็นประโยชน์	7.0	8.4	8.2	9.5	มก./กก.
สังกะสีที่เป็นประโยชน์	0.30	0.11	0.35	0.24	มก./กก.
เบสรวม	1.86	1.29	2.34	6.05	เซนติโมล/กก.

ตารางที่ 7 แสดงค่าวิเคราะห์ทางเคมีของมูลไก่แกลบ

สมบัติมูลไก่แกลบ	ค่าวิเคราะห์ (%)	สมบัติมูลไก่แกลบ	ค่าวิเคราะห์ (%)
อินทรียวัตถุ	40.6	โซเดียมทั้งหมด	1.14
ไนโตรเจนทั้งหมด	4.7	สังกะสีทั้งหมด	0.03
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	0.46	เหล็กทั้งหมด	0.05
โพแทสเซียมทั้งหมด	1.76	แมงกานีสทั้งหมด	0.05
แคลเซียมทั้งหมด	2.62	ทองแดงทั้งหมด	0.004
แมกนีเซียมทั้งหมด	0.32		

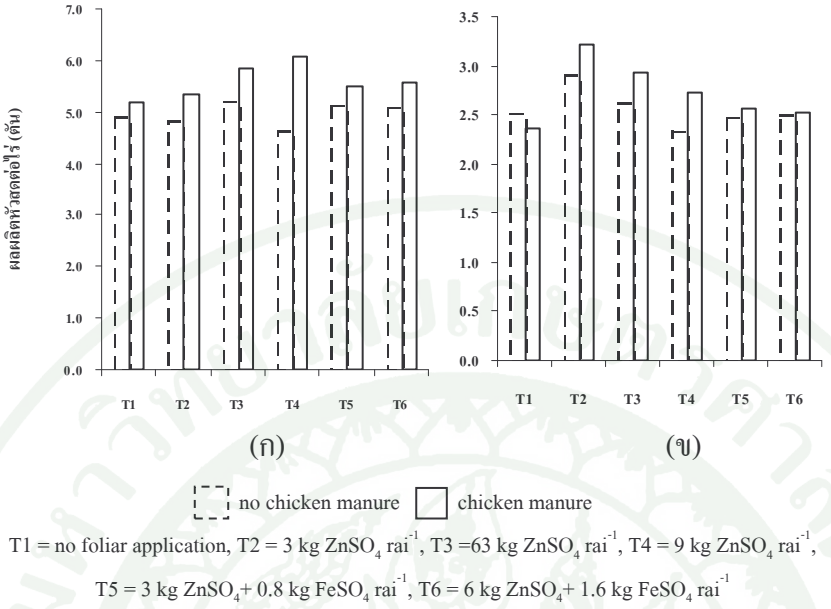
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ผลผลิตมันสำปะหลัง

4.1 ผลผลิตน้ำหนักสดหัวมันสำปะหลัง

ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่ปลูกบนดินวารินบริเวณบ้านโนนสมบูรณ์ พบว่า เมื่อมีการคลุกเคล้ามูลไก่แกลบลงในดินก่อนปลูก พืชให้ผลผลิตสูงกว่าการไม่ใส่มูลไก่แกลบเท่ากับ 0.60 ตันต่อไร่ (ภาพที่16) การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีและเหล็กในอัตราต่าง ๆ และ การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีและเหล็กทางใบในอัตราต่าง ๆ ร่วมกับการคลุกเคล้ามูลไก่แกลบให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ตำรับที่มีการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสี 1, 2 และ 3 เดือนหลังปลูกครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวสดสูงสุดเท่ากับ 6.06 ตันต่อไร่ นอกจากนั้น จากการวิเคราะห์ใบพืช พบว่า ตำรับนี้พืชมีการสะสมโพแทสเซียมร้อยละ 1.13 และ 1.44 ที่อายุ 3 และ 6 เดือนตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 5) ซึ่งสูงกว่าตำรับอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงมีความเป็นไปได้ว่า ธาตุโพแทสเซียมเป็นธาตุที่อาจจะไปจำกัดการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังได้ ทำให้มีแนวโน้มการให้ผลผลิตดีกว่าตำรับอื่น และ รองลงมาคือตำรับที่มีการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสี 1 และ 2 เดือนหลังปลูกซึ่งให้ค่าผลผลิตหัวสดเท่ากับ 5.83 ตันต่อไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุมที่ไม่มีการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบร่วมกับมูลไก่แกลบซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.92 ตันต่อไร่ จากผลผลิตหัวสดที่ได้ พบว่า จำนวนครั้งของการฉีดพ่นสังกะสีร่วมกับการคลุกเคล้ามูลไก่แกลบในดินก่อนปลูกมีแนวโน้มทำให้ผลผลิตหัวมันสดเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งของการฉีดที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าสังกะสีที่วิเคราะห์ได้ในใบมันสำปะหลังที่อายุ 6 เดือนที่มีค่าสูงตามจำนวนครั้งของการฉีดพ่นปุ๋ยนี้ให้กับมันสำปะหลัง (ตารางผนวกที่ 12)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 16 กราฟแสดงน้ำหนักหัวสดของมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อปุ๋ยสังกะสีและเหล็กที่ให้ทางใบร่วมกับมูลไก่แกลบที่ปลูกในดินวาริน (ก) และดินยโสธร (ข)

สำหรับแปลงทดลองกุดม่วงซึ่งเป็นดินชุดดินยโสธร การคลุกเคล้ามูลไก่แกลบในดินก่อนปลูกให้ผลผลิตหัวมันสดไม่แตกต่างกับการไม่ใส่ การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีและเหล็กทางใบในอัตราต่าง ๆ และการให้ปุ๋ยทางใบนี้ร่วมกับการมูลไก่แกลบก่อนปลูกไม่ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังแตกต่างกันเช่นกัน การฉีดพ่นสังกะสีอัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1 เดือน ร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบมีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสูงสุดเท่ากับ 3.21 ตันต่อไร่ (ภาพที่ 16) เช่นเดียวกับการเปรียบเทียบเฉพาะอัตราการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีและเหล็กทางใบพบว่าอัตราปุ๋ยตำรับนี้ให้ผลผลิตสูงสุดเช่นเดียวกันคือ 3.06 ตันต่อไร่ (ตารางผนวกที่ 7)

การเปรียบเทียบระหว่าง 2 พื้นที่ ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดโดยเฉลี่ยเมื่อปลูกในดินยโสธรต่ำกว่าผลที่ได้จากเมื่อปลูกในดินวารินมาก โดยตำรับที่ให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อปลูกในดินยโสธรมีปริมาณเพียงครึ่งหนึ่งของผลผลิตหัวมันสดที่ได้จากแปลงที่เป็นดินวาริน 6.06 ตันต่อไร่ เปรียบเทียบกับ 3.21 ตันต่อไร่ โดยการใส่มูลไก่แกลบคลุกเคล้าลงในดินก่อนปลูกมันสำปะหลังมีแนวโน้มได้ผลผลิตสูงกว่าการไม่ใส่ในทุกตำรับการทดลอง ยกเว้นในกรณีของดินยโสธรตำรับที่ไม่มีการให้ปุ๋ยทางใบซึ่งพบว่า การคลุกเคล้ามูลไก่แกลบให้ผลผลิตต่ำกว่า (ภาพที่ 16) อย่างไรก็ตาม การให้ปุ๋ยสังกะสีทางใบร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบก่อนปลูกมีแนวโน้มทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นตาม

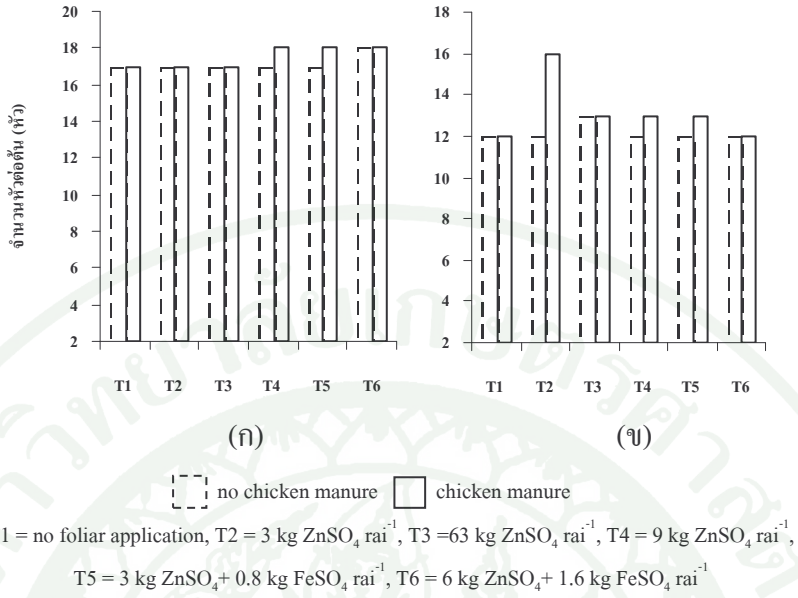
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณตามจำนวนครั้งของการฉีดพ่นที่เพิ่มขึ้นเมื่อปลูกในดินวาริน แต่ให้ผลตรงข้ามเมื่อปลูกในดินยโสธร อย่างไรก็ตาม การให้ปุ๋ยสังกะสีผสมกับเหล็กทางใบไม่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการให้ปุ๋ยสังกะสีเพียงอย่างเดียว ดังนั้น การปลูกมันสำปะหลังในดินทั้งสองซึ่งถึงแม้ว่าจะมีปริมาณเหล็กที่สกัดได้ในดินอยู่ไม่มากนัก เท่ากับ 7.0 และ 8.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในดินตอนบน (0-30 เซนติเมตร) ของดินวาริน และยโสธรตามลำดับ ปริมาณดังกล่าวน่าจะเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

4.2 จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น

จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังไม่มีความแตกต่างกัน ทั้งในการคลุกเคล้ามูลไก่แกลบลงดินและการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีและเหล็กทางใบในอัตราต่าง ๆ เมื่อปลูกมันสำปะหลังในทั้งสองดิน (ดินวาริน และดินยโสธร) โดยในดินวารินมีจำนวนหัวต่อต้นอยู่ในพิสัย 17-18 หัวต่อต้น ขณะที่ดินยโสธรมีจำนวนอยู่ในพิสัย 12-16 หัวต่อต้น (ภาพที่ 17) โดยในแปลงนี้ การฉีดพ่นสังกะสีอัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่หลังปลูกมันสำปะหลังได้ 1 เดือนร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบก่อนปลูก มีแนวโน้มให้ได้จำนวนหัวมันสำปะหลังสูงสุดคือ 16 หัวต่อต้น แต่อาจกล่าวได้ว่าการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีและเหล็กทางใบร่วมกับการคลุกเคล้ามูลไก่แกลบลงในดิน ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มจำนวนหัวของมันสำปะหลัง (ตารางผนวกที่ 5 และ7)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

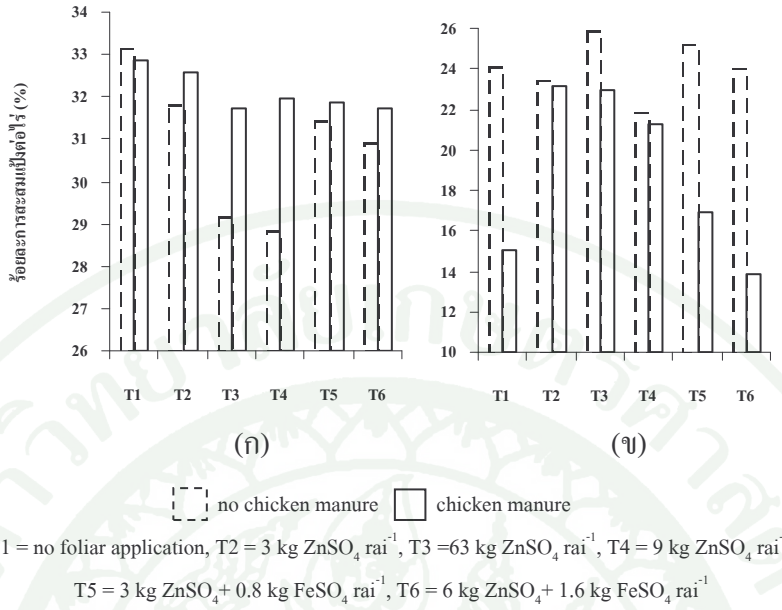


ภาพที่ 17 กราฟแสดงจำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อปุ๋ยสังกะสีและเหล็กที่ให้ทางใบร่วมกับมูลไก่แกลบที่ปลูกในดินวาริน (ก) และดินยโสธร (ข)

4.3 ร้อยละการสะสมแป้ง

การคลุกเคล้ามูลไก่แกลบในดินก่อนปลูกมีผลให้ร้อยละการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังสูงกว่าการไม่ใส่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อปลูกในดินวาริน โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 32.1 แต่กลับไม่มีผลเมื่อปลูกในดินยโสธร ซึ่งในกรณีของการไม่ใส่มูลไก่แกลบให้ค่าร้อยละการสะสมแป้งเท่ากับ 24.10 ซึ่งสูงกว่าการใส่ โดยในดินยโสธรนี้ การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีและเหล็กทางใบในอัตราต่าง ๆ มีแนวโน้มให้ร้อยละการสะสมแป้งสูงที่สุดเท่ากับ 24.5 เมื่อฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีอัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1 และ 2 เดือนร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบก่อนปลูก (ภาพที่ 18) ขณะที่การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีอัตราดังกล่าวแต่ไม่มีการใส่มูลไก่แกลบก่อนปลูกให้ร้อยละการสะสมแป้งสูงกว่า โดยมีปริมาณเท่ากับ 25.93 (ตารางผนวกที่ 5 และ7) สำหรับในดินวารินการไม่ให้ปุ๋ยทางใบมีแนวโน้มให้ร้อยละการสะสมแป้งสูงที่สุดเท่ากับ 33.2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

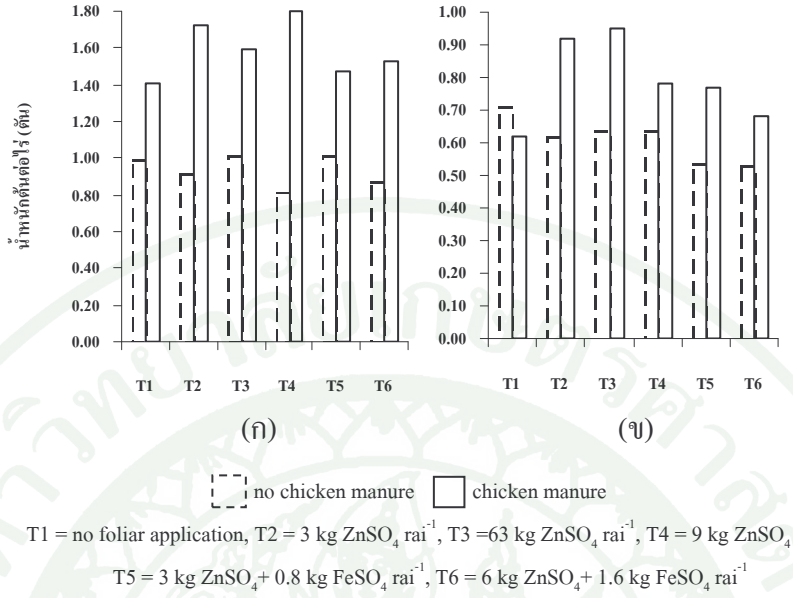


ภาพที่ 18 กราฟแสดงร้อยละการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อปุ๋ยสังกะสีและเหล็กที่ให้ทางใบร่วมกับมูลไก่แกลบใน ชุดดินวาริน (ก) และชุดดินยโสธร (ข)

4.4 น้ำหนักต้น

การคลุกเคล้ามูลไก่แกลบลงในดินก่อนปลูกมันสำปะหลังทำให้ได้น้ำหนักต้นทำให้ได้น้ำหนักต้นเท่ากับ 0.64 และ 0.18 ตันต่อไร่สำหรับดินวาริน และดินยโสธรตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าการไม่ใส่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสองแปลง ส่วนการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีและเหล็กในอัตราต่าง ๆ และการฉีดพ่นร่วมกับการคลุกเคล้ามูลไก่แกลบลงในดินให้ได้น้ำหนักต้นที่ไม่แตกต่างกันทั้งสองแปลง ในแปลงที่เป็นดินวาริน การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ 3 ครั้งครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อพืชอายุได้ 1, 2 และ 3 เดือนมีแนวโน้มให้น้ำหนักต้นสูงสุดเท่ากับ 1.80 ตันต่อไร่ (ภาพที่ 19) ซึ่งสอดคล้องกับผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่ให้ค่าสูงสุดเท่ากับ 6.06 ตันต่อไร่ (ตารางผนวกที่ 6) ส่วนแปลงทดลองบ้านกุดม่วงซึ่งเป็นดินยโสธร การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่จำนวน 2 ครั้ง เมื่อมันสำหะหลังอายุได้ คือ 1 และ 2 เดือนมีแนวโน้มให้น้ำหนักต้นสูงสุดเท่ากับ 0.95 ตันต่อไร่ (ตารางผนวกที่ 8)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

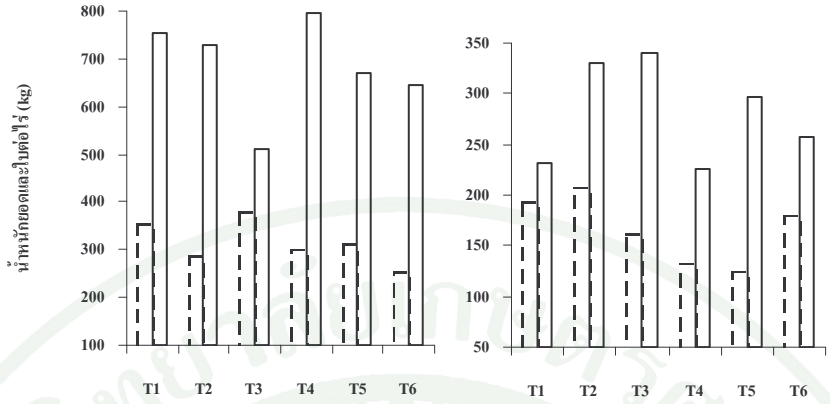


ภาพที่ 19 กราฟแสดงน้ำหนักสดต้นมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อปุ๋ยสังกะสีและเหล็กที่ให้ทางใบร่วมกับมูลไก่แกลบใน ชุดดินวาริน (ก) และชุดดินยโสธร (ข)

4.5 น้ำหนักกิ่งก้าน ยอด และใบ

การใส่มูลไก่แกลบคลุกเคล้าลงในดินก่อนปลูกให้น้ำหนักกิ่งก้าน ยอด และใบเท่ากับ 458.5 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าการไม่ใส่มูลไก่แกลบที่มีค่าเท่ากับ 316.1 กิโลกรัมต่อไร่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 20) สำหรับดินวาริน ซึ่งในดินยโสธรก็ให้ผลเช่นเดียวกันคือเท่ากับ 280.0 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อเทียบกับการไม่ใส่มูลไก่แกลบลงในดินที่มีน้ำหนักส่วนนี้เท่ากับ 166.9 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีและเหล็กในอัตราต่าง ๆ และการใส่ร่วมกับการคลุกเคล้ามูลไก่แกลบ ให้น้ำหนักยอดและใบไม่แตกต่างกัน การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบจำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1, 2 และ 3 เดือนร่วมกับการคลุกเคล้ามูลไก่แกลบลงดินก่อนปลูก มีแนวโน้มทำให้ได้น้ำหนักกิ่งก้าน ยอด และใบสูงสุดเท่ากับ 794.1 กิโลกรัมต่อไร่ในดินวาริน (ตารางผนวกที่ 6) ขณะที่ การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบจำนวน 2 ครั้ง ในปริมาณข้างต้น เมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1 และ 2 เดือนร่วมกับการคลุกเคล้ามูลไก่แกลบลงดินก่อนปลูก มีแนวโน้มทำให้ได้น้ำหนักกิ่งก้าน ยอด และใบสูงสุดเท่ากับ 340.1 กิโลกรัมต่อไร่ในกรณีของดินยโสธร (ตารางผนวกที่ 8)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



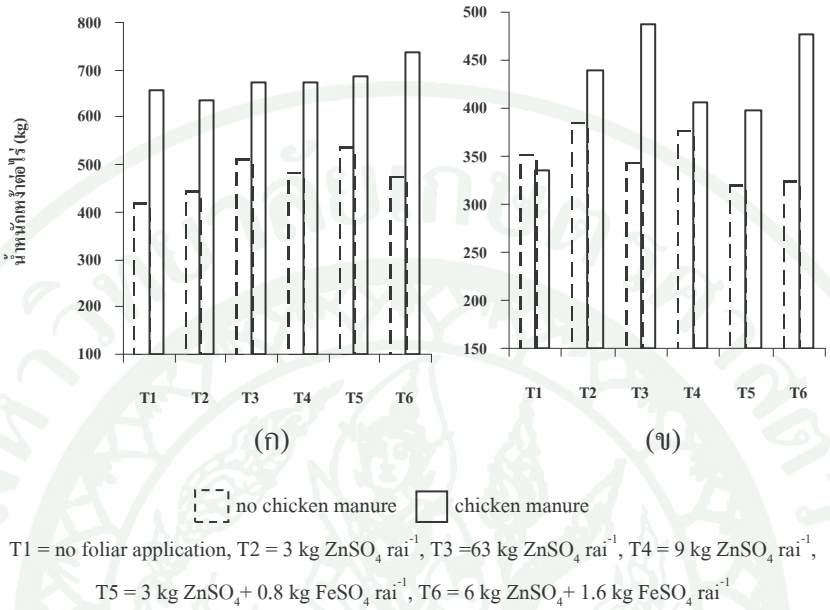
ภาพที่ 20 กราฟแสดงน้ำหนักสดกิ่งก้าน ยอด และใบมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อปุ๋ยสังกะสีและเหล็กที่ให้ทางใบร่วมกับมูลไก่แกลบที่ปลูกในดินวาริน (ก) และดินยโสธร (ข)

4.6 น้ำหนักเหง้า

การใส่มูลไก่แกลบคลุกเคล้าลงในดินก่อนปลูกมีผลทำให้น้ำหนักเหง้าสูงกว่าการไม่ใส่มูลไก่แกลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการคลุกเคล้ามูลไก่แกลบให้น้ำเหง้าสูงกว่าถึง 193.7 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อปลูกในดินวาริน (ภาพที่ 21) เช่นเดียวกับในดินยโสธรที่การใส่มูลไก่แกลบได้น้ำหนักเหง้าสูงกว่าเท่ากับ 73.51 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีในอัตราต่าง ๆ และการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีและเหล็กในอัตราต่าง ๆ เมื่อปฏิบัติร่วมกับการคลุกเคล้ามูลไก่แกลบลงในดินก่อนปลูก ให้น้ำหนักเหง้าไม่แตกต่างกันทั้งสองแปลงถึงแม้ว่าจะไม่มีการใส่มูลไก่แกลบก็ตาม โดยในแปลงห้วยบงที่เป็นดินวาริน ตำรับที่มีแนวโน้มให้น้ำหนักเหง้าสูงสุด คือ ตำรับที่มีการฉีดพ่นสังกะสีและเหล็กทางใบจำนวน 2 ครั้ง ครั้งละ 3 และ 0.8 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ เมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1 และ 2 เดือน 736.2 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อใส่มูลไก่แกลบร่วม และ536.9 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีร่วมกับเหล็กในอัตราดังกล่าวเพียง 1 ครั้งโดยไม่มีการใส่มูลไก่แกลบก่อนปลูก ส่วนดินยโสธร พบว่า การฉีดพ่นสังกะสีทางใบครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อพืชอายุ 1 และ 2 เดือนได้น้ำหนักเหง้าเท่ากับ 416.2 กิโลกรัมต่อไร่โดยไม่มีการใส่มูลไก่แกลบก่อนปลูก และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อปฏิบัติร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบลงดินก่อนปลูกมีแนวโน้มได้น้ำหนักเหง้าสูงกว่า โดยมีปริมาณเท่ากับ 488.3 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางผนวกที่ 6 และ8)

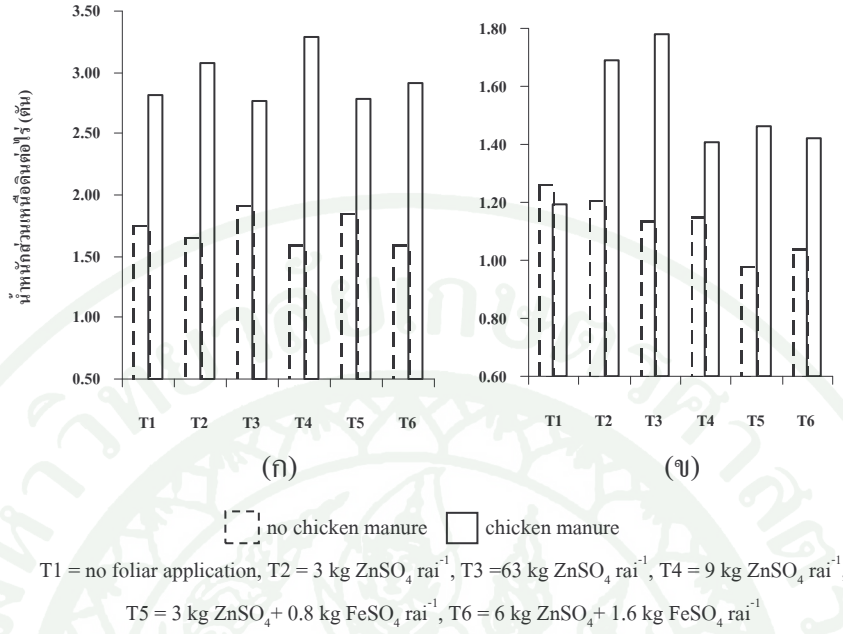


ภาพที่ 21 กราฟแสดงน้ำหนักสดของเหง้ามันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อปุ๋ยสังกะสีและเหล็กที่ให้ทางใบร่วมกับมูลไก่แกลบที่ปลูกในดินวาริน (ก) และดินยโสธร (ข)

4.7 น้ำหนักส่วนเหนือดิน

น้ำหนักส่วนเหนือดินประกอบด้วย น้ำหนักกิ่งก้าน ยอด และใบ น้ำหนักต้น และน้ำหนักเหง้ารวมกัน พบว่า การใส่มูลไก่แกลบทำให้พืชมีน้ำหนักส่วนเหนือดินทั้งหมดเท่ากับ 2.94 ตันต่อไร่เมื่อปลูกบนดินวาริน และ 1.49 ตันต่อไร่เมื่อปลูกบนดินยโสธรซึ่งสูงกว่าการไม่ใสมูลไก่แกลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 22) การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีและเหล็กทางใบในอัตราต่าง ๆ และการใส่ร่วมกับมูลไก่แกลบ ให้น้ำหนักส่วนเหนือดินไม่แตกต่างกันทั้งสองบริเวณ แต่การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบ 3 ครั้ง ครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1, 2 และ 3 เดือนร่วมและไม่ร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบก่อนปลูก มีค่าให้น้ำหนักส่วนเหนือดินทั้งหมดสูงสุดคือ 3.28 และ 2.44 ตันต่อไร่ตามลำดับในกรณีของดินวาริน และ 1.46 และ 1.78 ตันต่อไร่ตามลำดับเมื่อปลูกมันสำปะหลังบนดินยโสธร (ตารางผนวกที่ 6 และ8)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

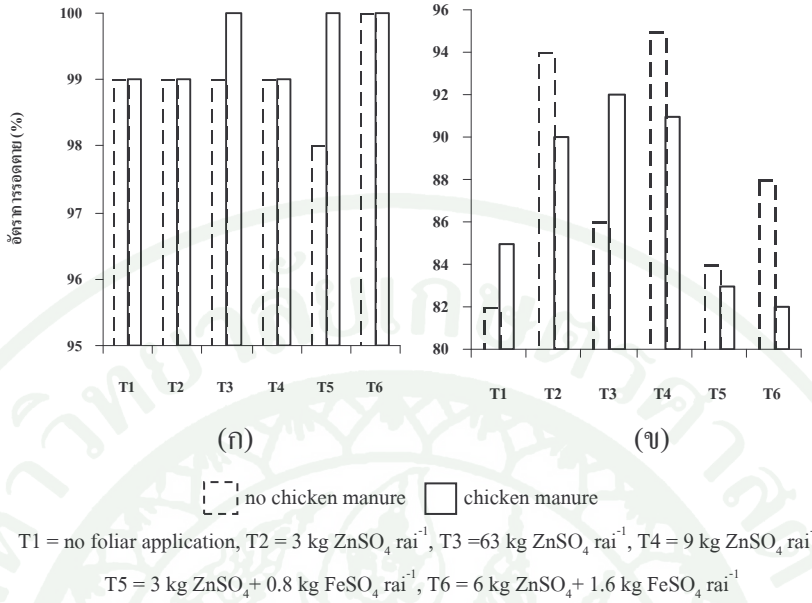


ภาพที่ 22 กราฟแสดงน้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อปุ๋ยสังกะสีและเหล็กที่ให้ทางใบร่วมกับมูลไก่แกลบที่ปลูกในดินวาริน (ก) และดินยโสธร (ข)

4.8 อัตราการรอดตาย

การคลุกเคล้ามูลไก่แกลบลงดินไม่ทำให้อัตรารอดตายแตกต่างกับการไม่ใส่มูลไก่แกลบก่อนปลูก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 99 ของดินวารินแปลงบ้านโนนสมบูรณ์ (ภาพที่ 23) และในพิสัยร้อยละ 87-88 ของดินยโสธรแปลงบ้านกุดม่วง และเมื่อมีการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบร่วมก็ไม่มีความแตกต่างกันเช่นเดียวกัน โดยในดินวารินมีอัตรารอดตายอยู่ระหว่างร้อยละ 98-100 ส่วนในดินยโสธร พืชมีอัตรารอดตายต่ำกว่า (82-95%) (ตารางผนวกที่ 5 และ7)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

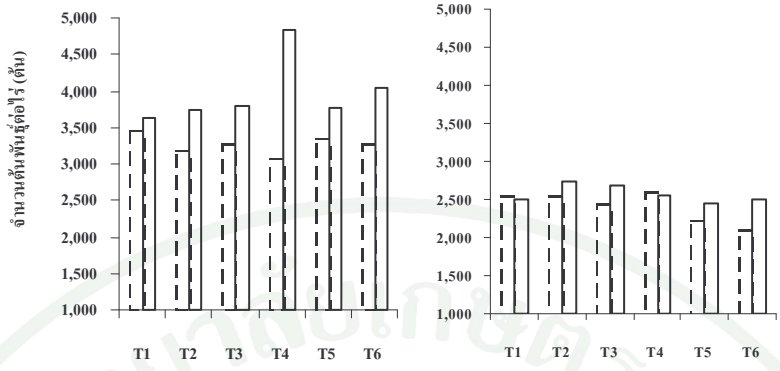


ภาพที่ 23 กราฟแสดงอัตราการรอดตายของมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อปุ๋ยสังกะสีและเหล็กที่ให้ทางใบร่วมกับมูลไก่แกลบที่ปลูกในดินวาริน (ก) และดินยโสธร (ข)

4.9 จำนวนลำต้น (ท่อนพันธุ์)

จำนวนต้นในที่นี้หมายถึงต้นที่สามารถนำไปขยายพันธ์ได้ หรืออีกนัยหนึ่งก็คือ จำนวนท่อนพันธ์นั้นเอง การใส่มูลไก่แกลบลงในดินก่อนปลูกให้จำนวนต้นต่อไร่เท่ากับ 3,968 ต้นซึ่งสูงกว่า การไม่ใส่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งได้จำนวนต้นพันธุ์เพียง 3,271 ต้นสำหรับแปลงทดลองบนดินวาริน (ภาพที่ 24) แต่ในกรณีของดินยโสธรไม่มีความแตกต่างกัน (2,573 ต้นต่อไร่เทียบกับ 2,424 ต้นต่อไร่) สำหรับการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีและเหล็กทางใบในอัตราต่าง ๆ และการปฏิบัติร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบก่อนปลูกไม่มีผลให้ได้จำนวนต้นแตกต่างกันทั้งสองบริเวณ การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบอัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ต่อครั้งจำนวน 3 ครั้งเมื่อพืชอายุได้ 1, 2 และ 3 เดือน โดยมีการใส่มูลไก่แกลบคลุกเคล้าลงในดินก่อนปลูก มีแนวโน้มให้จำนวนต้นต่อไร่สูงสุด เท่ากับ 4,838 ต้นต่อไร่เมื่อปลูกในดินวาริน ขณะที่แปลงทดลองบ้านกุดม่วงซึ่งเป็นดินยโสธร การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบอัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ครั้งเดียวที่อายุ 1 เดือน โดยมีการใส่มูลไก่แกลบก่อนปลูก มีแนวโน้มให้จำนวนต้นต่อไร่สูงสุด 2,747 ต้นต่อไร่ (ตารางผนวกที่ 5 และ7)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



T1 = no foliar application, T2 = 3 kg $ZnSO_4$ rai^{-1}, T3 =63 kg $ZnSO_4$ rai^{-1}, T4 = 9 kg $ZnSO_4$ rai^{-1},
T5 = 3 kg $ZnSO_4$+ 0.8 kg $FeSO_4$ rai^{-1}, T6 = 6 kg $ZnSO_4$+ 1.6 kg $FeSO_4$ rai^{-1}

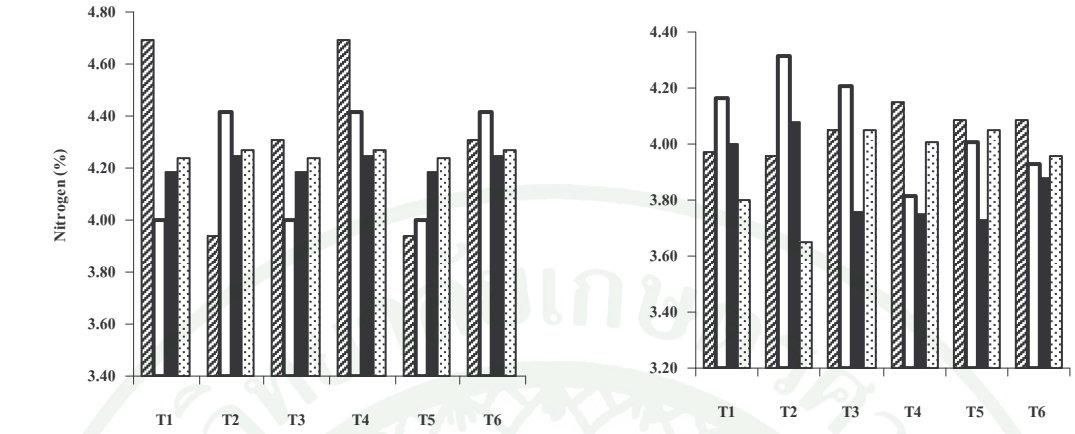
ภาพที่ 24 กราฟแสดงจำนวนต้น (พันธุ์) ต่อไร่ของมันสำปะหลังที่ตอบสนองต่อปุ๋ยสังกะสีและเหล็กที่ให้ทางใบร่วมกับมูลไก่แกลบที่ปลูกในดินวาริน (ก) และดินยโสธร (ข)

5. ค่าวิเคราะห์ใบมันสำปะหลัง

5.1 ไนโตรเจน

การคลุกเคล้ามูลไก่แกลบลงในดินก่อนปลูกไม่ทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบที่อายุ 3 และ 6 เดือนมีความแตกต่างกัน เช่นเดียวกับการปฏิบัติร่วมกับการฉีดพ่นสังกะสี และสังกะสีกับเหล็กในกรณีของดินวาริน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ 4.21-4.31 (ภาพที่ 25) เช่นเดียวกับเมื่อปลูกมันสำปะหลังในดินยโสธร (3.87-4.07%) สำหรับการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีและเหล็กในอัตราต่าง ๆ ร่วมกับการใส่และไม่ใส่มูลไก่แกลบก่อนปลูกก็ไม่ทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบทั้งสองช่วงอายุแตกต่างกันเช่นเดียวกันทั้งสองดินในทั้งสองช่วงอายุ (ตารางผนวกที่ 9 และ 10)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



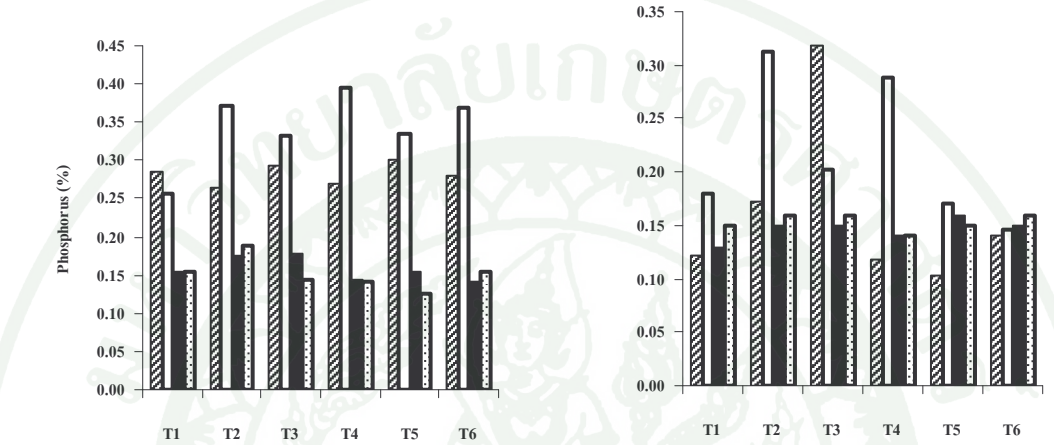
ภาพที่ 25 แสดงค่าวิเคราะห์ความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบมันสำปะหลังอายุ 3 และ 6 เดือน ที่ปลูกในดินวาริน (ก) และดินยโสธร (ข)

5.2 ฟอสฟอรัส

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลัง พบว่า การคลุกเคล้ามูลไก่แกลบลงในดินก่อนปลูกมีผลทำให้ใบมันสำปะหลังอายุ 3 เดือนมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสเท่ากับร้อยละ 0.34 ซึ่งสูงกว่าการไม่ใส่ (0.28%) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่อปลูกในดินวาริน ส่วนดินยโสธร พบว่า มีค่าแตกต่างกันเช่นกัน โดยการใส่มูลไก่แกลบทำให้มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบอายุ 3 เดือนเท่ากับร้อยละ 0.22 ซึ่งสูงกว่าการไม่ใส่ (0.16%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับที่อายุ 6 เดือนไม่มีความแตกต่างกันทั้งสองแปลง (ภาพที่ 26) การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีและเหล็กทางใบในอัตราต่าง ๆ ร่วมกับการคลุกเคล้ามูลไก่แกลบลงในดิน ที่อายุ 3 เดือนให้ผลไม่แตกต่างกันในกรณีของดินวาริน (ภาพที่ 26) แต่ที่อายุ 6 เดือน พบว่า การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบอัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่เพียง 1 ครั้งที่อายุ 1 เดือนทำให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบมีค่าสูงสุดเท่ากับร้อยละ 0.18 ซึ่งสูงกว่าการฉีดพ่นสังกะสีทางใบ 3 ครั้ง และการฉีดพ่นสังกะสีร่วมกับเหล็กทั้งสองกรณีอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วนแปลงทดลองบ้านกุดม่วงซึ่งเป็นดินยโสธร พบว่า การฉีดพ่นสังกะสีทางใบ 2 ครั้งทำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบอายุ 3 เดือน (0.26%) สูงกว่าตำรับอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เช่นเดียวกับการฉีดธาตุนี้เพียง 1 ครั้งร่วมกับการใส่ปุ๋ยมูลไก่ (0.31%) และการฉีด 2 ครั้งแต่ไม่มีการใส่มูลไก่ (0.32%) สำหรับใบมันสำปะหลังอายุ 6 เดือนความเข้มข้นของฟอสฟอรัสไม่มีความแตกต่างกัน (ตารางผนวกที่ 9 และ10)



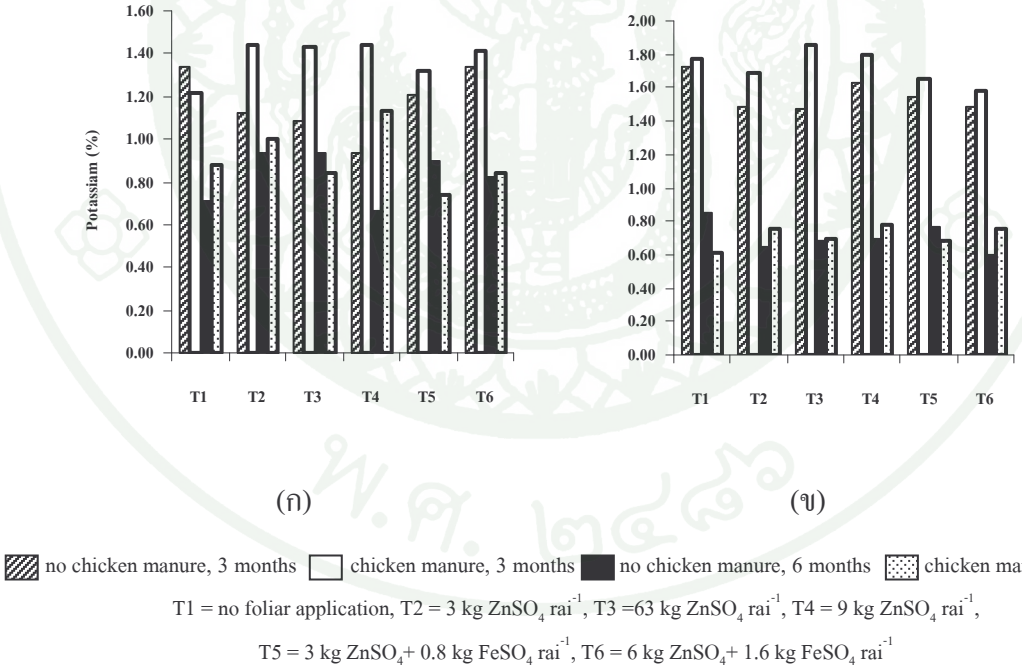
ภาพที่ 26 แสดงค่าวิเคราะห์ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลังอายุ 3 และ 6 เดือนที่ปลูกในดินวาริน (ก) และดินยโสธร (ข)

5.3 โพแทสเซียม

การใส่มูลไก่แกลบก่อนปลูกมีผลทำให้โพแทสเซียมในใบอายุ 3 เดือนมีความเข้มข้นสูงกว่ากว่าการไม่ใส่อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 1.38 เมื่อปลูกในดินวารินและร้อยละ 0.91 ในดินยโสธร (ตารางผนวกที่ 9) อย่างไรก็ตาม การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสี และการฉีดธาตุนี้ร่วมกับเหล็กไม่มีผลทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมในใบอายุ 3 เดือนแตกต่างกันในดินวาริน แต่ในดินยโสธร พบว่า การฉีดพ่นสังกะสีเพียง 1 ครั้งมีผลทำให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมสูงกว่าตำรับอื่น โดยที่การฉีดพ่นปุ๋ยทางใบร่วมหรือไม่ร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบไม่ทำให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบอายุ 3 เดือนแตกต่างกันทั้งสองแปลงทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่อายุ 6 เดือน พบว่า การใส่มูลไก่แกลบมีผลทำให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบสูงกว่าการไม่ใส่มูลไก่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 10) เมื่อปลูกในดินวาริน แต่ไม่แตกต่างกันในดินยโสธร เช่นเดียวกับอิทธิพลของการให้ปุ๋ยทางใบที่ไม่ทำให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบแตกต่างกัน (ทั้งสองดิน) (ภาพที่ 27) แต่การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสี 3 ครั้งร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบก่อนปลูกทำให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบสูงสุดเท่ากับร้อยละ 1.13 ซึ่งสูงกว่าตำรับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อมีการฉีดสังกะสีร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบก่อนปลูกยังมีผลทำให้ความเข้มข้นของธาตุนี้สูงกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในกรณีของดินวาริน ขณะที่การปลูกมันสำปะหลังในดินยโสธรจะเห็นผลเฉพาะอิทธิพลร่วมเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบมีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตค่อนข้างชัดเจน โดยผลผลิตหัวมันสดจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น



(ก) (ข)

no chicken manure, 3 months chicken manure, 3 months no chicken manure, 6 months chicken manure, 6 months

T1 = no foliar application, T2 = 3 kg $ZnSO_4$ rai^{-1}, T3 =63 kg $ZnSO_4$ rai^{-1}, T4 = 9 kg $ZnSO_4$ rai^{-1},
T5 = 3 kg $ZnSO_4$+ 0.8 kg $FeSO_4$ rai^{-1}, T6 = 6 kg $ZnSO_4$+ 1.6 kg $FeSO_4$ rai^{-1}

ภาพที่ 27 แสดงค่าวิเคราะห์ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังอายุ 3 และ 6 เดือนที่ปลูกในดินวาริน (ก) และดินยโสธร (ข)

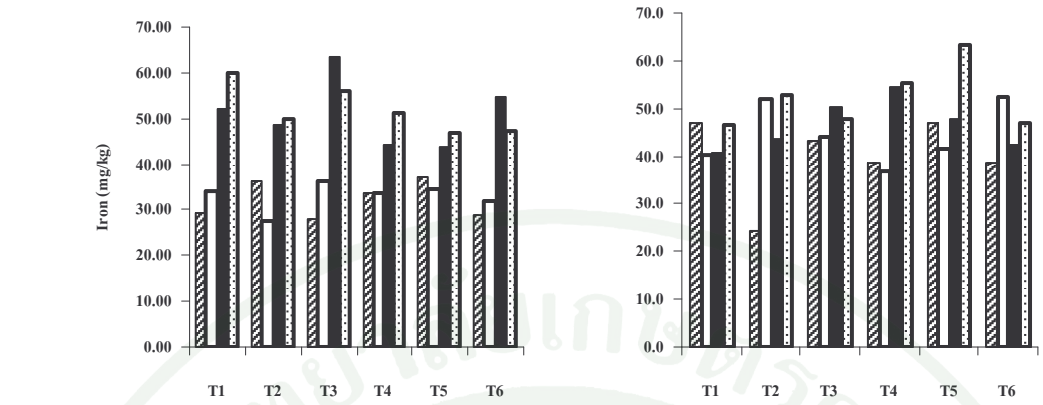
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.4 เหล็ก

การคลุกเคล้ามูลไก่แกลบลงในดินก่อนปลูกไม่ทำให้ความเข้มข้นของเหล็กในใบมันสำปะหลังอายุ 3 เดือนแตกต่างกันทั้งสองแปลง (ตารางผนวกที่ 11) เช่นเดียวกับการฉีดพ่นเหล็กร่วมกับสังกะสีที่อายุเดียวกัน ขณะที่อิทธิพลร่วมระหว่างมูลไก่แกลบและการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบพบว่า การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีและเหล็ก 2 ครั้งทำให้ความเข้มข้นของเหล็กในใบสูงสุดเท่ากับ 52.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมซึ่งสูงกว่าการไม่ฉีดพ่นปุ๋ยทางใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติถึงแม้ว่าจะมีการใส่มูลไก่ก็ตาม แต่ก็ให้ผลคล้ายคลึงกับการฉีดพ่นสังกะสีเพียงครั้งเดียวร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบ (51.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (ภาพที่ 28)

สำหรับใบมันสำปะหลังอายุ 6 เดือน (ตารางผนวกที่ 12) ความเข้มข้นของเหล็กในใบไม่แตกต่างกันไม่ว่าจะใส่หรือไม่ใส่มูลไก่แกลบเมื่อปลูกในดินวาริน แต่การใส่มูลไก่แกลบมีผลทำให้ความเข้มข้นของเหล็กซึ่งมีค่าเท่ากับ 52.10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมสูงกว่าการไม่ใสมูลไก่แกลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อปลูกในดินยโสธร ขณะที่อิทธิพลของการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบ พบว่าความเข้มข้นของเหล็กไม่มีความสัมพันธ์กับปุ๋ยเหล็กที่ฉีดเพิ่มให้ทางใบ เมื่อปลูกในดินวาริน แต่ในกรณีของดินยโสธรกลับพบว่า การฉีดพ่นปุ๋ยเหล็กที่ให้ร่วมกับสังกะสีเพียง 1 ครั้งมีผลทำให้ความเข้มข้นของเหล็กในใบที่อายุ 6 เดือน สูงกว่าการไม่ฉีดพ่นปุ๋ยแต่อย่างใดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 55.52 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเปรียบเทียบกับ 43.70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 28) ส่วนอิทธิพลร่วมระหว่างมูลไก่แกลบและการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบไม่มีผลทำให้ความเข้มข้นของเหล็กแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



(ก) (ข)

no chicken manure, 3 months chicken manure, 3 months no chicken manure, 6 months chicken manure, 6 months

T1 = no foliar application, T2 = 3 kg $ZnSO_4$ rai^{-1}, T3 =63 kg $ZnSO_4$ rai^{-1}, T4 = 9 kg $ZnSO_4$ rai^{-1},
T5 = 3 kg $ZnSO_4$+ 0.8 kg $FeSO_4$ rai^{-1}, T6 = 6 kg $ZnSO_4$+ 1.6 kg $FeSO_4$ rai^{-1}

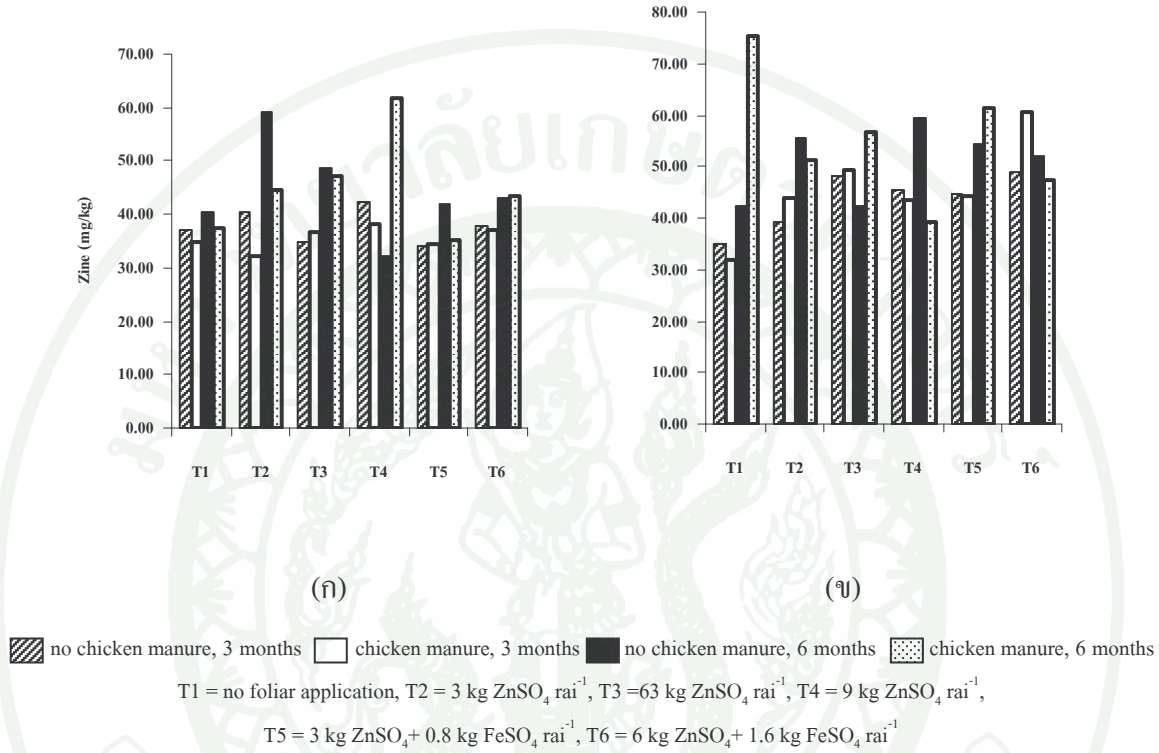
ภาพที่ 28 แสดงค่าวิเคราะห์ความเข้มข้นของเหล็กในใบมันสำปะหลังอายุ 3 และ 6 เดือนที่ปลูกในดินวาริน (ก) และดินยโสธร (ข)

5.5 สังกะสี

การใส่มูลไก่ไม่ทำให้ความเข้มข้นของสังกะสีในใบแตกต่างกันทั้งสองช่วงอายุในทั้งสองดิน เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่มูลไก่แกลบคลุกเคล้าลงในดินก่อนปลูก (ภาพที่ 29) แต่การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีกับเหล็กจำนวน 2 ครั้งทำให้ความเข้มข้นของสังกะสีในใบอายุ 3 เดือนของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินยโสธรมีค่าสูงกว่าตำรับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 11) โดยมีปริมาณเท่ากับ 54.63 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่การฉีดพ่นปุ๋ยทางใบ และอิทธิพลร่วมของมูลไก่แกลบกับการฉีดพ่นดังกล่าวมีผลต่อความเข้มข้นของสังกะสีในใบอย่างมาก โดยพบว่า การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบจำนวน 3 ครั้งร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบก่อนปลูกทำให้มีความเข้มข้นของธาตุนี้ในใบเท่ากับ 61.93 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมซึ่งสูงกว่าตำรับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่การฉีดพ่นเพียงหนึ่งครั้งแต่ไม่มีการใส่มูลไก่แกลบก่อนปลูกทำให้มีความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 59.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมซึ่งใกล้เคียงกับการฉีดพ่นสองครั้งแต่สูงกว่าตำรับอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกรณีของแปลงทดลองบ้านห้วยบง สำหรับแปลงทดลองบ้านกุดม่วง พบว่า ที่อายุ 6 เดือน การใส่มูลไก่แกลบเพียงอย่างเดียวเพียงพอที่จะทำให้ความเข้มข้นของสังกะสีในใบมีค่าสูงสุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เท่ากับ 75.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมซึ่งส่วนใหญ่สูงกว่าการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีและเหล็กในตำรับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 12) แต่เมื่อไม่มีการใส่มูลไก่แกลบก่อนปลูก พบว่า ความเข้มข้นของสังกะสีมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อมีการฉีดพ่นสังกะสีทางใบ (ภาพที่ 29)



ภาพที่ 29 แสดงค่าวิเคราะห์ความเข้มข้นของสังกะสีในใบมันสำปะหลังอายุ 3 และ 6 เดือนที่ปลูกในดินวาริน (ก) และดินยโสธร (ข)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาดำเนินการ 2 บริเวณ ได้แก่ 1) แปลงเกษตรกรบ้านโนนสมบูรณ์ ตำบลกฤษณา อำเภอสี่คิ้ว จังหวัดนครราชสีมาซึ่งเป็นดินวาริน จำแนกในระดับกลุ่มดินย่อยได้เป็น Arenic Haplustult และ 2) แปลงเกษตรกรบ้านกุดม่วง ตำบลตะเคียน อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นดินยโสธร จำแนกได้เป็น Typic Paleustult ดินทั้งสองบริเวณเป็นดินเนื้อหยาบเกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่มาจากหินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

ผลผลิตหัวมันสดที่ได้จากแปลงปลูกชุดดินวารินมีปริมาณสูงกว่าแปลงปลูกชุดดินยโสธรประมาณหนึ่งเท่าในทุกวิธีการจัดการ โดยในดินวารินการใส่มูลไก่แกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ คลุกเคล้าลงในดินก่อนปลูก ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสด น้ำหนักของส่วนเหนือดิน (ต้น น้ำหนักยอดและใบ) น้ำหนักเหง้า ร้อยละการสะสมแป้ง และจำนวนต้นของมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของจำนวนหัว และร้อยละของจำนวนต้นรอดตายของมันสำปะหลัง ขณะที่ในดินยโสธรทำให้ได้น้ำหนักต้น น้ำหนักยอดและใบ น้ำหนักเหง้า น้ำหนักของส่วนเหนือดิน และร้อยละการสะสมแป้งของสำปะหลังเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิตหัวสด จำนวนหัว ร้อยละของจำนวนต้นรอดตาย และจำนวนต้นของมันสำปะหลัง

การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีและเหล็กทางใบในอัตราต่าง ๆ ไม่มีผลต่อผลผลิตหัวมันสด น้ำหนักต้น น้ำหนักยอดและใบ น้ำหนักเหง้า น้ำหนักส่วนเหนือดิน ร้อยละการสะสมแป้ง ร้อยละของจำนวนต้นรอดตาย และจำนวนหัวมันสำปะหลังในทั้งสองดิน

การฉีดพ่นสังกะสี 3 ครั้ง ครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1, 2 และ 3 เดือนร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบลงในดินก่อนปลูกมีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวมันสดสูงสุด เช่นเดียวกับน้ำหนักส่วนเหนือดิน น้ำหนักเหง้า และจำนวนต้น รองลงมาคือการฉีดพ่นสังกะสีเพียง 2 ครั้งในอัตราเดียวกันเมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1 และ 2 เดือนร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบลงในดิน ในกรณีของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินวาริน ส่วนดินยโสธรการฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสี 1 ครั้ง ครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1 เดือนร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบลงในดินก่อนปลูกมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แนวโน้มให้ผลผลิตหัวมันสดสูงที่สุด แต่การฉีดพ่นสังกะสี 3 ครั้ง ครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1, 2 และ 3 เดือนร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบลงในดินก่อนปลูกมีแนวโน้มให้น้ำหนักส่วนเหนือดิน (ต้น น้ำหนักยอดและใบ) น้ำหนักเหง้า และจำนวนต้นสูงสุด

ผลผลิตหัวมันสดเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังที่อายุ 3 และ 6 เดือนในกรณีของดินวาริน และที่ 3 เดือนในกรณีของดินยโสธร ซึ่งให้ผลตรงข้ามกับความเข้มข้นของแมงกานีส และแมกนีเซียมที่มีความเข้มข้นมากในกรณีที่ผลผลิตหัวมันสดมีปริมาณต่ำ การใส่มูลไก่แกลบมีผลทำให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังที่อายุ 3 เดือนเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลเมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 6 เดือน และแนวโน้มการให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงสุด ในใบมันสำปะหลังอายุ 3 เดือนควรมีความเข้มข้นของสังกะสีและเหล็กในพิสัย 38.12-43.99 และ 33.52-51.80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1) เมื่อพิจารณาถึงปริมาณผลผลิตหัวมันสดโดยไม่คำนึงถึงราคาการใช้มูลไก่แกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่คลุกเคล้าลงในดินก่อนปลูกน่าจะเหมาะสมที่สุดเนื่องจากให้ผลผลิตในปริมาณที่ไม่แตกต่างกับการฉีดพ่นสังกะสีและเหล็กร่วมแต่อย่างใด เนื่องจากในกรณีหลังเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต

2) ในสถานการปัจจุบันที่หัวมันสำปะหลังสดมีราคาค่อนการสูงการฉีดพ่นสังกะสี 3 ครั้ง ครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1, 2 และ 3 เดือนร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบในกรณีของดินวาริน และการฉีดพ่นสังกะสี 1 ครั้งครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1 เดือนร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบในกรณีของดินยโสธรมีแนวโน้มที่จะนำไปปฏิบัติได้ เนื่องจากให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสุดสูงกว่าการใส่มูลไก่แกลบเพียงอย่างเดียวเฉลี่ยประมาณ 1 ตันต่อไร่

3) ปริมาณหัวมันสำปะหลังสดสูงสุดมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังที่อายุ 3 เดือน และ 6 เดือน ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมในดินเนื้อหยาบเพื่อหาความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างความเข้มข้นของธาตุนี้ในใบกับการการเพิ่มขึ้นของผลผลิต ซึ่งอาจดำเนินการศึกษาโดยการใช้วัสดุปรับปรุงดินที่มีคุณสมบัติในการเพิ่มค่าคามจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนให้แก่ดิน หรือมีความสามารถในการดูดยึดโพแทสเซียมแล้วค่อย ๆ ปลดปล่อยให้กับพืช และ/หรือการทดสอบการฉีดพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมทางใบโดยใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) ซึ่งเป็นปุ๋ยที่ละลายน้ำง่ายและหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาด

4) ในกรณีของดินยโสธรซึ่งให้ผลผลิตต่ำมาก การจัดการปุ๋ยเพียงอย่างเดียวอาจจะไม่เพียงพอ ควรมีการศึกษาการปรังปรุงโครงสร้างของดินให้แข็งแรงขึ้น ไม่เกิดการอัดแน่นได้ง่าย เช่นเดียวกับการปรับปรุงสมบัติด้านการเก็บกักความชื้นซึ่งในดินนี้มีความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ต่ำมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2537. **พันธุ์มันสำปะหลังและลักษณะประจำพันธุ์**. กรุงเทพฯ

กรมวิชาการเกษตร. 2547. **มันสำปะหลัง**. เอกสารวิชาการ ลำดับที่ 7. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2551. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์. 2532. **มันสำปะหลัง การปลูก อุตสาหกรรมการแปรรูปและการใช้ประโยชน์**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชาญ ถิรพร และ วัฒนะ วัฒนานนท์. 2536. การพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังของประเทศไทยในระยะ30 ปีที่ผ่านมา. *ใน* สมาคมมันสำปะหลังไทย, ผู้รวบรวม. **30 ปีสมาคมการค้ามันสำปะหลังไทย**. วันที่ 28 มิถุนายน 2536 ณ. ห้องราชมณเฑียร โรงแรมมณเฑียร, กรุงเทพฯ.

ชาญ ถิรพร และโชติ สิทธิบุศย์. 2537. ดินและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพกับมันสำปะหลัง. *ใน* ศูนย์วิจัยพืชไร่, รวบรวม. **มันสำปะหลัง**. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์. 2529. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. เอกสารประกอบการสอน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชุมพล นาควิโรจน์. 2542. การวิจัยด้านการจัดการดินและการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินกับมันสำปะหลัง, น. 1-28. *ใน* **รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง การจัดการดินไร่และการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชไร่**. กรมวิชาการเกษตร กองปฐพีวิทยา, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โชติ สิทธิบุศย์, ชุมพล นาควิโรจน์ และ กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2529. การปลูกพืชหมุนเวียนและการใช้ปุ๋ยเพื่อการผลิตมันสำปะหลังระยะยาว, หน้า 158-169. *ใน* **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการครั้งที่ 4 เรื่อง เราจะพัฒนาดินอีสานกันอย่างไร**. สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย, 4 เมษายน 2529 ณ ห้องประชุมกรมวิชาการเกษตร บางเขน, กรุงเทพฯ.

ดนัย ศุภาหาร. 2537. พฤกษศาสตร์และพันธุ์ของมันสำ ปะหลัง, น. 14-30. *ใน* สถาบันวิจัยพืชไร่, ผู้รวบรวม. **มันสำปะหลัง.** สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. **แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน และพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นงคราญ กาญจนประเสริฐ. 2529. **การศึกษาลักษณะวินิจฉัยที่สำคัญในการพัฒนาการของดินและศักยภาพของดินอัลฟิโซลส์ บริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประวัติ อุทโยภาศ. 2526. **อิทธิพลของอัตราส่วนของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน และโพแทสเซียม สัดส่วนและระยะเวลาของการใส่ปุ๋ยที่มีต่อการเจริญเติบโตผลผลิต และคุณภาพของมันสำปะหลัง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปิยะ ดวงพัตรา, วิจารณ์ วิชุกิจ, เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์, ปิยะวุฒิ พูลสงวน, จำลอง เจียมจำนรรจา, เอ็จ สโรบล และ วัชรี เลิศมงคล. 2542**. ดินและปุ๋ยมันสำปะหลัง**. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ โครงการเพื่อบรรเทาผลกระทบทางสังคมเนื่องจากวิกฤตการณ์ทางเศรษฐกิจ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

ปิยะ ดวงพัตรา. 2546. ดินและปุ๋ยมันสำปะหลัง, หน้า 6-32. *ใน* **มันสำปะหลัง.** เอกสารประกอบการฝึกอบรมเพื่อสร้างวิทยากรมันสำปะหลังในท้องถิ่น มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ภาคพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 30 เมษายน - 4พฤษภาคม 2546 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปฏิมา อู๋สูงเนิน, สุกัญญา จัตตุพรพงษ์, คณพล จุฑามณ และ ธงชัย มาลา. 2548. ผลของการใช้ปุ๋ยมูลสัตว์ชนิดต่าง ๆ ต่อผลผลิตร้อยละการสะสมแป้งของหัวมันสำปะหลัง และองค์ประกอบโภชนะของมันเส้น, น. 114-123. *ใน* **เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43: สาขาพืช.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พิชัย สราญรมย์. 2528. **ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับมันสำปะหลัง สำหรับการศึกษาระดับปริญญา**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ.

พิทักษ์ บุญพจนสุนทร. 2536. การพัฒนาแป้งมันสำ ปะหลังในรอบ 30 ปี, น. 36-43. *ใน* สมาคมการค้ามันสำปะหลังไทย, ผู้รวบรวม. **30 ปี สมาคมการค้ามันสำปะหลังไทย.** วันที่ 28 มิถุนายน 2536 ณ. ห้องราชมณเฑียร โรงแรมมณเฑียร, กรุงเทพฯ.

มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย. 2552. **รายงานคณะสำรวจภาวะการผลิตและการค้ามันสำปะหลัง ปี 2552/2553**. แหล่งที่มา: http://www.tapiocathai.org/L2.1.html, 15 กันยายน 2552.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2528. **หลักการผลิตและการใช้ปุ๋ย**. บริษัทสำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิชย์, กรุงเทพฯ.

_____. 2546. **ธาตุอาหารพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2552. **ธาตุอาหารพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วัฒนะ วัฒนานนท์, เสาวรี ตังสกุล, เมธี คำหุ่ง, จำลอง กกรัมย์, สมพงษ์ ชมภูนุกูลรัตน์, สุกิจ รัตนศรีวงษ์, สุวพันธ์ รัตนะรัต, ปรีชา เพชรประไพ และ ไรน์ฮาร์ด เฮาเลอร์. 2547. การตอบสนองต่อปุ๋ย ธาตุอาหารเสริมที่มีต่อผลผลิตมันสำปะหลัง พันธุ์ระยอง 72 และเกษตรศาสตร์ 50. **วารสารวิชาการเกษตร** 22(1): 24-38.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2545. **เอกสารสถิติการเกษตรของประเทศไทย เลขที่ 3/2545 ปีเพาะปลูก 2544/45**. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สัมพันธ์ คัมภิรานนท์. 2526. **ธาตุอาหารพืช: สรีรวิทยาของพืช.** ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โสภณ สินธุประมา. 2526. **ประวัติ ความสำคัญ และดินฟ้าอากาศที่เหมาะสมในมันสำปะหลัง.** เอกสารเล่มที่ 7, งานประมวลและสถิติ กองแผนงานและวิชาการ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, ถวิล ครุฑกุล, ไพบูลย์ ประพฤติธรรม และ อำนาจ สุวรรณฤทธิ์. 2527. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยพืชไร่. 2537. **เอกสารวิชาการการปลูกพืชไร่.** กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2538. **สรีรวิทยาของพืช.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน, กรุงเทพฯ.

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

เอกราช มีวาสนา. 2552. **ลักษณะและปัญหาของชั้นคานไถพรวนในระบบการปลูกมันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

_____. 2547. **บทปฏิบัติการ การสำรวจดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2548. **การสำรวจดิน: มโนทัศน์ หลักการและเทคนิค**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Asher, C.J., D.G. Edwards and R.H. Howeler. 1980. **Nutirtional Disorders of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz)**. Univ. of Queensland, St. Lucia, Queensland, Australia.

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 2, 2005. Khon Kaen, Thailand.

Blake, G.R. and K.H. Hartge. 1986. Bulk density, pp. 363-382. *In* A. Klute, ed. **Methods of Soil Analysis, Part I: Physical and Mineralogical Methods**. 2nd ed. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.

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.** 5th ed. Iowa State Press, A Blackwell Publishing Company, Iowa.

Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity, pp. 891-901. *In* C.A. Black, ed. **Method of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties**. Agron. No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.

Chen, Y. and P. Barak. 1982. Iron nutrition of plants in calcareous soil. **Adv. Agron.** 35: 217-241.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

CIAT. 1978. **Cassava program.** Annual Report for 1977. CIAT, Cali, Colombia.

_____. 1985a. **Cassava program.** Annual Report for 1982 and 1983. CIAT, Cali, Colombia.

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

Duangpatra, P. 1988. Soil and climatic characterization of major cassava growing areas in Thailand, pp. 157-184. *In* R.H. Howeler and K. Kawano, eds. **Cassava Breeding and Agronomy Research in Asia.** Proceeding of a Workshop held in Thailand, 26-28 October 1987, Bangkok, Thailand.

Epstein, E. 1972. **Mineral Nutrition of Plants: Principle and Perspectives.** John Wiley and Sons, New York.

Fageria, N. K., V. C. Baligar and A. J. Charles. 1997. **Growth and Mineral Nutrition of Field Crops**. 2nd ed. Marcel Dekker, Inc., New York.

Follett, R.H., L.S. Murphy and R.L. Donahue. 1981. **Fertilizers and Soil Amendments.** Prentice-Hall, Inc., New Jersey.

Gardner, F.P., R.B. Pearce and L.R. Mitchell. 1985. **Photosynthesis: Physiology of Crop Plants.** The Iowa State University Press, Iowa.

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

Hillocks, R.J. 2002. Cassava in Africa, pp. 41-54. *In* R.J. Hillcocks, J.M. Thresh and A.C. Bellotti, eds. **Cassava: Biology, Production and Utilization**. CABI Publishing, CAB International, Oxon, UK.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Howeler, R.H. 1978. The mineral nutrition and fertilization of cassava, pp.247-292. *In* **Cassava Production Course.** CIAT, Cali, Colombia.

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

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

_____. 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.

_____. 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. 2001a. Cassava agronomy research in Asia: Has it benefited cassava farmer?, pp. 345-382. *In* R.H. Howeler and S.L. Tan, eds. **Cassava's Potential in Asia in the 21st Century: Present Situation and Future Research and Development Needs**. Proceeding of the Sixth Regional Workshop held in Vietnam, 21-25 February 2000, Ho Chi Minh City, Vietnam.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

_____. 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.

Jackson, F.L.C. and R.T. Jackson. 1990. The role of cassava in African famine prevention food. **Nutr. Hist Anthropol**. 7: 207-225.

Kawano K. 1980. **Cassava in Hybridization of Crop Plants**. American Society of Agronomy Crop Science Society of America, New York.

Klute, A. 1965. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soils, pp. 210-220. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis, Part l: Physical and Mineralogical Methods**. Agronomy, No. 9. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.

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(1): 12-45.

Loneragan JK, Grove TS, Robson AD and K. Snowball. 1979. Phosphorus toxicity as a factor in zinc-phosphorus interaction in plants**. Soil Sci. Soc. Amer. J.** 43: 966-972.

Nair, P.G. and B. Mohankumar. 1980. Response of cassava to micronutrients application in acid laterite soil, pp. 81-83. *In* **Proc. Nat. Seminar on Tuber Crops Production Technology**, held in Tamil Nudu Agric. Univ., Coimbatore, India. November 21-22, 1980. Faculty of Horticulture, Timil Nudu Agric. Univ., Coimbatore.

National Soil Survey Center. 1996. **Soil Survey Laboratory Methods Manual.** Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 3.0. Natural Conservation Service, USDA.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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.

Peech, M. 1945. Determination of exchangeable cation and exchange capacity of soil rapid micromethod utilizing centrifuge and spectrophotometer. **Soil Sci.** 59: 25-28.

Sittibusaya, C., C. Narkaviroj and D. Tunrnaphirom. 1988. Cassava soil research in Thailand, pp. 145-156. *In* R.H. Howeler and K. Kawano, eds. **Cassava Breeding and Agronomy Research in Asia.** Proceedings of a Regional Workshop Held in 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**. 2nd ed. USDA, U.S. Government Printing Office, Washington, DC

Soil Survey Staff. 2010**. Keys to Soil Taxonomy**. 11th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.

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. **Method of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods.** SSSA Inc., ASA Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Tisdale, S.L. and W.L. Helson. 1963. **Soil Fertility and Fertilizer**. The Macmillan Co., NY.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Van Ryssen. J.B.J., S. van Malsen and A.A. Verbeek. 1992. Mineral composition of poultry manure in South Africa with reference to the Farm Feed Act. **S. Afr. Tydskr. Veek.** 1993, 23(2).

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายหน้าตัดดิน

(Soil profile description)

Soil of Ban Non Somboon Experimental Plot

I Information on the site

Profile symbol : HB-2
Soil name : Warin Soil (Wn)
Classification : Ultic Haplustult
Date of examination : January 21, 2009
Described by : Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Natthamon Apairee, Ekkarach Meewassana, Sirintha Tasarika
Location : Ban Non Somboon, Tambon Krissana, Amphoe Si Khiu, Changwat Nakhon Ratchasima
Elevation : Approximately 330.1 m 8.1 ACC (MSL)
Map sheet number : 5339 III Coordination : 47P 0769173^{E}, 1671549^{N}
Landform
1. Physiographic position : Shoulder slope of low hill
2. Surrounding landform : Slightly Undulating
3. Slope on which profile site : 2% Aspect : 34 Azimuth
Land use : Maize experimental plot with remnant of dry dipterocarp tree species
Annual rainfall : Approximately 1,137.4 mm yr^{-1}
Mean temperature : Approximately 27 ^{o}C yr^{-1}
Climate : Tropical savanna
Others : -

II General information on the soil

Parent material : Wash over residuum derived from sandstone
Drainage : Well drained
Permeability : Rapid
Runoff : Moderate
Depth of ground water : More than 160 cm at time of sampling

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap	0-32	Brown (7.5YR 4/4); loamy sand; weak very fine and fine subangular blocky structure; non-sticky and non-plastic, very friable moist, soft dry; few faint clay coating on face of peds and clay bridges between sand grains; few very fine variegated sands; many very fine vesicular pores; common very few and few fine roots; field pH 5.5; abrupt

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

		and wavy boundary to Bt1
Bt1	32-51	Reddish yellow (5YR 4/6); loamy sand; moderate fine subangular blocky structure; non-sticky and non-plastic, very friable moist, slightly hard dry; few faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine coated sands; common very fine and few fine vesicular pores; common very fine roots; field pH 5.5; gradual and smooth boundary to Bt2
Bt2	51-72	Reddish yellow (5YR 5/8); loamy sand; strong, fine subangular blocky structure; non-sticky and non-plastic, very friable moist, slightly hard dry; common distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few medium krotorimas many very fine coated sands; common very fine, very few vesicular and few very fine single tabular pores; common very fine, few fine and medium roots; field pH 5.5; clear and smooth boundary to Bt3
Bt3	72-101	Brownish yellow (2.5YR 5/8); loamy sand; moderate fine subangular blocky structure; non-sticky and non-plastic, very friable moist, soft dry; common distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few very fine coated sands; many very fine and common fine vesicular pores; common very fine, fine and medium roots; field pH 5.0; gradual and smooth boundary to Bt4
Bt4	101-132	White (2.5YR 5/8) loamy sand; moderate fine subangular blocky structure; non-sticky and non-plastic, very friable moist, soft dry; many distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few very fine coated sands; many very fine and common fine vesicular pores; few very fine, fine and medium roots; field pH 5.5; diffuse and smooth boundary to Bt5
Bt5	132-150^{+}	White (2.5YR 4/8) loamy sand; moderate fine and medium subangular blocky structure; non-sticky and non-plastic, very friable (moist), soft (dry); many distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few very fine coated sands; many very fine and common fine vesicular pores; few very fine, few very fine and fine roots; field pH 5.0.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Soil of Ban Khud Muang Experimental Plot

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 Anusonpornperm, 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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

		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 riable 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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Bt7 171-200+ 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 สมบัติทางกายภาพของดินตัวแทนดินวารินแปลงบ้านโนนสมบูรณ์

Depth (cm)	Horizon	Particle size distribution			Textural class	Bulk density ($Mg\ m^{-3}$)	Hydraulic conductivity ($cm\ hr^{-1}$)
		sand	silt	clay			
		(---------g kg^{-1}-------)					
0-32	Ap1	854	76	71	loamy sand	1.54	8.0
32-51	Bt2	801	103	96	loamy sand	1.53	3.0
51-72	Bt3	781	111	109	sandy loam	1.53	6.0
72-101	Bt4	768	143	89	sandy loam	1.57	2.0
101-132	Bt4	760	162	78	sandy loam	1.61	2.0
132-150+	Bt5	756	176	69	sandy loam	1.57	20

ตารางผนวกที่ 2 สมบัติทางกายภาพของดินตัวแทนดินยโสธรแปลงกุดม่วง

Depth (cm)	Horizon	Particle size distribution			Textural class	Bulk density ($Mg\ m^{-3}$)	Hydraulic conductivity ($cm\ hr^{-1}$)
		sand	silt	clay			
		(---------g kg^{-1}-------)					
0-20	Ap1	736	113	150	Sandy loam	1.68	1.5
20-41	Bt2	678	131	191	Sandy loam	1.80	0.2
41-69	Bt3	662	137	199	Sandy loam	1.70	0.3
69-95	Bt4	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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 สมบัติทางเคมีของดินตัวแทนพื้นที่ดินวารินแปลงโนนสมบูรณ์

Depth	Horizon	pH 1:1		OM	Total N	Available		Extractable base				Sum bases	EA	CEC		BS
(cm)		H_2O	KCl			P	K	Ca	Mg	K	Na			by sum	NH_4OAc	(%)
				(----g kg^{-1}----)		(----mg kg^{-1}----)		(----------$cmol_c$ kg^{-1} ----------)								
0-32	Ap	5.5	4.8	4.4	0.14	2.50	10.3	1.16	0.96	0.05	0.14	2.31	14	16.3	3.4	14.2
32-51	Bt1	5.7	4.7	1.5	0.14	0.75	11.9	1.19	0.92	0.06	0.13	2.30	13	15.3	1.4	15.3
51-72	Bt2	5.5	4.4	1.3	0.35	0.50	11.4	0.30	1.33	0.06	0.17	1.86	12	13.8	1.6	13.4
72-101	Bt3	4.8	3.8	1.0	0.21	0.50	10.4	0.88	1.09	0.05	0.16	2.18	8	10.2	3.6	21.4
101-132	Bt4	4.7	3.7	1.0	0.49	0.50	7.9	0.20	1.75	0.04	0.16	2.14	11	13.1	1.6	16.3
132-150+	Bt5	4.7	3.8	0.7	0.56	0.50	5.8	0.68	1.08	0.03	0.28	2.06	6	8.1	2.6	25.6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 สมบัติทางเคมีของดินตัวแทนพื้นที่ดินยโสธรแปลงกุดม่วง

Depth	Horizon	pH 1:1		OM	Total N	Available		Extractable base				Sum bases	EA	CEC		BS
(cm)		H_2O	KCl			P	K	Ca	Mg	K	Na			by sum	NH_4OAc	(%)
				(----g kg^{-1}----)		(----mg kg^{-1}----)		(----------$cmol_c$ kg^{-1} ----------)								
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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด จำนวนหัวมันสำปะหลังต่อต้น ร้อยละการสะสมแป้ง อัตราการรอดตาย และจำนวนต้น (ท่อนพันธุ์) มันสำปะหลังที่ปลูกในดินวาริน

Treatment	Fresh tuber yield (tonne rai^{-1})	Tuber (no. plant^{-1})	% Starch	Survival rate (%)	Number of stem (per rai)
Chicken Manuring					
C1	4.98b	17	30.9a	99	3,271 b
C2	5.58a	18	32.1b	99	3,968 a
F-test	**	ns	*	ns	**
Foliar Application					
T1	5.06	17	33.0	99	3,540
T2	5.07	17	32.2	99	3,456
T3	5.54	17	30.5	100	3,535
T4	5.36	18	30.4	99	3,962
T5	5.33	18	31.7	99	3,560
T6	5.32	18	31.3	100	3,661
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
Interaction					
C1T1	4.92	17	33.2	99	3,464
C1T2	4.85	17	31.8	99	3,183
C1T3	5.24	17	29.2	99	3,268
C1T4	4.65	17	28.9	99	3,086
C1T5	5.14	17	31.5	98	3,351
C1T6	5.09	18	30.9	100	3,271
C2T1	5.19	17	32.9	99	3,617
C2T2	5.33	17	32.6	99	3,729
C2T3	5.83	17	31.8	100	3,802
C2T4	6.06	18	32.0	99	4,838
C2T5	5.51	18	31.9	100	3,769
C2T6	5.56	18	31.8	100	4,051
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
%CV	9.1	11.9	5.6	10.2	15.1

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 น้ำหนักต้น น้ำหนักยอดและใบ เหง้า และน้ำหนักส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินวาริน

Treatment	Stem weight (tonne rai^{-1})	Tip and leave weight (kg rai^{-1})	Stem basal weight (kg rai^{-1})	Above ground biomass (tonne rai^{-1})
Chicken Manuring				
C1	0.94b	316.1b	479.4b	1.73b
C2	1.58a	458.5a	672.0a	2.94a
F-test	**	**	**	**
Foliar Application				
T1	1.20	555.4	539.3	2.29
T2	1.32	509.5	539.7	2.37
T3	1.31	446.3	595.0	2.35
T4	1.31	547.3	584.7	2.44
T5	1.24	491.9	589.5	2.32
T6	1.20	450.5	606.0	2.26
F-test	ns	Ns	ns	ns
Interaction				
C1T1	0.99	357.7	420.3	1.76
C1T2	0.92	290.1	444.4	1.66
C1T3	1.02	380.6	514.9	1.92
C1T4	0.82	300.6	483.8	1.60
C1T5	1.01	311.8	536.9	1.86
C1T6	0.87	255.6	475.8	1.60
C2T1	1.41	753.1	658.2	2.82
C2T2	1.72	729.0	634.9	3.08
C2T3	1.59	512.0	675.1	2.77
C2T4	1.80	794.1	675.11	3.28
C2T5	1.47	671.9	685.5	2.78
C2T6	1.53	645.4	736.2	2.91
F-test	ns	ns	ns	ns
%CV	18.6	26.2	13	15.2

Remark: ns = no statistical difference, mean value followed by the same letter using DMRT= no statistical difference, ** = statistical difference at 99% level of confidence

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด จำนวนหัวมันสำปะหลังต่อต้น ร้อยละการสะสมแป้ง อัตราการรอดตาย และจำนวนต้น (พันธุ์) มันสำปะหลังที่ปลูกในดินยโสธร

Treatment	Fresh tuber yield (tonne rai^{-1})	Tuber (no. plant^{-1})	% Starch	Survival rate (%)	Number of stem (per rai)
Chicken Manuring					
C1	2.57	12	24.1a	88	2,424
C2	2.72	13	18.9b	87	2,573
F-test	ns	ns	**	ns	ns
Foliar Application					
T1	2.45	12	19.6	83	2,531
T2	3.06	14	23.3	92	2,656
T3	2.78	13	24.5	89	2,575
T4	2.54	13	21.6	93	2,584
T5	2.52	13	21.1	84	2,345
T6	2.51	12	19.0	85	2,298
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
Interaction					
C1T1	2.53	12	24.2a	82	2,562
C1T2	2.91	12	23.9a	94	2,564
C1T3	2.63	13	25.9a	86	2,459
C1T4	2.35	12	21.9ab	95	2,607
C1T5	2.48	12	25.2a	84	2,247
C1T6	2.51	12	24.0a	88	2,104
C2T1	2.36	12	15.0c	85	2,500
C2T2	3.21	16	23.1ab	90	2,747
C2T3	2.93	13	23.0ab	92	2,692
C2T4	2.73	13	21.3ab	91	2,562
C2T5	2.56	13	16.9bc	83	2,443
C2T6	2.52	12	13.9c	82	2,492
F-test	ns	ns	*	ns	ns
%CV	18.2	11.6	17.9	10.2	13.3

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 น้ำหนักต้น น้ำหนักยอดและใบ เหง้า และน้ำหนักส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินยโสธร

Treatment	Stem weight (tonne rai^{-1})	Tip and leave weight (kg rai^{-1})	Stem basal weight (kg rai^{-1})	Above ground biomass (tonne rai^{-1})
Chicken Manuring				
C1	0.61b	167.0b	350.6b	1.13b
C2	0.79a	280.0a	424.1a	1.49a
F-test	**	**	**	**
Foliar Application				
T1	0.67	212.2	343.7	1.22
T2	0.77	268.8	411.9	1.45
T3	0.79	251.1	416.2	1.46
T4	0.71	178.6	392.5	1.28
T5	0.65	211.2	359.5	1.22
T6	0.61	218.9	400.4	1.23
F-test	ns	ns	ns	ns
Interaction				
C1T1	0.71	193.4	351.9	1.26
C1T2	0.62	207.4	384.5	1.21
C1T3	0.64	162.0	344.1	1.14
C1T4	0.64	132.3	378.0	1.15
C1T5	0.54	125.7	320.5	0.98
C1T6	0.53	180.6	324.6	1.04
C2T1	0.62	231.0	335.4	1.19
C2T2	0.92	330.3	439.3	1.69
C2T3	0.95	340.1	488.3	1.78
C2T4	0.78	224.8	406.9	1.41
C2T5	0.77	296.8	398.5	1.46
C2T6	0.68	257.3	476.3	1.42
F-test	ns	ns	ns	ns
%CV	23.6	47.8	22.7	24.2

Remark: ns = no statistical difference, mean value followed by the same letter using DMRT= no statistical difference, ** = statistical difference at 99% level of confidence

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 9 ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังอายุ 3 เดือน

Treatment	N (%)		P (%)		K (%)	
	Wn[1/]	Yt[2/]	Wn[1/]	Yt[2/]	Wn[1/]	Yt[2/]
Chicken Manuring						
C1	4.14	4.05	0.28b	0.16b	1.17b	1.56b
C2	4.35	4.07	0.34a	0.22a	1.39a	1.72a
F-test	ns	ns	**	**	*	*
Foliar Application						
T1	4.34	4.07	0.27	0.15c	1.28	1.74
T2	4.18	4.13	0.32	0.24ab	1.30	1.6
T3	4.27	4.13	0.31	0.26a	1.26	1.67
T4	4.35	3.98	0.33	0.20b	1.19	1.72
T5	4.20	4.05	0.32	0.14c	1.29	1.59
T6	4.12	4.01	0.32	0.14c	1.38	1.54
F-test	ns	ns	ns	**	ns	ns
Interaction						
C1T1	4.69	3.97	0.29	0.12	1.34	1.72
C1T2	3.94	3.96	0.27	0.17	1.12	1.48
C1T3	4.31	4.05	0.29	0.32	1.08	1.47
C1T4	4.90	4.15	0.27	0.12	0.93	1.63
C1T5	4.12	4.09	0.30	0.10	1.21	1.54
C1T6	3.73	4.09	0.28	0.14	1.34	1.49
C2T1	4.00	4.17	0.26	0.18	1.22	1.77
C2T2	4.42	4.31	0.37	0.31	1.44	1.69
C2T3	4.24	4.21	0.33	0.20	1.43	1.86
C2T4	4.62	3.82	0.39	0.29	1.44	1.80
C2T5	4.29	4.01	0.34	0.17	1.37	1.65
C2T6	4.52	3.93	0.37	0.15	1.41	1.58
F-test	ns	ns	ns	**	ns	ns
%CV	11.2	8.5	15	22.5	15.3	9.8

Remark: [1/] Warin soil series (Wn), [2/] Yasothon soil series (Yt)

ns = no statistical difference, mean value followed by the same letter using DMRT= no statistical difference, ** = statistical difference at 99% level of confidence

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 10 ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลัง อายุ 6 เดือน

Treatment	N (%)		P (%)		K (%)	
	Wn[1/]	Yt[2/]	Wn[1/]	Yt[2/]	Wn[1/]	Yt[2/]
Chicken Manuring						
C1	4.21	3.87	0.16	0.15	0.83b	0.71
C2	4.25	3.92	0.15	0.15	0.91a	0.71
F-test	ns	ns	**	ns	*	ns
Foliar Application						
T1	4.21	3.90	0.16ab	0.14	0.80b	0.73
T2	4.26	3.87	0.18a	0.16	0.97a	0.70
T3	4.21	3.91	0.16ab	0.15	0.89ab	0.68
T4	4.26	3.88	0.14b	0.14	0.90ab	0.74
T5	4.21	3.89	0.14b	0.15	0.82b	0.72
T6	4.26	3.92	0.15b	0.15	0.83b	0.67
F-test	ns	ns	**	ns	*	ns
Interaction						
C1T1	4.18	4.00	0.16	0.13	0.71de	0.85a
C1T2	4.24	4.08	0.17	0.15	0.94b	0.65bcd
C1T3	4.18	3.76	0.18	0.15	0.94b	0.68bcd
C1T4	4.24	3.75	0.15	0.14	0.66e	0.70bcd
C1T5	4.18	3.73	0.16	0.16	0.90bc	0.77ab
C1T6	4.24	3.88	0.14	0.15	0.82bcde	0.60d
C2T1	4.24	3.80	0.16	0.15	0.88bcd	0.61cd
C2T2	4.27	3.65	0.19	0.16	1.00ab	0.76ab
C2T3	4.24	4.05	0.15	0.16	0.84bcd	0.69bcd
C2T4	4.27	4.01	0.14	0.14	1.13a	0.78ab
C2T5	4.24	4.05	0.13	0.15	0.74cde	0.68bcd
C2T6	4.27	3.96	0.16	0.16	0.84bcd	0.75abc
F-test	ns	ns	ns	ns	**	**
%CV	3.8	6.8	15.0	10.3	10.8	10.5

Remark: [1/] Warin soil series (Wn), [2/] Yasothon soil series (Yt)

ns = no statistical difference, mean value followed by the same letter using DMRT= no statistical difference, ** = statistical difference at 99% level of confidence

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 11 ความเข้มข้นของเหล็ก และสังกะสีในใบมันสำปะหลังอายุ 3 เดือน

Treatment	Fe (mg/kg)		Zn (mg/kg)	
	Wn[1/]	Yt[2/]	Wn[1/]	Yt[2/]
Chicken Manuring				
C1	32.22	40.07	37.06	43.58
C2	33.05	44.70	35.67	45.53
F-test	ns	ns	ns	ns
Foliar Application				
T1	31.72	44.79	34.20	33.43d
T2	31.79	38.15	36.40	41.65c
T3	32.24	43.52	35.77	48.66b
T4	33.66	37.68	40.14	44.47c
T5	35.94	44.12	34.22	44.5bc
T6	30.48	45.32	37.43	54.63a
F-test	ns	ns	ns	**
Interaction				
C1T1	29.37	47.0ab	33.53	35.09
C1T2	36.10	24.5c	40.45	39.32
C1T3	28.01	43.0ab	34.69	48.10
C1T4	33.80	38.4b	42.17	45.51
C1T5	37.18	46.8ab	33.88	44.67
C1T6	28.86	38.4b	37.64	48.81
C2T1	34.06	40.3b	34.87	31.76
C2T2	27.47	51.8a	32.35	43.99
C2T3	36.47	44.0b	36.85	49.21
C2T4	33.52	37.0ab	38.12	43.42
C2T5	34.69	41.4b	34.56	44.34
C2T6	32.10	52.3a	37.23	60.45
F-test	ns	*	ns	ns
%CV	18.4	15.4	14.2	10.8

Remark: 1/ Warin soil series (Wn), 2/ Yasothon soil series (Yt)

ns = no statistical difference, mean value followed by the same letter using DMRT= no statistical difference, ** = statistical difference at 99% level of confidence

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 12 ความเข้มข้นของเหล็ก และสังกะสีในใบมันสำปะหลังอายุ 6 เดือน

Treatment	Fe (mg/kg)		Zn (mg/kg)	
	Wn[1/]	Yt[2/]	Wn[1/]	Yt[2/]
Chicken Manuring				
C1	51.15	46.55b	44.03	51.03
C2	51.95	52.10a	45.23	55.28
F-test	ns	*	ns	ns
Foliar Application				
T1	56.17b	43.70b	39.03	58.93
T2	49.07bc	48.18a b	51.73	53.31
T3	59.86a	49.13a b	47.85	49.69
T4	47.75bc	54.87a	47.11	49.38
T5	45.34c	55.52a	38.61	57.91
T6	51.13bc	44.56b	43.25	49.69
F-test	**	*	ns	ns
Interaction				
C1T1	52.21	40.74	40.47cd	42.51b
C1T2	48.40	43.66	59.01ab	55.41ab
C1T3	63.56	50.49	48.53abc	42.51b
C1T4	44.27	54.30	32.30d	59.40ab
C1T5	43.65	47.89	41.97cd	54.45ab
C1T6	54.81	42.24	43.07cd	51.88b
C2T1	60.13	46.65	36.14cd	75.35a
C2T2	49.75	52.70	44.45cd	51.22b
C2T3	56.15	47.77	47.17bc	56.87ab
C2T4	51.23	55.45	61.93a	39.36b
C2T5	47.02	63.15	35.25cd	61.37ab
C2T6	47.44	46.88	43.42cd	47.51b
F-test	ns	ns	**	**
%CV	12.9	12.9	17	19.9

Remark: 1/ Warin soil series (Wn), 2/ Yasothon soil series (Yt)

ns = no statistical difference, mean value followed by the same letter using DMRT= no statistical difference, ** = statistical difference at 99% level of confidence

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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
ดินแเหนียว (clayey soils)	เนื้อละเอียด (fine textured)	ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนทรายแป้งและดินเหนียว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 14 เกณฑ์การแบ่งระดับความหนาแน่นรวมของดิน

ระดับ (rating)	พิสัย ($Mg\ m^{-1}$)
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

ที่มา: นงคราญ (2529)

ตารางผนวกที่ 15 ระดับชั้นของค่าสภาพนำน้ำขณะดินอิ่มตัว

ระดับชั้น	**ค่าสภาพนำน้ำขณะดิน**
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

ที่มา: O'Neal (1952)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 16 ข้อกำหนดที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมี และการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน(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. อินทรียวัตถุ (organic matter) (% organic carbon x 1.724)

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available K) (NH_4OAc)

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

6. เบสรวมที่สกัดได้ (extractable bases) (NH_4OAc)

ระดับ (rating)	พิสัย (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

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 Low)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC)

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

8. อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (base saturation)

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

ตารางผนวกที่ 17 เกณฑ์การแบ่งระดับสภาพกรดแลกเปลี่ยนได้

ระดับ (rating)	พิสัย (cmol (+) kg^{-1})
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

ที่มา: นงคราญ (2529)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 18 วิธีคาดคะเนระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยการประเมินจากผลการวิเคราะห์ดิน (กองสำรวจดิน, 2523)

ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน	ปริมาณอินทรียวัตถุ ($g\ kg^{-1}$)	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ($mg\ kg^{-1}$)	ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ($mg\ kg^{-1}$)	ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ($cmol_c\ kg^{-1}$)	อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (%)
ต่ำ	< 15 (1)	< 10 (1)	< 60 (1)	< 10 (1)	< 35 (1)
ปานกลาง	15-35 (2)	10-20 (2)	60-90 (2)	10-20 (2)	35-75 (2)
สูง	> 35 (3)	> 20 (3)	> 90 (3)	> 20 (3)	> 75 (3)

หมายเหตุ วิธีคิดระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ใช้วิธีให้คะแนน (ตัวเลขคะแนนอยู่ในวงเล็บในตาราง)

คะแนนเท่ากับ 7 หรือน้อยกว่า ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

คะแนนอยู่ระหว่าง 8-12 ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง

คะแนนเท่ากับ 13 หรือมากกว่า ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์สูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 19 แสดงการเปลี่ยนแปลง non SI unit เป็น SI unit

Quantity	SI unit	Conversion equation
Electrical conductivity	dS m^{-1}	1 mS/cm = dS m^{-1}
		1 µ/cm = 0.001 dS m^{-1}
Cation exchange capacity	cmol (+) kg^{-1}	1 meq/100g = cmol (+) kg^{-1}
Anion exchange capacity	cmol (-) kg^{-1}	1 meq/100g = cmol (-) kg^{-1}
Exchange cation	cmol (+) kg^{-1}	1 meq/100g = cmol (+) kg^{-1}
Mass ratio	g kg^{-1}	1% = 10 g kg^{-1}
	mg kg^{-1}	1 ppm = 1 mg kg^{-1}
		1 mg/100g = 10 mg kg^{-1}
	µg kg^{-1}	1 ppb = 1 µg kg^{-1}
	mg kg^{-1}	1 ppt = 1 ng kg^{-1}
Mass concentration	g L^{-1}	1% = 10 g L^{-1}
	mg L^{-1}	1 ppm = 1 mg L^{-1}
	µg L^{-1}	1 ppb = 1 µg L^{-1}
Density	Mg m^{-3}	1g/cm^3 = 1 Mg m^{-3}
Specific surface	m^2 kg^{-1}	1 m^2/g = 1000 m^2 kg^{-1}
Pressure	kPa, Mpa	1 bar = 0.1 Mpa
Radioactivity	Bq	1 Ci = 3.7 x 10^{10}
Rate, Yield	kg ha^{-1}	1 kg/10a = 10 kg ha^{-1}
	Mg ha^{-1}	1t/10a = 10 Mg ha^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ–นามสกุล	นางสาวศิรินทรา ตะสาริกา
วัน เดือน ปี ที่เกิด	12 เมษายน 2528
สถานที่เกิด	ราชบุรี
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เกษตรศาสตร์) สาขาวิทยาศาสตร์เกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บางเขน)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์