ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา	ปฐพีวิทยา
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง ผลของการไถพรวนและวัสดุปรับปรุงดินต่อการแก้ไขปัญหาดินที่มีชั้นดาน

Effect of Tillage and Soil Amendments on Alleviating Pan Bearing Soils Problem

นามผู้วิจัย นางสาวนริศรา สุขสวัสดิ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(อาจารย์ศุภิฌา ธนะจิตต์, ปร.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ศาสตราจารย์เอิบ เขียวรื่นรมณ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุเทพ ทองแพ, วท.ด.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการไถพรวนและวัสดุปรับปรุงดินต่อการแก้ไขปัญหาดินที่มีชั้นดาน

Effect of Tillage and Soil Amendments on Alleviating Pan Bearing Soils Problem

โดย

นางสาวนริศรา สุขสวัสดิ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)
พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นริศรา สุขสวัสดิ์ 2554: ผลของการไถพรวนและวัสดุปรับปรุงดินต่อการแก้ไขปัญหาดินที่มีชั้นดาน ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) สาขาวิชาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์สุภิฌา ธนะจิตต์, ปร.ด. 128 หน้า

การศึกษาผลของการไถระเบิดดานและวัสดุปรับปรุงดิน ต่อการแก้ไขปัญหาดินที่มีชั้นดานไถพรวน ได้ดำเนินการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 บนชุดดินวาริน (Typic Kandiustult) ที่พบชั้นดานไถพรวนที่ความลึก 20-45 เซนติเมตร ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2552-มีนาคม 2554 ในอำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา วางแผนการทดลองแบบ Split-plot in Randomized Complete Block โดยแปลงหลักประกอบด้วยการไถระเบิดดานโดยใช้ริปเปอร์ 3 ขา และไม่ไถระเบิดดานก่อนการเตรียมดินแบบปกติ (การไถพรวนดินด้วยผาล 3 ตามด้วยผาล 7 จากนั้นทำการยกร่องขวางความลาดเท) ซึ่งในแต่ละแปลงทดลองหลักมีการใส่และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินดังนี้ ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ใส่ยิปซัม (200 กก./ไร่) หินฝุ่น (200 กก./ไร่) และมูลไก่แกลบ (1000 กก./ไร่) โดยทั้งหมดใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ที่อายุ 2 และ 4 เดือน ครั้งละ 50 กก./ไร่ เก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 10 เดือน เก็บตัวอย่างดินก่อนเก็บผลผลิต 1 เดือน และไม่มีการไถระเบิดดานซ้ำในปีที่สองของการทดลอง แต่ยังคงใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดเดิมลงในแปลงทดลองย่อย

การใช้ริปเปอร์ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเท่ากับ 5.43 ตันต่อไร่ซึ่งสูงกว่าการไม่ใช้ริปเปอร์ (4.63 ตัน/ไร่) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในปีที่สองผลผลิตหัวมันสดไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างการใช้และไม่ใช้ริปเปอร์ (4.41 เปรียบเทียบกับ 4.84 ตัน/ไร่ตามลำดับ) การใส่มูลไก่แกลบให้น้ำหนักหัวมันสำปะหลังสดสูงที่สุดเท่ากับ 6.17 ตัน/ไร่ ในขณะที่การใส่ยิปซัม หินฝุ่น และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินจะให้ผลผลิตหัวมันสดไม่แตกต่างกันโดยมีปริมาณอยู่ในพิสัย 4.60-4.75 ตัน/ไร่ เช่นเดียวกับในปีที่ 2 ที่การใส่มูลไก่แกลบมีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงที่สุดเท่ากับ 5.39 ตัน/ไร่ และการใส่มูลไก่ร่วมกับการใช้ริปเปอร์มีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวมันสดสูงที่สุดทั้งสองปีของการทดลอง

การไถระเบิดดานร่วมกับการใส่วัสดุปรับปรุงดินทั้งสองปีต่อเนื่องมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินไม่ชัดเจน การใช้ริปเปอร์ไม่ส่งเสริมการปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน โดยความหนาแน่นรวมของดินและความแข็งของดินเมื่อวัดในขณะที่ดินไม่มีความชื้นเหลืออยู่มีแนวโน้มสูงกว่า ขณะที่มีปริมาณอินทรียวัตถุและความคงทนของเม็ดดินต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ไถระเบิดดาน ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าการใช้ริปเปอร์สามารถทำลายชั้นดานได้เพียงชั่วคราวและกลับมาอัดแน่นภายใน 1 ฤดูเพาะปลูก การใส่ยิปซัมส่งผลให้ความชื้นดินเพิ่มขึ้นแต่กลับมีแนวโน้มให้พีเอชดินลดลง และหินฝุ่นมีแนวโน้มช่วยลดความหนาแน่นรวม เพิ่มความคงทนของเม็ดดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Narissara Suksawat 2011: Effect of Tillage and Soil Amendments on Alleviating Pan Bearing Soils Problem. Master of Science (Soil Science), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Miss Suphicha Thanachit, Ph.D. 128 pages.

A study on the effect of rippering and soil amendments on the alleviation of plough pan problem undertaken using cassava Huai Bong 80 variety grown on Warin soil series (Typic Kandiustult) that plough pan was found at depths between 20-45 cm. The experiment was carried out in farmer field at Sikhiu district, Nakhon Ratchasima province from May 2009 to March 2011. Split-plot in Randomized Complete Block design was employed with the main plot comprising rippering and no rippering before normal land preparation (disk plow followed by disk harrow and ridging across the slope) and subplot comprising no soil amendment, gypsum (200 kg rai^{-1}), limestone dust (grinded $CaCO_3$ 200 kg rai^{-1}) and chicken manure (1,000 kg rai^{-1}). Application of 15-15-15 fertilizer at the rate of 100 kg rai^{-1} (split at 50 kg each time) was done when cassava was two and four months old. Cassava was harvested at 10 months of age and soil samples were collected one month before harvesting time. In second year, there was no rippering but soil amendments at the same rates with that in the first year were applied to subplots.

Rippering method gave fresh tuber yield of 5.43 ton rai^{-1}, which was significantly higher than that without rippering (4.63 ton rai^{-1}) but there was no statistical difference between yields obtained from the main plots (4.41 compared to 4.84 ton rai^{-1}, respectively) in the second year. The application of chicken manure gave the highest fresh tuber yield of 6.17 ton rai^{-1}, while the uses of gypsum, limestone dust (grinded $CaCO_3$ 200 kg rai^{-1}) and no soil amendment gave the yields ranging between 4.60-4.75 ton rai^{-1}. Similar result was obtained in the second year where the yield of 5.39 ton rai^{-1} was obtained from the treatment using chicken manure. In addition, a combination between rippering and chicken manure application tentatively gave the highest tuber yields in both years.

Rippering together with continued soil amendment application in both years rarely showed the effect on soil properties changes. The rippering did not show trend to improve soil physical properties. Moreover, bulk density and soil strength tended to increase while organic matter and aggregate stability tended to decrease when compared to that of no rippering. It is possible that rippering can last for only one season and then the plough pan can reoccur again. Using of gypsum increased available water capacity but tended to decrease soil pH. Application of limestone dust (grinded $CaCO_3$ 200 kg rai^{-1}) tended to lower bulk density, improve aggregate stability and increase soil organic matter content.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ศุภิฌา ธนะจิตต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ศาสตราจารย์ ดร.เอิบ เขียวรื่นรมณ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และความช่วยเหลือด้านการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์อย่างดีมาโดยตลอด ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. อัญชลี สุทธิประการ และรองศาสตราจารย์ ดร.อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนามันสำปะหลัง มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ต.ห้วยบง อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา ที่ได้อนุเคราะห์พันธุ์มันสำปะหลัง และบริษัท ดี เค ที จำกัด ที่ได้อนุเคราะห์ยิปซัม เพื่อใช้ในการทดลองครั้งนี้ ขอขอบคุณพี่ปรีชา เพชรประไพร เจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยและพัฒนามันสำปะหลัง ที่คอยดูแลแปลงมันสำปะหลัง และอำนวยความสะดวกในการทำงานเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการใช้เครื่องกดคอนกรีตในการวิเคราะห์ความแข็งของดิน

ขอขอบคุณพี่รฐนนท์ เจริญชาศรี พี่ชัยภัทร คงแก้ว เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และขอขอบคุณคุณจีรณัทย์ หงส์จาตุรันต์ คุณนิภัทร์ ถนิมมาลย์ คุณจีรวรรณ พรหมมา คุณวรนันท์ สนกันหา คุณจิรัชญา แสนยะ และคุณสัมฤทธิ์ ริยาพันธ์ รวมถึงพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ชาวปฐพีวิทยาทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา และมิตรภาพที่ดีเสมอมา

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ พ่อ แม่ และญาติพี่น้องทุกคน ที่ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจที่สำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีกำลังใจมาจนถึงทุกวันนี้

นริศรา สุขสวัสดิ์

มิถุนายน 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	22
อุปกรณ์	22
วิธีการ	24
ผลและวิจารณ์	32
สรุปและข้อเสนอแนะ	92
สรุป	92
ข้อเสนอแนะ	94
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	95
ภาคผนวก	109
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	128

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การแจกกระจายของดินที่พบชั้นดานในประเทศไทย	9
2	ปริมาณธาตุอาหารของวัสดุปรับปรุงดินที่ใช้ในการทดลอง	23
3	ผลการวิเคราะห์ดินบน (0-20 เซนติเมตร) และ ดินล่าง (20-60 เซนติเมตร) ของดินก่อนทำการทดลอง	41
4	การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินบน (0-20 เซนติเมตร) และดินล่าง (20-60 เซนติเมตร) ก่อนทำการทดลอง	42
5	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อความหนาแน่นรวมของดินที่ 3 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร	74
6	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อค่าสภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวที่ 3 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร	76
7	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อค่าความแข็งของดินที่ 3 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร	78
8	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อร้อยละของเม็ดดินเสถียรน้ำที่ 3 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร	80
9	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ที่ 3 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร	82
10	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อพีเอชดินที่ 3 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร	84
11	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณอินทรียวัตถุที่ 3 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร	86
12	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ 3 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร	88
13	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ 3 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร	91

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	สมบัติทางฟิสิกส์ของดินวารินตัวแทนของพื้นที่แปลงทดลอง	112
2	สมบัติทางเคมีของดินวารินตัวแทนของพื้นที่แปลงทดลอง	113
3	ผลของการไถระเบิดดาน และวัสดุปรับปรุงดินต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง น้ำหนักส่วนเหนือดิน และร้อยละแป้งในหัวมันสด ปี 2010	114
4	ผลของการไถระเบิดดาน และวัสดุปรับปรุงดินต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง น้ำหนักส่วนเหนือดิน และร้อยละแป้งในหัวมันสด ปี 2011	115
5	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อจำนวนลำ จำนวนหัวมันสำปะหลัง และอัตราการรอดตาย	116
6	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในใบมันสำปะหลัง	117
7	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารรองในใบมันสำปะหลัง	118
8	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารในใบมันสำปะหลัง	119
9	เกณฑ์ประเมินระดับของธาตุอาหารในใบมันสำปะหลังใบที่ 5 ที่อายุ 4 เดือน	120
10	ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัดนครราชสีมา ปี 2009	121
11	ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัดนครราชสีมา ปี 2010-2011	122
12	การแบ่งกลุ่มของเนื้อดิน	123
13	เกณฑ์มาตรฐานในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน	124
14	เกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน	125
15	เกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมีของดิน	126

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การแจกกระจายของปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัดนครราชสีมา ปี 2009 และ 2010-2011	21
2	การเตรียมแปลงทดลอง	25
3	พื้นที่ศึกษาในตำบลกฤษณา อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมาและหน้าตัดดินของดินตัวแทนที่ใช้ในการศึกษา	33
4	การกระจายขนาดอนุภาคดิน ขนาดทราย (2-0.05 มิลลิเมตร) ทรายแป้ง (0.05-0.002 มิลลิเมตร) และดินเหนียว (< 0.002) ของดินวารินที่ใช้ในการทดลอง	35
5	ความหนาแน่นรวมสภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำของดินวารินที่ใช้ในการทดลอง	35
6	พีเอชของดินที่วัดในน้ำและในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ในอัตราส่วน 1:1 ของดินวารินที่ใช้ในการทดลอง	37
7	ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินวารินที่ใช้ในการทดลอง	38
8	ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียมที่สกัดได้ของดินวารินที่ใช้ในการทดลอง	39
9	อัตราร้อยละความอิ่มตัวของเบส ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนและสภาพกรดที่สกัดได้ของดินวารินที่ใช้ในการทดลอง	39
10	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อผลผลิตหัวมันสด	45
11	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดินต่อน้ำหนักเหง้าของมันสำปะหลัง	46
12	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อน้ำหนักลำต้นของมันสำปะหลัง	47
13	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อน้ำหนักใบและยอดของมันสำปะหลัง	48

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อน้ำหนักส่วนเหนือดินของมันสำปะหลัง	49
15	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อร้อยละการสะสมของแป้ง	51
16	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน ต่อจำนวนลำต้นมันสำปะหลัง	53
17	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อจำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ยต่อต้น	55
18	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่ออัตรารอดตายของมันสำปะหลัง	57
19	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบมันสำปะหลัง	60
20	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลัง	61
21	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลัง	62
22	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมในใบมันสำปะหลัง	64

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
23	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อความเข้มข้นของธาตุแมกนีเซียมในใบมันสำปะหลัง	65
24	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อความเข้มข้นของธาตุเหล็กในใบมันสำปะหลัง	68
25	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อความเข้มข้นของธาตุทองแดงในใบมันสำปะหลัง	69
26	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อความเข้มข้นของธาตุแมงกานีสในใบมันสำปะหลัง	70

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของการไถพรวนและวัสดุปรับปรุงดินต่อการแก้ไขปัญหาดินที่มีชั้นดาน

Effect of Tillage and Soil Amendments on Alleviating Pan Bearing Soils Problem

คำนำ

ชั้นดานหมายถึงชั้นดินล่างที่อนุภาคดินมีการเชื่อมตัวกัน หรืออัดตัวกันแน่นซึ่งอาจเป็นผลมาจากการไถพรวนตามปกติหรือการกระทำอื่น ๆ ของมนุษย์ (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา, 2551; Brady and Weil, 2008; Soil Survey Staff, 2006) หรือเป็นชั้นที่มีปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวสูง (Miller and Duane, 2001) โดยจะเป็นชั้นที่มีความพรุนรวมต่ำ มีความหนาแน่นรวมและความแข็งสูง ซึ่งแตกต่างจากชั้นดินด้านบนและชั้นดินด้านล่าง (Russell and Goss, 1974) ประเทศไทยมีพื้นที่ที่พบชั้นดานประมาณร้อยละ 8.5 ของพื้นที่ทั้งหมด (สำนักบริหารและพัฒนาการใช้ที่ดิน, 2550) โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นชั้นดานไถพรวนและเป็นแหล่งปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญ (Anusontpornperm *et al.*, 2005; เอกราช, 2552; อรพิน, 2553) ในขณะที่ชั้นดานเปราะและชั้นดานแข็งที่เชื่อมโดยซิลิกาจะพบเฉพาะในบริเวณที่แห้งแล้ง (นฤกมล, 2546)

ชั้นดานเป็นปัญหาที่สำคัญต่อการผลิตพืช ซึ่งระดับความรุนแรงจะขึ้นอยู่กับความลึกที่พบ หากพบตื้นจะส่งผลเสียต่อพืชอย่างมากโดยเฉพาะภายใน 50 เซนติเมตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548; กลุ่มมาตรฐาน, 2544) รวมทั้งชนิดของสารเชื่อมและลักษณะของการเชื่อมในตัวดิน ชั้นดานจะจำกัดการชอนไชของรากพืช ทำให้มีระบบรากอยู่เหนือชั้นดานเท่านั้น พืชดูดกินธาตุอาหารและน้ำได้น้อยกว่าปกติ (Voorhees, 1992) ชั้นดานยังขัดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำ อาจทำให้เกิดชั้นน้ำใต้ดินชั่วคราวขึ้นในฤดูฝน ทำให้พืชได้รับความเสียหายและตายในที่สุด แต่เมื่อฝนทิ้งช่วงพืชก็จะเหี่ยวและตายเร็วกว่าปกติเนื่องจากขาดแคลนน้ำ (Albaladejo, 1990; Coelho *et al*., 2000) นอกจากนี้ยังเร่งให้เกิดการกร่อนดิน โดยเมื่อน้ำเคลื่อนที่ลงในแนวดิ่งได้ช้า ส่งเสริมให้เกิดการสะสมของน้ำบนชั้นดานแทนทำให้เกิดน้ำไหลบ่าผิวดิน (กลุ่มมาตรฐาน, 2544; Boer, 1999)

การไถระเบิดดานทำให้ชั้นดานแตกตัวซึ่งช่วยเพิ่มผลผลิตถั่วเหลือง (Orellana *et al*., 1990) และมันสำปะหลัง (สัมฤทธิ์, 2553) ทำให้รากของทานตะวันชอนไชลงไปในดินในระดับที่ลึกขึ้น (Botta *et al*., 2005) แต่อย่างไรก็ตามชั้นดานเหล่านี้สามารถกลับมาอัดตัวแน่นเหมือนเดิมได้อีก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(Hakanssan *et al*., 1996; Van Doren and Triplett, 1979) การใช้วัสดุปรับปรุงดินที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ จะช่วยลดความหนาแน่นรวมของดิน และเพิ่มความพรุนรวมและความคงทนของเม็ดดิน ซึ่งส่งผลให้รากพืชแทงลงดินได้ลึกขึ้น (Ahmad *et al*., 2008) ยิปซัมจะช่วยส่งเสริมการเคลื่อนที่ของน้ำ (Viator *et al*., 2002) ยังมีรายงานที่พบว่าการใส่arbuscular mycorrhiza (AM) ในแปลงปลูกข้าวสาลีพบว่าจะช่วยส่งเสริมให้รากแทงผ่านชั้นดานได้ รวมทั้งช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส และธาตุอาหารอื่น ๆ ทำให้น้ำหนักแห้งเมล็ดข้าวสาลีเพิ่มขึ้น (Miransari *et al.*, 2007)

อย่างไรก็ตามบทบาทของการไถระเบิดดาน และ/หรือ วัสดุปรับปรุงดินต่อการแก้ไขความแน่นทึบของดินหรือชั้นดานยังมีรายงานไม่กว้างขวางนักโดยเฉพาะในประเทศไทย อีกทั้งชั้นแน่นทึบในดินมีลักษณะที่แตกต่างกันทั้งทางฟิสิกส์และเคมี ดังนั้นวิธีการแก้ไขรวมถึงชนิดของวัสดุปรับปรุงดินที่ใช้ในการแก้ไขชั้นดานลักษณะต่าง ๆ อาจให้ผลแตกต่างกัน ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้เป็นแนวทางหนึ่งเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถใช้ในการฟื้นฟูดินเสื่อมโทรมโดยเฉพาะทางด้านฟิสิกส์อย่างเหมาะสม เพื่อให้ดินมีผลิตภาพเพิ่มขึ้น และสามารถใช้ที่ดินทำการเกษตรได้อย่างยั่งยืน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบผลของการไถระเบิดดาน และชนิดของวัสดุปรับปรุงดินต่อการให้ผลผลิตของมันสำปะหลัง

2. เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสมบัติดินที่ได้รับอิทธิพลจากการไถระเบิดดานและวัสดุปรับปรุงดินต่างชนิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. ความหมายของชั้นดาน

ชั้นดาน หมายถึง ชั้นดินล่างที่อนุภาคของดินมีการเชื่อมตัวกันหรืออัดตัวกันแน่นทึบและแข็ง (กลุ่มมาตรฐาน, 2544; Brady and Weil, 2008) หรือชั้นที่มีปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวอยู่มาก (Miller and Duane, 2001) เป็นชั้นที่มีความพรุนรวมต่ำ ประกอบด้วยช่องว่างขนาดเล็กเป็นส่วนใหญ่ทำให้ชั้นดานมีความหนาแน่นรวมและความแข็งสูง (Russell and Goss, 1974) และมีสมบัติทางกายภาพและเคมีที่แตกต่างจากชั้นดินด้านบนและด้านล่างมาก หรือเป็นชั้นที่อยู่ใต้ดินบนที่มีความหนาแน่นรวมสูงกว่า และความพรุนต่ำกว่าชั้นที่อยู่ด้านบนและด้านล่าง เป็นผลมาจากการอัดตัวกันของดินซึ่งเกิดจากการไถพรวนตามปกติ หรือการกระทำอื่น ๆ ของมนุษย์ (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา, 2551)

2. ลักษณะและชนิดของชั้นดาน

ชั้นดานแบ่งตามลักษณะที่มีหรือไม่มีการเชื่อมตัวของอนุภาค ได้แก่

2.1 ชั้นดานแข็ง (Hardpan หรือ Duripan)

ชั้นดานแข็งเป็นชั้นล่างดินที่มีการเชื่อมตัว ซึ่งสารเชื่อมที่พบมีด้วยกันหลายชนิด เช่น ซิลิกา ซิลิการ่วมกับคาร์บอเนต เหล็ก และเหล็กร่วมกับอินทรียวัตถุ ชั้นดานแข็งมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไปตามชนิดของสารเชื่อม ชั้นดานแข็งที่พบในบริเวณต่าง ๆ หลาย ๆ พื้นที่ของโลก ส่วนใหญ่เป็นชั้นดานที่มีการเชื่อมตัวโดยซิลิกา (เอิบ, 2547) และโดยทั่วไปหากกล่าวถึงชั้นดานแข็งก็มักจะหมายถึงชั้นดานแข็งที่มีสารเชื่อมเป็นซิลิกา

โดยทั่วไป ชั้นดินที่มีการเชื่อมตัวเช่นนี้มักเป็นลักษณะที่ตกค้างมาจากอดีต อาจจะไม่มีความสัมพันธ์กับผลรวมที่เกิดจากอิทธิพลของปัจจัยการเกิดดินในปัจจุบันก็ได้ ชั้นดานแข็งส่วนมากเกิดในดินที่มีสภาพความชื้นแบบเซอริก (xeric) หรือแอริดิก (aridic) ซึ่งเป็นสภาพที่ดินมีช่วงแห้งเป็นส่วนใหญ่ ดินส่วนมากที่มีชั้นดานซิลิกา จะพบในสภาพความชื้นที่เหมาะสมต่อการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ละลายได้ของซิลิกา จากนั้นซิลิกาก็จะเคลื่อนที่ไปสะสมยังชั้นดินที่อยู่ต่ำลงไป (Soil Survey Staff, 2006)

2.2 ชั้นดานเปราะ (Fragipan)

ชั้นดานเปราะเป็นชั้นดานที่ไม่มีสารเชื่อม โดยชั้นดานจะเปราะเมื่อสภาพความชื้นใกล้ความจุความชื้นสนาม และชิ้นส่วนของชั้นดานเปราะที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5-10 เซนติเมตร จะละลายได้มากกว่าร้อยละ 50 ของปริมาตรเมื่อแช่ในน้ำ

ชั้นดานเปราะเป็นชั้นดินล่างที่เกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งชั้นดินนี้จะจำกัดการไหลซึมผ่านของน้ำและการชอนไชของรากพืช ชั้นดานเปราะไม่จำเป็นต้องอยู่ข้างใต้ชั้นดินล่างวินิจฉัยอาร์จิลลิก (argillic) แคมบิก (cambic) อัลบิก (albic) หรือสปอดิก (spodic) แต่โดยทั่วไปจะพบอยู่ภายในชั้นดินล่างวินิจฉัยอาร์จิลลิกและอัลบิก (Soil Survey Staff, 2006) ปกติชั้นดานเปราะจะมีปริมาณอินทรียวัตถุและค่าความหนาแน่นรวมสูงกว่าชั้นดินที่อยู่ด้านบน แต่มีสภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวด้วยน้ำอยู่ในพิสัยต่ำถึงต่ำมาก ชั้นดานเปราะหลายบริเวณมีสีซีด ผิวหน้าในแนวดิ่งมักไม่เรียบ ชั้นดานเปราะเป็นชั้นที่ขนานกับผิวดิน และมักพบขอบเขตบนของชั้นดานเปราะอยู่ระหว่าง 50-100 เซนติเมตรจากผิวดิน เนื้อดินมักเป็นดินร่วนที่มีอนุภาคขนาดทรายแป้งและดินเหนียวอยู่ในปริมาณมาก และส่วนใหญ่มักพบชั้นดานเปราะในพื้นที่ที่มีพืชพรรณที่เป็นป่าธรรมชาติ (กลุ่มมาตรฐาน, 2544; Soil Survey Staff, 2006)

การจัดเรียงตัวของดินเหนียวทำให้ชั้นดานเปราะมีความหนาแน่นรวมที่สูงกว่าชั้นดินที่อยู่ด้านบน (Soil Survey Staff, 2006) ชั้นดานเปราะประกอบด้วยเม็ดควอตซ์ขนาดทราย และมีอนุภาคขนาดดินเหนียวเป็นสะพานเชื่อมระหว่างเม็ดทรายขนาดใหญ่ (Neyde *et al*., 2002) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Mullins (1989) ที่รายงานว่าวัสดุขนาดละเอียดจำพวกดินเหนียวและทรายแป้งจะทำให้ดินแข็งขึ้นเมื่อแห้ง โดยจะทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมระหว่างเม็ดทราย และผลการศึกษาของ Chen *et al*. (1980) พบว่า ชั้นดานเปราะมักจะเกิดขึ้นหลังจากมีการกร่อนดินเกิดขึ้นในบริเวณใกล้เคียง ในขณะที่การศึกษาของ West *et al*. (1990) และ Radchiff *et al*. (1991) พบว่าชั้นดานเปราะมักจะเกิดขึ้นในสภาพพื้นที่ที่เป็นแอ่งเล็กน้อย เนื่องจากพบว่ามีการทับถมของวัสดุขนาดเล็กโดยสะสมในลักษณะเป็นชั้นบาง (Bresson and Boiffin, 1990)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กระบวนการที่สำคัญของการเกิดชั้นดานเปราะคือ การอัดตัวกันโดยจะเกิดขึ้นเมื่อมีน้ำหนักกดทับบนผิวดินเพิ่มขึ้น โดยน้ำหนักกดทับจะส่งผ่านไปยังอนุภาคที่รับแรงทำให้เกิดการจัดเรียงตัวใหม่ของอนุภาคดินให้อยู่ติดกันและมีความแน่นมากขึ้น ดินที่อัดตัวกันแน่นมากจะมีปริมาณดินเหนียวน้อยเกินกว่าจะรวมกันเป็นเม็ดดินได้ ดังนั้นอนุภาคขนาดละเอียดจะถูกจัดเรียงอยู่แต่ในช่องว่างดินและช่องว่างระหว่างอนุภาคขนาดใหญ่ และการไหลซึมผ่านของน้ำจะพาบางส่วนของอนุภาคบนผิวดินเคลื่อนที่ลงมาสะสมในช่องว่างทำให้เกิดการอุดตันขึ้น บางบริเวณที่มีการสะสมอนุภาคละเอียดในชั้นดานเปราะอาจเกิดรอยแตกที่มาจากการยืด-หดตัวเล็กน้อยเมื่ออยู่ในสภาพเปียก-แห้งได้ โดยอนุภาคขนาดทรายละเอียดมาก ทรายแป้ง และดินเหนียวสามารถจะแทรกตัวเข้าไปอยู่ในระหว่างรอยแตกนี้ได้ในช่วงแห้ง หลังจากนั้นเมื่อชั้นดานเปราะกลับมาชื้นอีกครั้ง การขยายตัวจะเกิดได้น้อยลง และแรงของการขยายตัวจะช่วยให้วัสดุละเอียดเหล่านั้นแทรกตัวเข้าไปอยู่ในรอยแตกได้ลึกขึ้น ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการอัดตัวกันของอนุภาคดิน (Soil Survey Staff, 2006)

ชั้นดานเปราะจะเกิดการอัดตัวแน่นมากเมื่อแห้งทำให้แข็งขึ้นแต่การสะสมอนุภาคขนาดละเอียดอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะทำให้ชั้นดานมีลักษณะเปราะเมื่อชื้นได้ ความเปราะอาจเป็นผลมาจากพันธะเคมีของสารเชื่อมอย่างอ่อน ซึ่งมีได้หลายชนิด และลักษณะการเปราะตามธรรมชาติของชั้นดานเปราะทั่วไป ส่วนหนึ่งน่าจะมาจากการที่อนุภาคถูกเชื่อมโดยซิลิกา Norton *et al.* (1984) และ Franzmeier *et al.* (1996) เป็นไปในทำนองเดียวกับการศึกษาดินที่มีชั้นดานในประเทศออสเตรเลียของ Chartres (1990) and Norton (1994) ที่พบว่า การอัดตัวกันในชั้นดานเปราะอาจมีสาเหตุมาจากการเชื่อมตัวทางเคมีอย่างชั่วคราวของซิลิกาอสัณฐาน ซึ่งอยู่ในช่วงเปลี่ยนแปลง (intermediate) และอาจจะปะปนอยู่กับเหล็กออกไซด์

2.3 ชั้นดานไถพรวน (Plough pan หรือ Plow pan)

ชั้นดานไถพรวนเป็นชั้นดานเปราะประเภทหนึ่ง ซึ่งหมายถึง ชั้นดินแน่นทึบที่เกิดจากการไถพรวนเนื่องจากน้ำหนักล้อรถแทรกเตอร์ที่เคลื่อนที่ไปในร่องระหว่างการไถพรวน โดยไถที่ระดับความลึกเดียวกันตลอดทำให้ดินมีความหนาแน่นรวมสูง ทำให้เกิดการอัดตัวแน่นของชั้นดินล่าง ซึ่งมักเกิดขึ้นใต้ชั้นไถพรวน (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา, 2551; กลุ่มมาตรฐาน, 2544) โดยส่วนใหญ่ดินที่มีลักษณะนี้จะพบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกซึ่งเป็นพื้นที่ที่ใช้ผลิตพืชไร่ที่สำคัญ ได้แก่ มันสำปะหลังและอ้อย เนื่องจากมีการใช้เครื่องมือหนักในการเตรียมดิน โดยล้อของรถไถที่ปฏิบัติงานในไร่จะกดดินในระหว่างที่ปฏิบัติงานทำให้ดินบริเวณนั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เกิดการอัดตัวกันแน่นมากกว่าส่วนอื่น ๆ การอัดตัวจะเกิดขึ้นตั้งแต่ผิวดินจนถึงชั้นดินล่าง อย่างไรก็ตามดินที่อัดตัวกันอยู่ด้านบนจะถูกไถพรวนจึงร่วน แต่ดินที่อยู่ด้านล่างซึ่งลึกเกินกว่าที่ผาลไถจะปฏิบัติงานถึง จึงเป็นบริเวณที่เกิดชั้นดานไถพรวนขึ้น โดยมักพบที่ระดับความลึกประมาณ 30-50 เซนติเมตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548; Jorajuria and Draghi, 2000)

ปัจจุบันเกษตรกรมีการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยเฉพาะการไถพรวนเพื่อปลูกพืชอยู่ตลอดเวลาและมีการใช้ที่ดินในการเพาะปลูกอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการปรับปรุงบำรุงดินอย่างเหมาะสม การเตรียมดินโดยใช้เครื่องจักรกลขนาดใหญ่อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน เป็นสาเหตุให้ดินเกิดการอัดตัวแน่นหรือดินเกิดชั้นดานไถพรวนที่ความลึกประมาณ 30-50 เซนติเมตรจากผิวดิน (Buckingham, 1976) โดยสาเหตุมาจากล้อแทรกเตอร์ที่ปฏิบัติงานในไร่ได้กดอัดดินในระหว่างปฏิบัติงาน ทำให้ดินส่วนนั้นอัดตัวกันแน่นมากกว่าส่วนอื่น ๆ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) Sjoerd (2004) กล่าวว่า เครื่องจักรกลทางการเกษตรเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ดินเกิดความความแน่นทึบ โดยได้ทำการศึกษาน้ำหนักของล้อรถที่มีผลต่อการอัดแน่นของดิน พบว่า น้ำหนักของล้อรถที่มากกว่า 10 ตัน ส่งผลให้เกิดการอัดแน่นของที่ระดับความลึกประมาณ 38-76 เซนติเมตรในขณะที่น้ำหนักล้อที่น้อยกว่า 5 ตันจะทำให้เกิดการอัดแน่นของดินในระดับที่ตื้นกว่า โดยพบที่ความลึกประมาณ 30 เซนติเมตร

Tongglum *et al.* (2000) รายงานว่า เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในเขตจังหวัดนครราชสีมาและฉะเชิงเทรา ส่วนมากนิยมการเตรียมดินโดยการไถพรวนดินด้วยผาล 3 ตามด้วยผาล 7 และยกร่องปลูก ซึ่งจะช่วยให้ดินร่วนซุยปราศจากวัชพืชและง่ายต่อการปลูก แต่อย่างไรก็ตามผลของการเตรียมดินด้วยวิธีการดังกล่าวติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้ดินเกิดการอัดตัวแน่นหรือพบชั้นดานในดินที่ระดับความลึกประมาณ 20 เซนติเมตร ส่งผลให้การระบายน้ำเลวลง ขณะเดียวกันส่งเสริมให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าผิวดินและกร่อนดิน ทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังต่ำลง เนื่องจากการเจริญเติบโตของรากถูกจำกัด สอดคล้องกับการศึกษาของ Hakanssan *et al.* (1996) ได้รายงานว่าผลของการเตรียมดินด้วยการไถพรวนแบบปกติทุกปีเป็นเวลานานทำให้เกิดดินอัดตัวแน่นหรือเกิดชั้นดานที่ระดับความลึกประมาณ 20 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดินที่มีแนวโน้มที่จะเกิดชั้นดานไถพรวนส่วนใหญ่เป็นดินที่มีเนื้อดินอยู่ในกลุ่มเนื้อปานกลางถึงค่อนข้างหยาบ ได้แก่ ดินร่วนปนทรายแป้ง เนื่องจากจะประกอบไปด้วยอนุภาคขนาดทรายละเอียดหรือทรายแป้งในปริมาณสูง ซึ่งง่ายต่อการถูกอัดตัวโครงสร้างของดินถูกทำลายได้ง่าย เนื่องจากทนแรงกระทำจากการไถพรวน หรือการกดทับด้วยเครื่องจักรขนาดใหญ่ได้น้อย (Anusontpornperm *et al*., 2005; กรมพัฒนาที่ดิน, 2550; เอกราช, 2552; อรพิน, 2553)

3. การแจกกระจายของดินที่พบชั้นดานในประเทศไทย

ประเทศไทยมีพื้นที่ที่พบชั้นดานภายในความลึก 100 เซนติเมตร ทั้งหมดเท่ากับ 27,280,130 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.50 ของพื้นที่ทั้งประเทศ โดยดินเหล่านี้ส่วนใหญ่จะพบชั้นดานภายในความลึก 50 เซนติเมตร โดยภาคเหนือมีการแจกกระจายของชั้นดานในดินเท่ากับ 3,210,016 ไร่ หรือร้อยละ 1.00 ภาคกลางมีพื้นที่เท่ากับ 5,021,560 ไร่ หรือร้อยละ 1.56 ภาคตะวันออกมีพื้นที่เท่ากับ 3,797,545 ไร่ หรือร้อยละ 1.18 ภาคใต้มีพื้นที่เท่ากับ 2,514,962 ไร่ หรือร้อยละ 0.78 และภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีการแจกกระจายของชั้นดานมากที่สุดคิดเป็นพื้นที่ประมาณ 12.73 ล้านไร่ หรือ ร้อยละ 3.97 (ตารางที่ 1) ซึ่งส่วนใหญ่ที่พบเป็นชั้นดานไถพรวน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

Anusontpornperm *et al*. (2005) ทำการศึกษาดิน Typic Paleusults ภายใต้การปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จำนวน 9 บริเวณ พบว่า ดินทุกบริเวณพบชั้นดานไถพรวนที่ระดับความลึกประมาณ 30-50 เซนติเมตร โดยชั้นดานมีความหนาแน่นรวมสูงซึ่งสอดคล้องกับค่าสภาพการนำน้ำและความพรุนรวมที่ต่ำ ซึ่งแตกต่างอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับชั้นดินบนและชั้นดินด้านล่าง โดยในชั้นดานดังกล่าวมีค่าความหนาแน่นรวมเพิ่มขึ้นจาก 1.5 เป็น 1.8 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความพรุนรวมมีค่าลดลงอย่างชัดเจนจากร้อยละ 40 เป็น 33 เมื่อเปรียบเทียบกับชั้นดินตอนบน และค่าการนำน้ำเมื่อดินอิ่มตัวก็มีค่าลดลงอย่างชัดเจนโดยมีค่าน้อยกว่า 2 เซนติเมตรต่อชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าลักษณะดังกล่าวจะส่งเสริมให้เกิดการกร่อนดินได้ง่าย เนื่องจากน้ำไหลซึมลงในทางดิ่งได้ช้า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ เอกราช (2552) ที่พบว่า ดินชุดดินวาริน สตึก และยโสธร ที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมา พบชั้นดานไถพรวนที่ระดับความลึกในพิสัย 15-25 เซนติเมตรจากผิวดิน และมีความหนาของชั้นดานประมาณ 13-32 เซนติเมตร ซึ่งชั้นดานไถพรวนส่วนใหญ่มีค่าความหนาแน่นรวมสูงกว่า 1.6 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และในชุดดินยโสธรจะมีค่าความหนาแน่นรวมสูงที่สุดเท่ากับ 1.87 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนี้การศึกษาของ อรพิน (2553) รายงานว่า ดิน Ultic Haplustalfs, Typic Plinthustults, Typic Haplustults, Typic Paleustults ที่ปลูกมันสำปะหลังและอ้อย จำนวน 5 บริเวณ ในจังหวัดจังหวัดขอนแก่น พบชั้นดานไถพรวนที่ระดับความลึก 20-25 เซนติเมตร และมีความหนาของชั้นดานประมาณ 15-20 เซนติเมตร ชั้นดานไถพรวนภายใต้พืชทั้งสองชนิดมีสมบัติที่คล้ายคลึงกัน ได้แก่ ความหนาแน่นรวม ความแข็งของดิน และค่าสภาพนำน้ำขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำ แต่ความต้านทานในการแทงทะลุของดินในพื้นที่ปลูกอ้อยมีค่าต่ำกว่าในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ทั้งนี้เป็นผลมาจากการที่อ้อยมีเศษเหลือหลังจากการเก็บเกี่ยวมากกว่ามันสำปะหลัง จึงทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุมากกว่า ส่งเสริมให้โครงสร้างดินแข็งแรงมากกว่า จึงทนทานต่อการอัดแน่นของเครื่องจักรกลทางการเกษตรได้มากกว่า

ตารางที่ 1 การแจกกระจายของดินที่พบชั้นดานในประเทศไทย

ภาค	เนื้อที่		เนื้อที่รวม	สัดส่วนพื้นที่ดินที่พบชั้นดาน
	ภายใน 100 ซม.	ภายใน 50 ซม.		
	(----------ไร่----------)			(%)
ภาคกลาง	3,497,879	1,523,681	5,021,560	1.56
ภาคเหนือ	2,394,792	815,224	3,210,016	1.00
ภาคตะวันออก	3,034,034	763,511	3,793,545	1.18
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	11,040,937	1,695,110	12,736,047	3.97
ภาคใต้	1,331,670	1,183,292	2,514,962	0.78
รวม	21,299,312	5,980,818	27,280,130	8.50

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2548)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดินในบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทราย ฯ จังหวัดเพชรบุรี พบทั้งชั้นดานแข็งที่มีซิลิคอนเป็นสารเชื่อมซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มดินใหญ่ Durustepts และชั้นดานเปราะจัดอยู่ในกลุ่มดินย่อย Haplustalfs และ Haplustults โดยความลึกที่พบชั้นดานแตกต่างกันอยู่ในพิสัย 0-90 เซนติเมตร ซึ่งดินเหล่านี้มีการพัฒนามาจากตะกอนล้างผิวดิน วัสดุตกค้าง ตะกอนดาดเชิงเขา ตะกอนผสมระหว่างตะกอนดาดเชิงเขากับวัสดุตกค้าง และตะกอนน้ำพาท้องถิ่นที่พัฒนามาจากหินแกรนิตและควอร์ตไซต์ นอกจากนี้ยังพบคราบซิลิกา คราบดินเหนียว และคราบดินเหนียวผสมเหล็กเป็นสะพานเชื่อมระหว่างอนุภาค และบางบริเวณยังมีการสะสมเหล็กและแมงกานีสออกไซต์ ซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุให้ชั้นดินเหล่านี้เกิดการแข็งตัว ซึ่งชั้นดานมีความหนาแน่นรวมอยู่ในพิสัย 1.4-2.07 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สภาพการนำน้ำขณะอิ่มตัวอยู่ในพิสัย 0.78-15.80 เซนติเมตรต่อชั่วโมง และมีความแข็งอยู่ในพิสัย 8.06-80.6 เมกะพาสคาล โดยดินที่พบชั้นดานแข็งจะมีความหนาแน่นรวมและความแข็งสูงกว่า แต่มีสภาพการนำน้ำขณะอิ่มตัวต่ำกว่าดินที่พบชั้นดานเปราะ (นฤกมล, 2546)

4. ปัญหาของชั้นดานในดิน

ชั้นดานเป็นปัญหาที่สำคัญต่อการผลิตพืช โดยชั้นดานแข็งมีศักยภาพทางการเกษตรต่ำกว่าชั้นดานเปราะ (กลุ่มมาตรฐาน, 2544) การพบชั้นดานแข็งในดินมีผลต่อการใช้ดินอย่างมากเนื่องจากมีการเชื่อมตัวของอนุภาค ส่งผลให้พบชั้นที่แน่นทึบ และแข็ง ดังนั้นระดับความยากง่ายที่จะขจัดอิทธิพลของชั้นดานแข็งและการจัดการทางการเกษตรนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารเชื่อมและลักษณะของการเชื่อมในตัวดิน (นฤกมล, 2546)

ชั้นดานเปราะมีข้อจำกัดการใช้ประโยชน์และมีการจัดการเพื่อใช้ทางการเกษตรที่น้อยกว่าชั้นดานแข็ง เนื่องจากเปราะและแตกหักได้ง่ายเมื่อมีความชื้นในดินเพิ่มขึ้น ขณะที่ชั้นดานแข็งเปลี่ยนแปลงได้น้อยมาก ดังนั้นการควบคุมความชื้นในพื้นที่ดินที่มีชั้นดานเปราะให้เหมาะสม จะทำให้ชั้นดานเปราะในดินมีลักษณะแน่นทึบจะลดลงและหมดไปได้ในที่สุด (Albaladejo, 1990; Coelho *et al*., 2000) อย่างไรก็ตาม ระดับความรุนแรงของปัญหาขึ้นอยู่กับความลึกที่พบชั้นดานในดิน หากพบตื้นจะส่งผลเสียต่อพืชอย่างมากโดยเฉพาะภายใน 50 เซนติเมตร (กลุ่มมาตรฐาน, 2544) ดังนั้นความลึกของชั้นดานที่พบในดินจะมีผลต่อการเลือกใช้ที่ดินเพื่อการปลูกพืชเป็นอย่างมาก หากพบชั้นดานภายใน 50 เซนติเมตรจากผิวดิน บริเวณนี้ควรปลูกสร้างสวนป่า หรือสงวนไว้เป็นต้นน้ำลำธาร แต่ถ้าจำเป็นต้องทำการเกษตรแล้ว ควรปลูกพืชไร่ที่มีรากสั้นหรือทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ ถ้าจะปลูกไม้ผลไม้ยืนต้นต้องมีการปรับปรุงเฉพาะหลุม แต่ถ้าพบชั้นดานอยู่ระหว่างความลึก 50-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

100 เซนติเมตร จะมีผลต่อการปลูกพืชบ้างแต่ไม่มากนัก สามารถปลูกพืชไร่ ไม้ผล ไม้ยืนต้น แต่ต้องมีการจัดการที่ดีด้วยถ้าชั้นดานอยู่ลึกมากกว่า 100 เซนติเมตร ดินไม่มีข้อจำกัดใด ๆ ทั้งสิ้น สามารถปลูกพืชต่าง ๆ ได้ อาจพบปัญหาเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย (กลุ่มมาตรฐาน, 2544; กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

ดินที่มีชั้นดานมีสภาพไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากชั้นดานมีผลกับการกระจายของรากในหน้าตัดดิน โดยการเจริญทางดิ่งของรากจะช้า ระบบรากจะถูกยับยั้งให้อยู่เฉพาะบริเวณด้านบนของชั้นดาน (Bennie, 1991) รากพืชไม่สามารถแทงทะลุลงไปข้างล่างได้ ราก เจริญเติบโตได้น้อย รากพืชจะหดสั้นหรือม้วนกลับทำให้พืชดูดน้ำและธาตุอาหารได้น้อยลงเกิดอาการแคระแกร็น (ปรีชา, 2542) นอกจากนี้ การยับยั้งรากพืชจะมีผลรุนแรงถ้าผิวดินแห้งและปริมาณน้ำมีจำกัด เนื่องจากพืชไม่สามารถใช้น้ำและอาหารตั้งแต่ส่วนที่เป็นชั้นดานลงไปได้ (Voorhees, 1992) และเมื่อฝนทิ้งช่วง พืชจะแสดงอาการเหี่ยวเฉา เนื่องจากรากพืชไม่สามารถชอนไชผ่านชั้นดินดานลงไปด้านล่างเพื่อดูดน้ำและธาตุอาหารได้ ประกอบกับดินที่อยู่บริเวณเหนือชั้นดานไม่สามารถเก็บกักน้ำไว้ได้เพราะเกิดการสูญเสียน้ำจากดินได้ง่ายโดยการระเหย น้ำจากใต้ดินไม่สามารถเคลื่อนตัวตามท่อแคพิลลารีหรือระเหยผ่านชั้นดินดานขึ้นมาให้พืชใช้ได้ เพราะน้ำที่เคลื่อนตัวหรือระเหยขึ้นมาจากใต้ดินจะถูกจำกัดโดยชั้นดาน (Albaladejo, 1990)

ชั้นดานจำกัดการไหลซึมผ่านของน้ำและอากาศทำให้ดินมีความชื้นต่ำในฤดูแล้งและยังขัดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำและอากาศไปยังรากพืช (Coelho *et al*., 2000) ส่งผลให้น้ำที่มีประโยชน์ในดินลดลงตาม (Albaladejo, 1990; Boer, 1999) โดยมีรายงานที่พบว่าน้ำจะไหลซึมผ่านชั้นดานช้ากว่าชั้นดินปกติถึง 1000 เท่า (Singer, 1987) อาจทำให้เกิดชั้นน้ำใต้ดินชั่วคราวขึ้นในฤดูฝน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2551) โดยน้ำที่ขังอยู่จะทำให้พืชได้รับความเสียหายและตายในที่สุด (Singer, 1987) โดยเฉพาะพืชหัว เช่น มันสำปะหลัง โดยมีรายงานว่าหากมันสำปะหลังถูกน้ำท่วมขังเพียง 1 วัน จะส่งผลให้หัวมันเน่าได้ (Howeler, 1995) นอกจากนี้ ชั้นดานจะทำให้การไหลซึมผ่านของน้ำลดลง ส่งเสริมให้เกิดการไหลบ่าของน้ำที่ผิวดิน ทำให้เกิดการกร่อนดินรุนแรงโดยเฉพาะในบริเวณพื้นที่ที่มีความลาดชัน

ดินที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชจะมีความหนาแน่นรวมของดินประมาณ 1.3 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ถ้าความหนาแน่นรวมของดินเพิ่มขึ้น แสดงว่าดินนั้นมีการอัดตัวแน่นมากขึ้นหรือมีโครงสร้างน้อยลง อาจส่งผลต่อผลผลิตพืชให้ลดลงได้ Hassan *et al*. (2007) ทำการศึกษาผลของการอัดตัวแน่นของดินล่างที่มีต่อผลผลิตของข้าวฟ่างในประเทศปากีสถาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการทดลองพบว่า การอัดตัวแน่นของชั้นดินล่างจะเพิ่มมากตามจำนวนครั้งของรถไถที่วิ่งบดอัด โดยเมื่อใช้รถวิ่งผ่านจำนวน 6 ครั้ง จะทำให้ชั้นดินล่างมีความหนาแน่นรวมสูงสุดเท่ากับ 1.72 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขณะที่ความพรุนรวมของดินมีค่าลดลงจากร้อยละ 47.3 เมื่อไม่มีการใช้รถบดอัดเป็นร้อยละ 34.5 เมื่อมีการอัดบด 6 ครั้ง และผลผลิตของข้าวฟ่างลดลงเมื่อดินล่างมีความหนาแน่นรวมเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Ishaq *et al*. (2001) ที่รายงานว่าชั้นดินล่างที่อัดแน่นซึ่งมีความหนาแน่นรวมสูงถึง 1.93 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะส่งผลให้ข้าวฟ่างลดการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เช่นเดียวกันกับการทดลองของ ปรีชา (2542) ที่ทำการปลูกอ้อยบนดินชุดดินกำแพงแสนที่มีความหนาแน่นรวมเท่ากับ 1.3 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แต่เมื่อความหนาแน่นของดินเพิ่มขึ้นทุก ๆ 0.1 หน่วย จะทำให้ผลผลิตอ้อยลดลง 7 ตันต่อเฮกตาร์ หรือ 1.2 ตันต่อไร่

5. การแก้ไขปัญหาชั้นดานในดิน

แนวทางการแก้ไขชั้นดานไถพรวน ประกอบด้วยวิธีการเชิงกล ได้แก่ การไถลึกหรือการไถระเบิดดินล่างจะสามารถทำลายชั้นดานได้ แต่เป็นการแก้ไขได้เพียงช่วงเวลาสั้น ๆ อย่างไรก็ตามดินเหล่านั้นสามารถกลับมาอัดตัวแน่นเหมือนเดิม การใส่วัสดุปรับปรุงดิน โดยวัสดุที่ใช้ควรมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบหลัก เนื่องจากแคลเซียมเป็นแคตไอออนที่มีอำนาจในการแทนที่สูง ส่งผลให้อนุภาคเกิดการรวมตัวกัน ส่งเสริมโครงสร้างดินดีขึ้น ความหนาแน่นรวมลดลง ความพรุนรวมและความคงทนของเม็ดดินเพิ่มขึ้น ดินจะมีการซาบซึมดีขึ้นทำให้น้ำสามารถเคลื่อนที่ลงไปในยังดินล่างได้ง่ายขึ้น และจากการที่ช่องว่างมีความเสถียรมากขึ้น ก็จะส่งผลให้รากพืชแทงลงไปในดินได้ลึก (Brady and Weil, 2008) และวิธีการทางชีวภาพ เช่น การใช้พืชรากลึกในการทำลายชั้นดาน

วิธีเชิงกลโดยทั่วไปนิยมใช้ไถดินดาน (Subsoiler) ไถลึก (Ripper) ไถสิ่ว (Chisel) ซึ่งติดตั้งไว้กับรถแทรกเตอร์ใช้สำหรับระเบิดชั้นดินดานหรือดินชั้นล่างที่อุปกรณ์ไถทั่วไปทำงานไม่ถึง เป็นการไถเพื่อทำให้ชั้นดินดานแตกตัวไม่อัดแน่นเป็นชั้นแข็ง หน้าดินจะต้องไม่ถูกรบกวน และดินชั้นล่างจะต้องไม่ม้วนตัวขึ้นมาปนกับหน้าดิน เมื่อชั้นดินดานถูกทำลายน้ำฝนก็จะซึมลงใต้ดิน เก็บไว้ใช้ในฤดูแล้ง ซึ่งเป็นการเพิ่มความชุ่มชื้นให้แก่ดิน (Buckingham, 1976) Adawi-Al and Reeder (1996) รายงานว่าการอัดแน่นของดินนั้นเกิดได้ทั้งชั้นไถพรวนและชั้นที่ลึกกว่าชั้นไถพรวน โดยในชั้นไถพรวนนั้นการอัดแน่นของดินจะถูกบรรเทาโดยการไถพรวนในฤดูการเพาะปลูกถัดไป แต่การอัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แน่นของดินในชั้นที่ลึกกว่าที่เรียกว่าชั้นดานนั้นจะต้องใช้ไถระเบิดดินดานเพื่อปรับสภาพโครงสร้างของดินที่แน่นทึบ โดยทั่วไปควรดำเนินการในขณะที่ดินแห้งมาก ๆ เพื่อที่จะทำลายชั้นดานดังกล่าวโดยสมบูรณ์ (สัมฤทธิ์, 2553) อย่างไรก็ตาม ดินเหล่านั้นสามารถกลับมาอัดตัวแน่นเหมือนเดิมดังที่พบในการศึกษาของ Raper *et al*. (1998) ที่รายงานว่าการใช้รูปแบบการไถพรวนที่แตกต่างกัน ได้แก่ ไถพรวนดินบนร่วมกับการไถระเบิดชั้นดานแล้วปลูกพืช ไถพรวนดินบนเพียงอย่างเดียวแล้วปลูกพืช ไถระเบิดชั้นดานเพียงอย่างเดียวแล้วปลูกพืช จากนั้นนำรถเข้าไปบดอัดทับในพื้นที่เดิมอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งพบว่าค่าความอัดแน่นของดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าดินเหล่านั้นสามารถกลับมาอัดตัวแน่นเหมือนเดิม

Hamza and Anderson (2003) ได้ทำการศึกษาวิธีการในการแก้ไขดินที่มีการอัดแน่นในระบบการปลูกพืชไร่ พบว่า การเตรียมดินด้วยวิธีที่มีการไถระเบิดดินล่างที่ระดับความลึก 40 เซนติเมตร ร่วมกับการใช้ยิปซัมอัตรา 2.5 ตันต่อเฮกตาร์ จะทำให้อัตราการซาบซึมน้ำของดินเร็วที่สุด (23.5 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง) เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ใส่ยิปซัมอย่างเดียว หรือการไถระเบิดดินล่างเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังมีรายงานที่แสดงว่าการใช้วิธีไถระเบิดดินล่างร่วมกับการใช้ยิปซัมสามารถช่วยให้ความแข็งของดินลดลงและความสามารถในการซึมผ่านของน้ำของดินเพิ่มขึ้น (Clark and Humphreys, 1996; Bateman and Chanasyk, 2001) Motavalli *et al*. (2003) รายงานว่าการอัดแน่นโดยใช้รถวิ่งผ่านจะส่งเสริมให้ดินล่างเกิดการอัดแน่นโดยเฉพาะในช่วงความลึก 10-20 เซนติเมตร ซึ่งชั้นดินอัดแน่นเหล่านี้สามารถจำกัดการเคลื่อนที่ของน้ำได้ ส่งผลให้ความชื้นในชั้นนี้ที่มีปริมาณค่อนข้างต่ำกว่าดินล่าง และในปีถัดมาการไถลึกจะลดความหนาแน่นรวมของดินลงอย่างชัดเจนและยังช่วยเพิ่มปริมาณความชื้นในดิน

Orellana *et al*. (1990) ได้ศึกษาการไถพรวนต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองที่ปลูกบนดิน Udic Fluventic Ustochrept ซึ่งมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายและมีชั้นอัดแน่นในดินล่าง ในประเทศโบลิเวีย พบว่า การไถระเบิดดินล่างจะช่วยเพิ่มผลผลิต จำนวนพืชต่อพื้นที่ จำนวนฝัก และ น้ำหนักเมล็ด 100 เมล็ด โดยการไถระเบิดดินล่างทุกปีจะให้ผลผลิตสูงที่สุด และการไม่ไถระเบิดดินล่างจะให้ผลผลิตถั่วเหลืองต่ำที่สุด เท่ากับ 2.73 และ 1.63 เมกะกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Barbosa *et al*. (1989) พบว่า การใช้ไถจาน การไถระเบิดดาน และการไถระเบิดดานร่วมกับควบคุมการอัดแน่นในดิน Udic Fluventic Ustochrept ที่ประเทศโบลิเวีย มีแนวโน้มให้ความหนาแน่นของดินต่ำกว่า ความพรุนรวมสูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการไถพรวนปกติ ซึ่งสอดคล้องกับความยาวของรากถั่วเหลืองที่แทงลงไปในดินได้ลึกถึงประมาณ 30 เซนติเมตรเมื่อทำการไถระเบิดดาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในขณะที่รากถั่วเหลืองภายใต้การไถพรวนปกติจะลึกเพียง 24 เซนติเมตร การทดลองในปีต่อมาโดย Botta *et al*. (2005) พบว่าการไถระเบิดดินล่างในดิน Entic Haplustoll ที่ประเทศอาร์เจนตินา จะช่วยส่งเสริมการแจกกระจายของรากทานตะวัน และเพิ่มความชื้นในดินได้ดีกว่าการใช้ไถสิ่ว และการไม่มีการไถพรวน

ประภาส และคณะ (2550) ได้ทำการศึกษาผลของยิปซัม ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยเคมีที่มีต่อผลผลิตหัวสด และปริมาณแป้งในหัวสดของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 และพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝนในดินร่วนปนทราย ได้แก่ ดินชุดวาริน และชุดดินมาบบอน ที่ชั้นดินล่างมีความแน่นทึบ พบว่า การใส่ยิปซัม ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยเคมีอัตราต่าง ๆ นั้นมีผลทำให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นประมาณร้อยละ 13 ถึง 45 ตามลำดับ โดยการใส่ยิปซัมอัตรา 250 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 7.2 ตันต่อไร่ ในขณะที่ สัมฤทธิ์ (2553) ทำการศึกษาวิธีการที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาชั้นดานที่พบในดิน Typic Paleustult สำหรับการปลูกมันสำปะหลัง โดยดินดังกล่าวพบชั้นดานไถพรวนที่ความลึกประมาณ 20 เซนติเมตรจากผิวดิน พบว่า การใช้ไถระเบิดดานมีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวมันสดสูงกว่าการไม่ใช้ไถระเบิดดาน แต่กลับทำให้ร้อยละการสะสมแป้งต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การใส่มูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่จะให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใช้ไถระเบิดดานและวัสดุปรับปรุงดินต่อผลผลิตหัวมันสด อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ไม่สามารถแก้ไขปัญหาชั้นดานไถพรวนในดินนี้ได้โดยสมบูรณ์ เนื่องจากผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพแสดงให้เห็นว่าดินยังคงมีการอัดตัวแน่นอยู่ โดยการใส่มูลไก่ถึงแม้ว่าจะไม่มีความชัดเจนนักในการปรับปรุงโครงสร้างดิน แต่ก็จะช่วยเพิ่มธาตุอาหารพืชในดิน และลดความเป็นกรด ซึ่งในกรณีหลังมีความเป็นไปได้ว่า มีผลทำให้พืชลดการสะสมแมงกานีสในใบ ดังนั้น จึงส่งผลให้มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อพิจารณาจากผลผลิตหัวมันสด ส่วนในกรณีของการใส่หินฝุ่นอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่มีแนวโน้มว่าจะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงโครงสร้างของดินได้ดีกว่ามูลไก่ และยิปซัม

Viator *et al.* (2002) ศึกษาผลของการใส่ยิปซัมอัตราต่าง ๆ และวิธีการใส่ปุ๋ยหมักต่อการเจริญเติบโตของรากอ้อย และผลผลิตที่ปลูกในดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง พบว่า การใส่ยิปซัมอัตราต่าง ๆ โดยการผสมลงไปในแถวที่ทำการปลูกอ้อยไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของราก และการใส่ยิปซัมในอัตราสูงมีแนวโน้มให้ความยาวของรากสั้นลงใกล้เคียงกับการไม่ใส่ยิปซัม สำหรับการใส่ปุ๋ยหมักส่งผลให้พื้นที่ผิวของรากลดลง ทั้งการใส่แบบใส่ในชั้นดินล่างและในแถวที่ปลูก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แต่อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยหมักไม่มีผลต่อความยาวและความกว้างของราก แต่การใส่แบบใส่ในชั้นดินล่างจะส่งผลให้รากอ้อยมีความยาวมากที่สุด การศึกษาของ Ahmad *et al.* (2009) ที่ศึกษาถึงผลของการไถลึกและวัสดุปรับปรุงดินต่อการแก้ไขดินอัดแน่น และผลผลิตข้าวฟ่างที่ปลูกบนดิน Vertic Ochraqualfs ประเทศปากีสถาน พบว่า การไถลึก หรือการไถลึกร่วมกับการใส่วัสดุปรับปรุงดินมีแนวโน้มให้ความหนาแน่นรวมลดลง และความพรุนรวมเพิ่มขึ้นจากแปลงควบคุม โดยพบว่าการไถลึกร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอกและยิปซัมมีแนวโน้มที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ไขปัญหาการอัดแน่นของดิน และส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (467.6 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงควบคุมที่ได้ผลผลิตเท่ากับ 340.3 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์)

พื้นที่บริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทราย อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี ดินส่วนใหญ่เป็นดินทรายที่พบชั้นดานแข็งในระดับต่าง ๆ ซึ่งเป็นปัญหาต่อการเจริญเติบโตของพืช กรมพัฒนาที่ดิน (2548) ได้ทำการทดลองใช้หญ้าแฝกเพื่อทำลายชั้นดาน พบว่า รากหญ้าแฝกสามารถหยั่งลึกลงไปในชั้นดานทำให้ดินแตกร่วนขึ้น หน้าดินมีความชื้นมากขึ้น และแฝกยังช่วยดักตะกอนที่ไหลลงมาเป็นการสร้างชั้นดินให้หนาขึ้น และยังช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุสูง โดยหลังจากปลูกไปได้ 2 ปี สามารถที่จะปลูกไม้ผลชนิดต่าง ๆ ระหว่างแถวแฝกได้ดี เช่น กล้วย มะม่วง ลำไย ฝรั่ง ชมพู่ เป็นต้น

Miransari *et al.* (2007) ได้ทำการศึกษาในประเทศอิหร่านถึงประสิทธิภาพของไมโครไรซ่า 3 สายพันธุ์ ได้แก่ เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซ่าจากอิหร่าน 2 สายพันธุ์ และจากแคนนาดา 1 สายพันธุ์ ต่อข้าวโพดที่ปลูกบนดิน Xeric Haplocalcids ที่มีชั้นดินล่างอัดแน่น 3 ระดับ โดยชั้นดังกล่าวมีความหนาแน่นรวมเท่ากับ 1.2, 1.3, 1.4 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการใส่ไมโครไรซ่าทั้ง 3 สายพันธุ์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดที่ปลูกบนดินที่มีการอัดแน่นทั้งสามระดับ อย่างไรก็ตาม การใส่ไมโครไรซ่ามีแนวโน้มให้ความสูงของต้นข้าวโพด ความยาวรากสูงกว่า และน้ำหนักรากมากกว่าการไม่ใส่ไมโครไรซ่าในดินที่มีการอัดแน่นทั้งสามระดับ การทดลองในปีต่อมา Miransari *et al.* (2008) ได้ทำการศึกษาเพิ่มในกรณีของข้าวฟ่าง พบว่า การไม่ใส่ไมโครไรซ่าจะให้ผลผลิตข้าวฟ่างต่ำที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 0.52 กรัมต่อกระถาง ซึ่งแตกต่างจากการไมโครไรซ่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และไมโครไรซ่าสายพันธุ์โกลมัสโมเซอิจากประเทศแคนนาดา มีประสิทธิภาพในแก้ไขชั้นดินอัดแน่นได้ดีกว่าไมโครไรซ่าอีกสองสายพันธุ์ เนื่องจากมีแนวโน้มให้ผลผลิตข้าวฟ่างเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 0.94 กรัมต่อกระถาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. มันสำปะหลัง

มันสำปะหลังมีชื่อสามัญหลายชื่อด้วยกัน ได้แก่ cassava, yucca, mandioca, manioc, madioc และtapioca มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Manihot esculenta* Crantz. จัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae มันสำปะหลังได้แพร่กระจายมายังประเทศไทยทางภาคใต้ราว พ.ศ. 2329 ต่อมาได้มีการปลูกมันสำปะหลังในเขตภาคตะวันออก คือจังหวัดระยอง และจังหวัดใกล้เคียง เนื่องจากความต้องการของตลาดในด้านผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเพื่อใช้ในการเลี้ยงสัตว์และอุตสาหกรรมมีเพิ่มมากขึ้น ทำให้ผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงมีการขยายพื้นที่ปลูกไปยังจังหวัดอื่น ๆ โดยเฉพาะทางด้านภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จนในปัจจุบันภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกมากที่สุดของประเทศ (จรุงสิทธิ์ และอัจฉรา, 2537) มันสำปะหลังเป็นพืชทนแล้งได้ดี หลังจากปลูกและเมื่อต้นมันสำปะหลังตั้งตัวได้แล้ว แม้จะขาดฝนเป็นระยะเวลานานติดต่อกัน 3-4 เดือน ก็ยังสามารถทนอยู่ได้โดยไม่ตาย มันสำปะหลังจึงเป็นพืชที่สำคัญในเขตที่มีฤดูแล้งยาวนานถึง 6 เดือนต่อปี ทั้งนี้ต้องเป็นบริเวณที่มีฝนตกไม่ต่ำกว่า 600 มิลลิเมตรต่อปี (เจริญศักดิ์, 2532)

6.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

มันสำปะหลังมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ที่สำคัญ (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2537) ดังนี้

มันสำปะหลังเป็นไม้พุ่ม ลักษณะลำต้นแตกต่างกันออกไปตามพันธุ์ บางพันธุ์ลำต้นเป็นต้นเดียวไม่มีการแตกกิ่ง บางพันธุ์แตกกิ่งมากและแตกหลายระดับจนเป็นพุ่มเตี้ย ความสูงของลำต้นจะสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับการแตกกิ่ง ใบเป็นแบบใบเดี่ยว แผ่นใบจะเว้าเป็นแฉก ๆ มีรูปร่างและจำนวนแฉกแตกต่างกันไปตามพันธุ์ โดยปกติใบหนึ่ง ๆ จะประกอบด้วย 3-9 แฉก และลักษณะรูปทรงของแฉกจะแตกต่างกันไป เช่น เรียวยาว ป้อมสั้น หรือป้อมบางส่วน ซึ่งเป็นลักษณะประจำที่ค่อนข้างจะคงที่ของแต่ละพันธุ์ บริเวณยอดจะมีใบอ่อนที่ยังไม่คลี่หุ้มอยู่ ใบอ่อนจะมีสีแตกต่างกันไปตามพันธุ์ เช่น ม่วงอ่อน เขียวอ่อน เขียวเข้ม เป็นต้น

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปกติ มันสำปะหลังต้นหนึ่งจะเกิดหัวไม่มากกว่า 10 หัว รากที่ไม่ได้สะสมแป้งก็เป็นรากธรรมดา ส่วนของหัวมันจะเป็นที่สะสมแป้งเท่านั้นไม่มีตา ส่วนของเนื้อหัวประกอบไปด้วยแป้งร้อยละ 20-40 ที่เหลือคือน้ำ หัวหนึ่ง ๆ อาจมีน้ำหนักมากกว่า 10 กิโลกรัมก็ได้ ขึ้นอยู่กับพันธุ์ อายุ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน สภาพอากาศ และระยะปลูก

มันสำปะหลังประกอบด้วยดอกตัวผู้และดอกตัวเมียที่แยกกันอยู่แต่ละดอกบนช่อเดียวกัน ดอกตัวผู้มีขนาดเล็กกว่าอยู่ตรงส่วนปลายของช่อ ส่วนดอกตัวเมียขนาดใหญ่กว่าอยู่ส่วนโคนของช่อดอก ดอกตัวเมียพร้อมผสมและบานก่อนดอกตัวผู้ประมาณ 7-10 วัน จึงเป็นการผสมข้ามต้น หลังจากดอกตัวเมียได้รับการผสมจากละอองเกสรตัวผู้แล้ว รังไข่จะเจริญเติบโตเป็นผล ผลโตเต็มที่จะมีขนาดประมาณ 1.5 เซนติเมตร ภายในผลจะประกอบด้วยเมล็ดจำนวน 3 เมล็ด ผลจะแก่หลังผสมแล้ว 90 วัน เมื่อผลแก่เปลือกจะแยกออกแล้วแตกดีดเมล็ดกระจายไป

การปลูกมันสำปะหลังเป็นการค้าไม่นิยมปลูกด้วยเมล็ด เพราะแต่ละเมล็ดมีความแตกต่างกันทางด้านพันธุกรรม จึงไม่มีความสม่ำเสมอ ผิดกับการปลูกด้วยท่อนพันธุ์ซึ่งมีพันธุกรรมเหมือนกันหมด จึงมีความสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามการปลูกด้วยเมล็ดจะทำเฉพาะเพื่อสร้างพันธุ์ใหม่หรือปรับปรุงพันธุ์เท่านั้น (เจริญศักดิ์, 2546)

6.2 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถปลูกและขึ้นได้ดีในดินแทบทุกชนิดและในทุกภาคของประเทศ ตั้งแต่เนื้อดินหยาบจนถึงที่มีเนื้อเป็นดินเหนียว ค่าพีเอชดินตั้งแต่เป็นกรดรุนแรงมากถึงเป็นด่างปานกลาง (พีเอช 4.5-8.0) และในดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำจนถึงสูง แต่ดินที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลังนั้น ควรมีค่าพีเอชอยู่ในพิสัย 5.0-7.0 ดินมีความลึกตั้งแต่ 50 เซนติเมตรขึ้นไป เป็นดินที่มีเนื้อค่อนข้างหยาบ ตั้งแต่ดินร่วนปนทรายจนถึงดินร่วนเหนียวปนทราย เพราะสามารถระบายน้ำได้ดี (กรมวิชาการเกษตร, 2547) รวมถึงพื้นที่เป็นดินทรายหรือดินร่วนปนทรายมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (Nakviroj *et al*., 2002)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การปลูกมันสำปะหลังในบริเวณที่มีน้ำขังหรือบริเวณที่มีฝนชุกเกินไปมีแนวโน้มทำให้เกิดโรครากหรือหัวเน่า (root and tuber rot diseases) ซึ่งเป็นโรคที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากทำให้เกิดการสูญเสียผลผลิตโดยตรง และยังสามารถพบในพื้นที่ที่เคยปลูกกาแฟ ยาง หรือป่าไม้ ในบางครั้งสามารถพบได้ในบริเวณที่มีการกร่อนดินอย่างรุนแรง โรคนี้สามารถเกิดได้ทั้งระยะต้นกล้าและระยะที่ลงหัวแล้ว โดยเกิดจากเชื้อสาเหตุหลายชนิด ได้แก่ *Phytomonas* spp., *Fusarium* spp. *Diplodia* spp. และ *Phytophthora* spp. ลักษณะอาการ ถ้าเกิดขณะที่ต้นมันสำปะหลังยังเล็กอยู่จะทำให้รากเป็นรอยช้ำสีน้ำตาลและเน่า ต้นจะเหี่ยวเฉา ถ้าเกิดกับหัวมันสำปะหลังจะทำให้หัวเน่าอย่างรวดเร็ว และมีกลิ่นเหม็น ใบเหี่ยวและร่วง ถ้าเกิดรุนแรงต้นจะตาย (อรุณี, 2547)

7. ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

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 ของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (สภาอุตสาหกรรมจังหวัด, 2552) มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียง ดังนี้

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7.1 ลักษณะภูมิประเทศ

สภาพภูมิประเทศของจังหวัดมีทั้งที่เป็นภูเขาสูง ที่ราบลุ่ม พื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดและพื้นที่ลูกคลื่นลอนชัน ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 บริเวณ คือ

1) บริเวณเทือกเขาและที่สูงทางตอนใต้ของจังหวัดมีความสูงจากระดับทะเลปานกลางมากกว่า 250 เมตร ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ของอำเภอปากช่อง อำเภอปักธงชัย อำเภอวังน้ำเขียว อำเภอครบุรีและอำเภอเสิงสาง เทือกเขานี้เป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำลำธารหลายสายที่ไหลไปทางตะวันออกของภาค ได้แก่ แม่น้ำมูล ลำแชะ ลำพระเพลิง และลำปลายมาศ พื้นที่ระหว่างเทือกเขาส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนชันและลูกคลื่นลอนลาด ตอนล่างของหุบเขามีความลาดชันค่อนข้างมาก ทำให้มีการกร่อนของหน้าดินในบริเวณนี้ค่อนข้างสูง

2) บริเวณที่สูงทางตอนกลางของจังหวัดมีความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 200-250 เมตร อยู่ในเขตอำเภอด่านขุนทด สีคิ้ว เทพารักษ์ พระทองคำ ตอนล่างของอำเภอโนนไทย ขามทะเลสอ เมืองสูงเนิน ตอนบนของอำเภอ ปักธงชัย ครบุรี โชคชัย หนองบุญมาก จักราช และเสิงสาง ลักษณะพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นลูกคลื่นลอนลาดยกเว้นบริเวณใกล้เชิงเขาที่มีลักษณะเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนชัน พื้นที่บางส่วนเป็นที่ราบลุ่มริมฝั่งแม่น้ำ ซึ่งไหลผ่านหลายสาย ได้แก่ ลำแชะ ลำพระเพลิง ลำตะคอง และแม่น้ำมูล

3) พื้นที่ลูกคลื่นทางตอนเหนือของจังหวัดมีความสูงจากระดับทะเลปานกลางประมาณ 200 เมตร อยู่ในเขตอำเภอขามสะแกแสง ตอนบนของอำเภอโนนไทย คง ทางทิศตะวันตกของอำเภอบัวใหญ่ บ้านเหลื่อม ห้วยแถลง ชุมพวง และอำเภอลำทะเมนชัย มีลักษณะเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดที่สูงสลับที่นา บางตอนเป็นพื้นที่ราบลุ่มบริเวณริมฝั่งแม่น้ำลำเชียงไกร และลำปลายมาศ

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

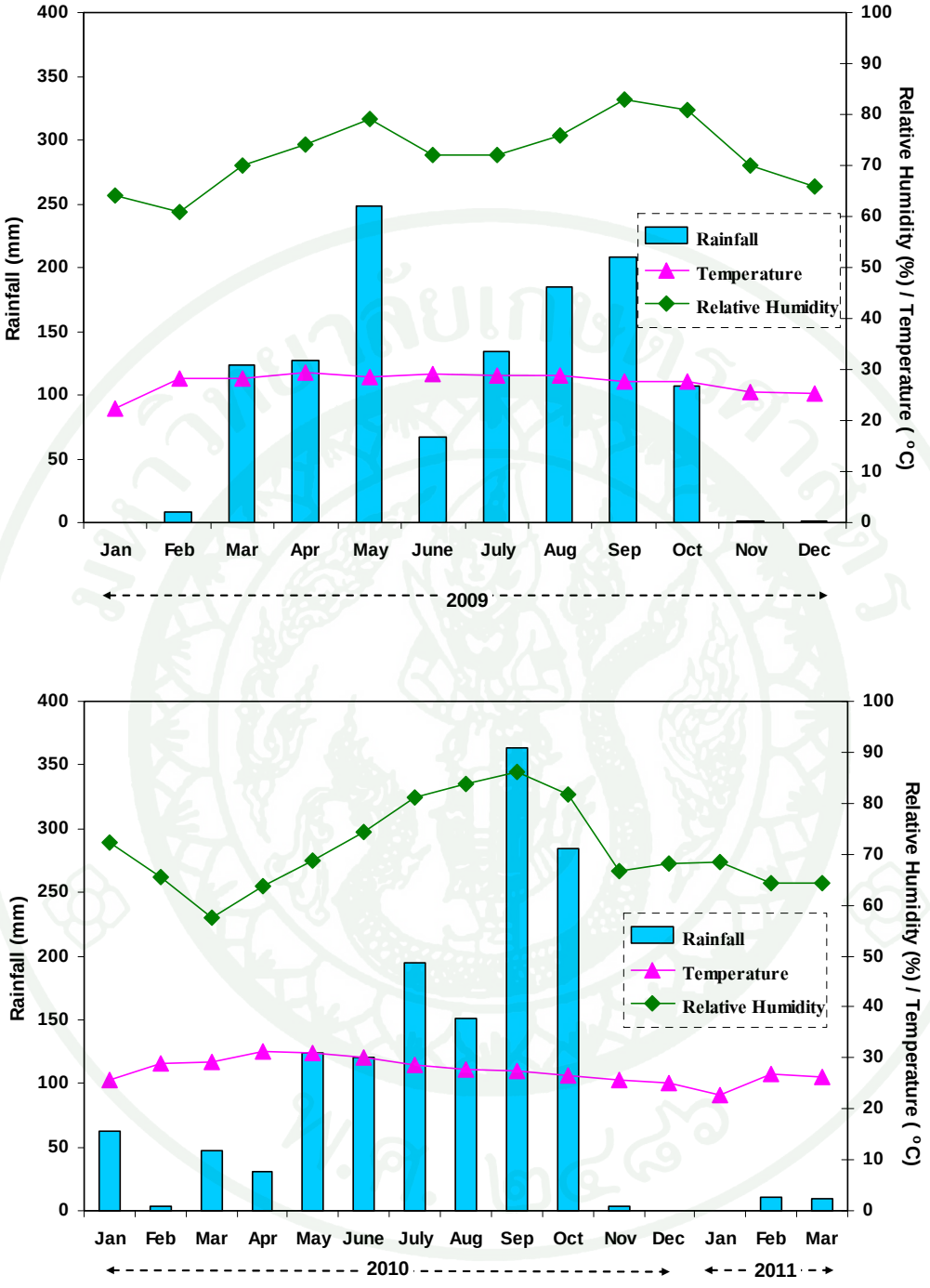
7.2 ลักษณะภูมิอากาศ

ลักษณะอากาศทั่วไปของจังหวัดนครราชสีมาอยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุม 2 ชนิด คือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เริ่มตั้งแต่ประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์) มรสุมนี้มีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกเหนือแถบประเทศมองโกเลียและจีน ซึ่งพัดพาเอามวลอากาศเย็นและแห้งจากแหล่งกำเนิดเข้ามาปกคลุมประเทศไทย ทำให้บริเวณจังหวัดนครราชสีมาประสบกับภาวะอากาศหนาวเย็นและแห้งแล้งโดยทั่วไป ส่วนมรสุมอีกชนิดหนึ่งคือ มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม) มรสุมนี้มีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกใต้ บริเวณมหาสมุทรอินเดีย ซึ่งพัดออกจากศูนย์กลางเป็นลมตะวันออกเฉียงใต้และเปลี่ยนเป็นลมตะวันตกเฉียงใต้ เมื่อพัดข้ามเส้นศูนย์สูตร พัดพาเอามวลอากาศชื้นจากมหาสมุทรอินเดียมาสู่ประเทศไทย ทำให้บริเวณจังหวัดนครราชสีมา มีเมฆมากและฝนตกชุก

ในช่วงระยะเวลาของการทดลองในปี 2552-2554 จากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา (2554) รายงานว่าในปี 2552 จังหวัดนครราชสีมามีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.5 องศาเซลเซียสต่อปี ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 72.3 ต่อปี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1212.5 มิลลิเมตรต่อปี โดยฝนตกมากที่สุดในเดือนพฤษภาคม 248.8 มิลลิเมตร รองลงมาได้แก่ เดือนกันยายนและกรกฎาคมโดยมีฝนตกเท่ากับ 208.2 และ 134.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ และเดือนมกราคมเป็นเดือนที่ไม่มีฝนตกเลย (ภาพที่ 1 และตารางผนวกที่ 10)

สำหรับปี 2553 จังหวัดนครราชสีมามีอุณหภูมิเฉลี่ย 28.1 องศาเซลเซียสต่อปี ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 72.4 ต่อปี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,386 มิลลิเมตรต่อปี โดยฝนตกมากที่สุดในเดือนกันยายนเท่ากับ 364 มิลลิเมตร รองลงมาได้แก่ เดือนตุลาคมและกรกฎาคมโดยมีปริมาณฝนตกเท่ากับ 285 และ 194 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนเดือนธันวาคม ปี 2553 และ มกราคมปี 2554 เป็นเดือนที่ไม่มีฝนตก (ภาพที่ 1 และตารางผนวกที่ 11)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 การแจกกระจายของปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัดนครราชสีมา ปี 2552-2554

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา (2554)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องจักรกลทางการเกษตร ได้แก่ รถแทรกเตอร์ที่ติดตั้งไถระเบิดดินดาน (ริปเปอร์แบบ 3 ขา) ไถจานผาล 3 (disk plow) และ ไถจานผาล 7 (disk harrow)

2. พืชที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80

มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์ระยอง 5 กับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 เป็นพันธุ์ที่มีแป้งเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 27.3 ซึ่งสูงกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และพันธุ์ห้วยบง 60 ส่วนผลผลิตหัวสดใกล้เคียงกับพันธุ์ห้วยบง 60 แต่สูงกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50ลักษณะประจำพันธุ์จะมีทรงต้นสูงและแตกกิ่งน้อย สะดวกต่อการเก็บเกี่ยวและขนส่งท่อนพันธุ์ สามารถนำไปปลูกโดยใช้ระยะปลูกถี่ได้ ยอดมีสีเขียวอ่อน เปลือกนอกของหัวมีสีน้ำตาลอ่อน ผลผลิตตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมได้สูง (มูลนิธิพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2552)

3. วัสดุปรับปรุงดินประกอบด้วยมูลไก่แกลบ ยิปซัม และหินฝุ่น

ยิปซัมและหินฝุ่นมีองค์ประกอบที่คล้ายคลึงกันโดยมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบหลัก ยิปซัม และหินฝุ่น มีแคลเซียมอยู่ร้อยละ 43.50 และ 48.02 ตามลำดับ และมีธาตุอื่น ๆ เพียงเล็กน้อย ส่วนมูลไก่ได้เลือกใช้มูลไก่แกลบ จึงมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงเท่ากับร้อยละ 40.6 และ มีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงเท่ากับ 65.08 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ดังแสดงในตารางที่ 2 อย่างไรก็ตาม มูลไก่มีธาตุอาหารพืชหลายชนิดมากกว่ายิปซัม และหินฝุ่น แต่กลับมีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำกว่ามูลไก่ที่เคยมีรายงานมาก่อนหน้านี้ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551: Dinkinya and Mufwanzala, 2010)

4. ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15

5. สารเคมีกำจัดวัชพืช ได้แก่ สารชุบท่อนพันธ์ไทอะมิโธแซม เพื่อป้องกันเพลี้ยแป้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 ปริมาณธาตุอาหารและสมบัติของวัสดุปรับปรุงดินที่ใช้ในการทดลอง

Properties	Gypsum	Limestone dust	Chicken manure
pH	7.5	8.9	7
EC_e (dS m^{-1})	2.76	0.07	1.5
OM (%)	1.34	0.10	40.60
CEC (cmol kg^{-1})	nd	nd	65.08
Total N (%)	nd	nd	4.69
Total P (%)	0.22	0.37	0.76
Total K (%)	nd	0.03	1.76
Total Ca (%)	43.50	48.02	2.62
Total Mg (%)	0.06	5.36	0.32
Total Na (%)	0.01	0.25	1.14
Total S (%)	39.85	0.09	nd
Total Fe (mg kg^{-1})	0.20	0.41	250
Total Zn (mg kg^{-1})	91	170	470
Total Cu (mg kg^{-1})	134	217	4.0
Total Mn (mg kg^{-1})	155	222	470

Remark nd = not determined

6. อุปกรณ์ในการจัดทำแปลงทดลอง เก็บตัวอย่างดิน และเครื่องมือการสำรวจดินภาคสนาม

7. อุปกรณ์ เครื่องมือ และเคมีภัณฑ์ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืชในห้องปฏิบัติการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

1. การคัดเลือกพื้นที่

ออกสำรวจภาคสนามเพื่อทำการคัดเลือกพื้นที่ศึกษาที่เป็นพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง โดยใช้เครื่องวัดความต้านทานการแทงทะลุของดิน (penetrometer) ในการสำรวจ โดยพื้นที่ที่เป็นตัวแทนจะมีค่าแรงต้านทานการแทงทะลุของชั้นดินล่างสูงกว่า 2 เมกะปาสคาล ภายในความลึก 50 เซนติเมตรจากผิวดิน แสดงให้เห็นว่าบริเวณเหล่านี้มีแนวโน้มพบชั้นดานในดิน

พื้นที่ศึกษาเป็นบริเวณชุดดินวาริน (กองสำรวจ, 2553) ซึ่งเป็นแปลงเกษตรกรในตำบลกฤษณา อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา และพบชั้นดานไถพรวนที่ความลึกประมาณ 20 เซนติเมตรจากผิวดิน

2. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ split-plot in randomized complete block จำนวน 4 ซ้ำโดยแปลงหลัก (main plot) ประกอบด้วยการไถระเบิดดานโดยใช้ริปเปอร์ ก่อนการเตรียมดินแบบปกติที่ใช้ในการปลูกมันสำปะหลัง (P1) และไม่มีการไถระเบิดดาน (P2) ในแต่ละแปลงหลักประกอบด้วยตำรับการทดลองจำนวน 4 ตำรับ ดังนี้

ตำรับที่ 1 (T1) ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน (ตำรับควบคุม)

ตำรับที่ 2 (T2) การใส่ยิปซัม ($CaSO_4.2H_2O$) อัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่

ตำรับที่ 3 (T3) การใส่หินฝุ่น ($CaCO_3$) อัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่

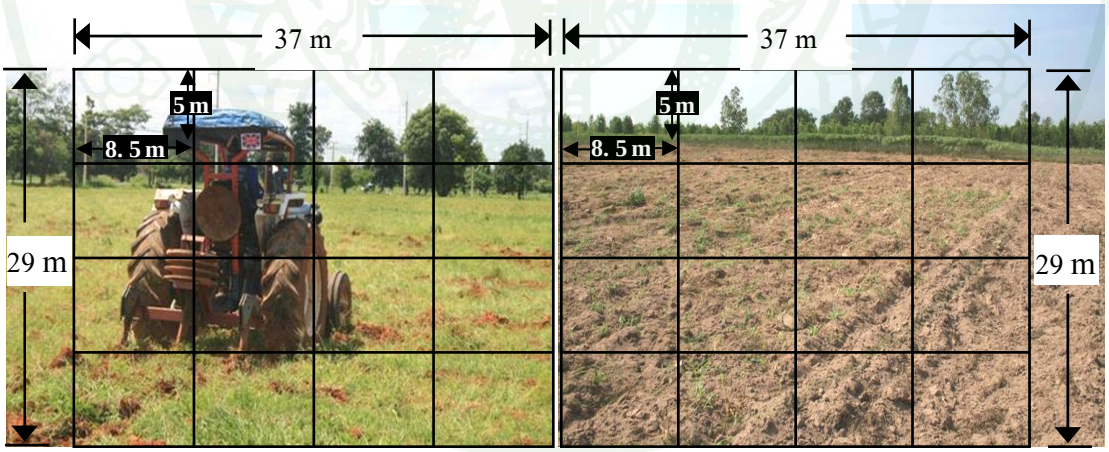
ตำรับที่ 4 (T4) การใส่มูลไก่แกลบอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การเตรียมแปลงทดลอง

ทำการเตรียมแปลงทดลองในเดือนพฤษภาคม ปี 2552 โดยทำการแบ่งพื้นที่เป็น 2 ส่วน เพื่อเป็นแปลงทดลองหลักซึ่งขนาดเท่ากับ 37 × 29 เมตร ทำการไถระเบิดชั้นดานโดยใช้รถแทรกเตอร์ติดตั้งริปเปอร์ที่มี 3 ขา แต่ละขาห่างกันประมาณ 70 เซนติเมตร โดยไถลึกประมาณ 50 เซนติเมตร ในขณะที่ดินแห้ง ขณะที่อีกแปลงหนึ่งไม่มีการจัดการใด ๆ หลังจากนั้นประมาณ 1 สัปดาห์ ทำการไถพลิกดินด้วยรถแทรกเตอร์ติดตั้งไถจานผาล 3 แล้วทำการใส่วัสดุปรับปรุงดินตามตำรับการทดลองในแปลงทดลองย่อยที่มีขนาด 8.5 × 5 เมตร ระยะห่างระหว่างแปลงย่อยเท่ากับ 1 เมตร (ภาพที่ 2) จากนั้นไถพรวนดินด้วยไถจานผาล 7 ทิ้งไว้ประมาณ 7 วัน ทำการยกร่องที่มีระยะห่างระหว่างร่องเท่ากับ 120 เซนติเมตร ทำการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 บนสันร่อง โดยใช้ระยะปลูกระหว่างต้นเท่ากับ 80 เซนติเมตร

ทำการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่อายุ 10 เดือน ในเดือนมีนาคม ปี 2553 จากนั้นดำเนินการเตรียมแปลงทดลองอีกครั้ง ในเดือนพฤษภาคม ปี 2553 โดยไม่มีการไถระเบิดดานซ้ำ แต่ทำการใส่วัสดุปรับปรุงดินลงในแต่ละแปลงทดลองย่อยเหมือนกับการทดลองในปี 2552



Ripper No Ripper

ภาพที่ 2 การเตรียมแปลงทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การใส่ปุ๋ย ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งละ 50 กิโลกรัม ครั้งแรกใส่เมื่อมันสำปะหลังอายุ 2 เดือน และครั้งที่ 2 ใส่เมื่อมันสำปะหลังอายุ 4 เดือน

การดูแลรักษาและการกำจัดวัชพืช ก่อนปลูกทำการชุบท่อนพันธุ์ด้วยสารเคมีไทอะมิโธ-แซมเพื่อป้องกันเพลี้ยแป้ง และฉีดสารชนิดเดียวกันนี้ร่วมกับน้ำมันกำจัดเพลี้ยแป้ง (white oil) เมื่อมันสำปะหลังอายุ 4 เดือน สำหรับการกำจัดวัชพืช ทำการฉีดยาคุมวัชพืชภายใน 3 วันหลังปักท่อนพันธุ์ หลังจากนั้นกำจัดโดยใช้แรงงานคนขึ้นอยู่กับการระบาดของวัชพืชในแปลง

4. การศึกษาดินตัวแทนของพื้นที่ศึกษา

ศึกษาลักษณะภายในหน้าตัดดินของดินในพื้นที่ทดลอง สภาพแวดล้อมทั่วไปของพื้นที่และเก็บตัวอย่างดินตามวิธีมาตรฐาน (เอิบ, 2547; Soil Survey Division Staff, 1993) เพื่อใช้เป็นตัวแทนของดินในพื้นที่ทดลอง เก็บตัวอย่างดินตามชั้นกำเนิดดินเพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ เพื่อทำการจำแนกดินในระดับกลุ่มดินย่อย (subgroup) (Soil Survey Staff, 2006) สำหรับใช้ในการอ้างอิงและเพื่อประโยชน์ในการถ่ายทอดเทคโนโลยี

5. การเก็บตัวอย่างดินในแปลงทดลอง

5.1 การเก็บตัวอย่างดินก่อนทำการทดลอง เก็บตัวอย่างดินแบบ composite sample โดยทำการสุ่มเก็บจำนวน 4 บริเวณในแปลงทดลอง ที่ 2 ระดับความลึก ได้แก่ ดินบน ซึ่งมีความหนาประมาณ 0-20 เซนติเมตร และดินล่างตั้งแต่ตอนล่างของชั้นดินบนจนถึงระดับความลึก 60 เซนติเมตร โดยใช้สว่านเก็บตัวอย่างดิน จากนั้นนำตัวอย่างในแต่ละชั้นความลึกมาผสมคลุกเคล้าแล้วสุ่มเก็บตัวอย่างออกไปประมาณ 1 กิโลกรัม เพื่อใช้ในการวิเคราะห์

5.2 การเก็บตัวอย่างดินก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลังประมาณ 1 เดือนได้แก่ ในเดือนกุมภาพันธ์ 2553 และ 2554 โดยทำการเก็บในทุกแปลงย่อย ประกอบด้วย

5.2.1 ตัวอย่างดินที่ถูกรบกวน (disturbed soil sample) เก็บที่ 3 ระดับความลึก ได้แก่ 0-10, 20-30 และ 40-50 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2.2 ตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวน (undisturbed soil sample) โดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดิน (soil core) เก็บที่ระดับความลึกเดียวกันกับตัวอย่างดินที่ถูกรบกวน โดยเก็บบนสันร่องตำแหน่งตรงกลางระหว่างต้น

6. การเก็บตัวอย่างพืช

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างใบมันสำปะหลังในแต่ละแปลงย่อย โดยทำการเก็บใบที่ 5 นับจากใบที่คลี่เต็มที่แล้วจากส่วนยอด เมื่อมันสำปะหลังอายุ 4 เดือน

7. การเก็บข้อมูลผลผลิตพืช

ทำการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเมื่ออายุครบ 10 เดือน ได้แก่ เดือนมีนาคมในปี 2553 และ 2554 โดยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวเท่ากับ 30 ตารางเมตร การเก็บข้อมูลผลผลิตพืชประกอบด้วย

7.1 น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน (น้ำหนักต้น เหง้า และใบ) ทำการชั่งน้ำหนักใบ เหง้าและต้นทั้งหมดในแต่ละแปลงย่อย

7.2 จำนวนต้นต่อไร่ ทำการนับจำนวนลำต้นในแต่ละแปลงย่อย

7.3 จำนวนหัวต่อต้น ทำการสุ่มนับหัวมันสำปะหลังในแต่ละต้น จำนวน 10 ต้น เพื่อนำมาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ย โดยหัวมันเป็นหัวที่สมบูรณ์ ไม่ฝ่อหรือเน่าเสีย และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกว่า 2 เซนติเมตรขึ้นไป

7.4 น้ำหนักผลผลิตหัวมันสด ทำการชั่งน้ำหนักผลผลิตหัวมันสดทั้งหมดในแต่ละแปลงย่อย

7.5 ค่าร้อยละการสะสมแป้ง ทำการสุ่มหัวมันสำปะหลังในแต่ละแปลงย่อย มาสับเป็นท่อน โดยคัดเอาส่วนหัวและท้ายออก นำหัวมันสำปะหลังที่สับแล้วไปวัดปริมาณแป้งด้วยเครื่อง Reimann scale โดยชั่งหัวมันสำปะหลังดังกล่าวในอากาศให้ได้น้ำหนักประมาณ 5 กิโลกรัม แล้วนำหัวมันสำปะหลังส่วนนี้มาชั่งในน้ำ อ่านค่าปริมาณแป้งในหัวมันสดจาก scale เลขที่อ่านได้เป็นร้อยละของแป้งในหัวมันสด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7.6 อัตราการรอดตายของมันสำปะหลัง โดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละอัตราการรอด} = \frac{a \times 100}{b}$$

เมื่อ a = จำนวนต้นที่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ในพื้นที่เก็บเกี่ยว

b = จำนวนต้นทั้งหมดในพื้นที่เก็บเกี่ยว

ที่มีระยะปลูกเท่ากับ 1.20 × 0.80 เมตร

8. การวิเคราะห์ดิน

8.1 การวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์

1) การกระจายขนาดของอนุภาคดิน (soil particle size distribution) โดยวิธีแยกด้วยตะแกรง (sieving method) ในขนาดอนุภาคทรายและโดยวิธีปิเปตต์ (pipette method) (Kilmer and Alexander, 1949; Day, 1965) ในขนาดอนุภาคทรายแป้งและอนุภาคดินเหนียว ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นำมาแจกแจงประเภทของเนื้อดิน (soil textural class) โดยการเปรียบเทียบกับชั้นเนื้อดินตามเกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA textural class) (Soil Survey Division Staff, 1993)

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

3) สภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated hydraulic conductivity) โดยใช้พลังงานขับน้ำผันแปร (variable head method) (Klute, 1965)

4) ความแข็งของดิน (soil strength) โดยใช้เครื่องกดคอนกรีต (Norfleep *et al.,* 1993)

5) ร้อยละของเม็ดดินที่เสถียรน้ำ (wet aggregate stability) ของอนุภาคขนาด 1-2 มิลลิเมตร โดยวิธี wet sieving (Kemper and Rosenau, 1986)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6) ความจุความชื้นสนาม (field capacity, FC) เป็นความชื้นของดินที่แรงดึงน้ำเท่ากับ 33 กิโลพาสคัล (Klute, 1965)

7) จุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point, PWP) เป็นความชื้นของดินที่แรงดึงน้ำเท่ากับ 1500 กิโลพาสคัล (Klute, 1965)

8) ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ (available water capacity, AWC) คำนวณได้จากสูตร (Klute, 1986)

$$AWC = FC-PWP$$

8.2 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

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

2) ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ (Organic carbon) โดยวิธี Walkley and Black Tritration (Walkley and Black, 1934, Nelson and Sommers, 1996) จากนั้นนำไปคำนวณหาปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (organic matter) โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{Organic matter} = \text{Organic carbon} \times 1.724$$

3) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) โดยวิธี Bray II (Bray and Kurzt, 1945) แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง spectrophotometer

4) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium) โดยวิธีการสกัดด้วยสารละลาย 1M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) (Pratt, 1987) แล้ววัดปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

5) สภาพกรดที่สกัดได้ (extractable acidity) โดยวิธี barium chloride-triethanolamine ที่ pH 8.2 (Thomas, 1996)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6) ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (extractable bases) ประกอบด้วย แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม โดยวิธีการสกัดด้วยสารละลาย 1M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7) (Thomas, 1982) แล้ววัดปริมาณเบสต่าง ๆ ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

7) อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (base saturation percentage: %BS) คำนวณจากค่าของปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ทั้งหมด และค่าสภาพกรดที่สกัดได้ (Thomas, 1982; National Soil Survey Center, 1996) จากสูตร

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

9. การวิเคราะห์พืช

นำตัวอย่างใบมันสำปะหลังมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 3 วัน จนตัวอย่างแห้งสนิท บดใบพืชที่ได้ให้ละเอียด จากนั้นนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วย

1) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยการย่อยตัวอย่างพืชด้วย H_2SO_4-Na_2SO_4-Se (digestion mixture) (Gallaher *et al*., 1976) แล้ววัดปริมาณของไนโตรเจนด้วยเครื่อง Nitrogen distillate (Jackson, 1965)

2) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด โดยการย่อยตัวอย่างด้วย H_2SO_4-Na_2SO_4-Se (digestion mixture) (Johnson and Ulrich, 1959) แล้ววัดปริมาณของฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง spectrophotometer (Westerman, 1990)

3) ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด โดยการย่อยตัวอย่างด้วย H_2SO_4-Na_2SO_4-Se (digestion mixture) (Johnson and Ulrich, 1959) แล้ววัดปริมาณของธาตุโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Westerman, 1990)

4) ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส และ ทองแดง โดยการย่อยตัวอย่างพืชด้วย HNO_3-H_2SO_4-$HClO_4$ acid mixture (Johnson and Ulrich, 1959) และวิเคราะห์หาปริมาณด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (Westerman, 1990)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

10. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

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

11. สถานที่และระยะเวลาที่ทำการทดลอง

11.1 สถานที่ทำการทดลอง

แปลงมันสำปะหลังของเกษตรกร ในตำบลกฤษณา อำเภอสีคิ้ว จังหวัด นครราชสีมา

ห้องปฏิบัติการ ใช้ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืชของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ

ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

11.2 ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

ตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2552 ถึงเดือน เมษายน พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. ลักษณะและสมบัติดินตัวแทนที่ใช้ในการทดลอง

คำอธิบายหน้าตัดดิน สมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมีของดินวารินที่เป็นตัวแทนพื้นที่การทดลองในการศึกษาครั้งนี้ แสดงในภาคผนวกและตารางภาคผนวกที่ 1 และ 2

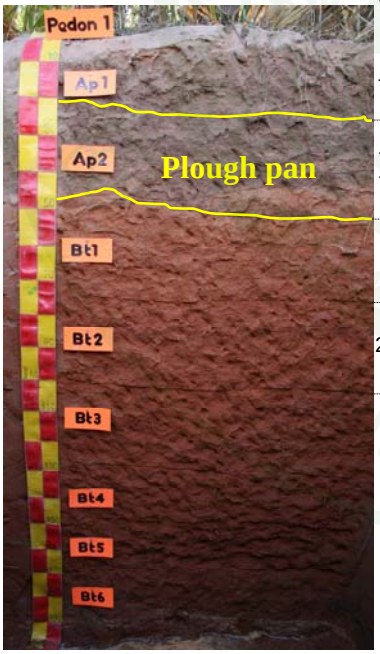
1.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาสนามของดิน

ดินวารินที่ใช้ในการทดลองวางตัวอยู่บนพื้นที่ที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดที่มีความลาดชันร้อยละ 4 วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นวัสดุตกค้างของหินทราย ดินเป็นดินลึก การระบายน้ำดี มีการไหลบ่าของน้ำหน้าผิวดินปานกลาง และความสามารถให้น้ำซึมผ่านผิวดินเร็ว มีพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น Ap-Bt และมีการสะสมดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก พบระดับน้ำใต้ดินลึกกว่า 2 เมตร ในช่วงฤดูแล้ง (ภาพที่ 3)

ดินบนหนา 46 เซนติเมตร ดินมีสีเทาเข้ม เนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วน ดินเป็นกรดจัด (pH 5.5) โครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดถึงละเอียดมากและบางส่วนเป็นเม็ดเดี่ยว (single grain) ความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับน้อย พีเอชดินในสนามเป็นกรดปานกลาง (pH 6.0) เริ่มพบการเคลือบของดินเหนียวแต่ไม่ค่อยชัดเจนบริเวณผิวหน้าเม็ดดิน พบการกระจายของรากพืชขนาดเล็กและเล็กมากโดยทั่วไป

ดินล่างลึกตั้งแต่ 46 เซนติเมตรลงไป ดินมีสีแดงปนเหลืองจนถึงสีแดง เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ดินมีโครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดปานกลางถึงปานกลางและมีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับน้อยปานกลาง พีเอชดินในสนามเป็นกรดเล็กน้อยถึงกรดรุนแรงมาก โดยมีพีเอชที่วัดในสนามเท่ากับ 5.0-6.5 พบการเคลือบของดินเหนียวเล็กน้อยบริเวณผิวหน้ารอบหน่วยโครงสร้างดิน การกระจายของรากพืชในชั้นนี้มีปริมาณลดลงจากบนลงล่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



Soil color	Soil structure	Consistency Dry, moist, wet	Root
7.5 YR 4/2	1,f,SG	S, Fri, NS/NP	2,m-f
7.5 YR 4/4 7.5 YR 6/6	2,f,SAB	S, SH, NS/NP	1,vf-f
5 YR 5/8	2,f,SAB	S, Fri, NS/NP	1,vf
2.5 YR 5/8	2,f,SAB	S, SH, NS/NP	1,vf-f

Soil structure:
grade : 1= weak; 2 = moderately weak
size : f = fine (5-10 mm)
type SG = single grains, SAB = sub angular structure

Root:
content : 1 = few, 2 = common;
size : vf = very fine (<1 mm),
f = fine (1-2 mm)
m = fine (2-5 mm)

Soil consistency:
Dry : S = soft, SH = slightly hard
Moist : Fri = friable,
Wet : NS = non sticky, NP = non plastic

ภาพที่ 3 พื้นที่ศึกษาในตำบลกฤษณา อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมาและหน้าตัดดินของดินตัวแทนที่ใช้ในการศึกษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนี้พบชั้นดินแน่นทึบที่ความลึก 22-46 เซนติเมตร และชั้นนี้มีความหนาประมาณ 24 เซนติเมตร โดยในชั้นนี้ดินมีสีเทาเข้ม เนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วน โครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดถึงละเอียดมาก และมีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับน้อยปานกลาง การยึดตัวเมื่อแห้งจะแข็งมากกว่าชั้นดินบนและชั้นดินที่อยู่ด้านล่าง และการแจกกระจายของรากพืชในชั้นนี้มีปริมาณลดลงจากดินชั้นบนอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าชั้นดังกล่าวสามารถจำกัดการชอนไชของรากพืชได้

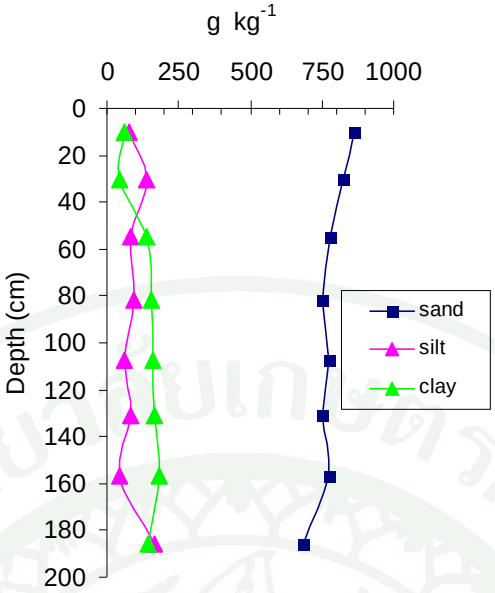
1.2 สมบัติทางฟิสิกส์

ดินมีเนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วนถึงดินร่วนปนทราย โดยมีปริมาณอนุภาคทรายอยู่ในพิสัย 687-864 กรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณทรายแป้งอยู่ในพิสัย 46-168 กรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณดินเหนียวอยู่ในพิสัย 42-183 กรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 4)

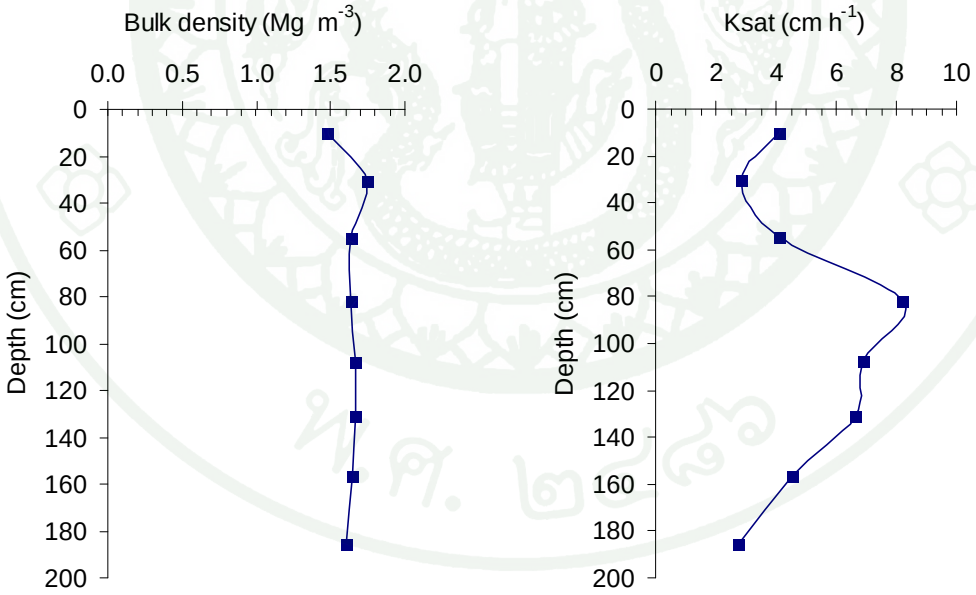
โดยภาพรวมพบว่า ดินที่ทำการศึกษามีการกระจายอนุภาคขนาดทรายในชั้นดินบนมากกว่าในชั้นดินล่าง และมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยตามความลึก ซึ่งมีลักษณะตรงกันข้ามกับการกระจายของอนุภาคดินเหนียวที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก สำหรับอนุภาคขนาดทรายแป้งมีปริมาณเพิ่มขึ้นในชั้น Ap2 ที่ความลึกประมาณ 22 เซนติเมตร (ภาพที่ 4) จากนั้นจะลดลงในชั้นดินที่อยู่ลึกลงไป (ตั้งแต่ 46 เซนติเมตรลงไป) แสดงให้เห็นว่าชั้นดินดังกล่าวจะง่ายต่อการอัดตัวเนื่องจากแรงกดทับ (Munkholm *et al*., 2007) จึงอาจทำให้เกิดชั้นดานไถพรวนขึ้นที่ระดับความลึกประมาณ 20-60 เซนติเมตร

ดินมีความหนาแน่นรวมอยู่ในพิสัย 1.48-1.74 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและมีแนวโน้มลดลงตามความลึก (ภาพที่ 5) โดยการที่ดินบนมีความหนาแน่นรวมต่ำกว่าชั้นดินในตอนล่างอาจเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณอินทรียวัตถุที่มากกว่า (Brady and Weil, 2008) รวมทั้งอิทธิพลเนื่องมาจากการไถพรวน (Jorajuria and Draghi, 2000)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4 การกระจายขนาดอนุภาคดิน ขนาดทราย (2-0.05 มิลลิเมตร) ทรายแป้ง (0.05-0.002 มิลลิเมตร) และดินเหนียว (< 0.002) ของดินวารินที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 5 ความหนาแน่นรวม สภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำของดินวารินที่ใช้ในการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

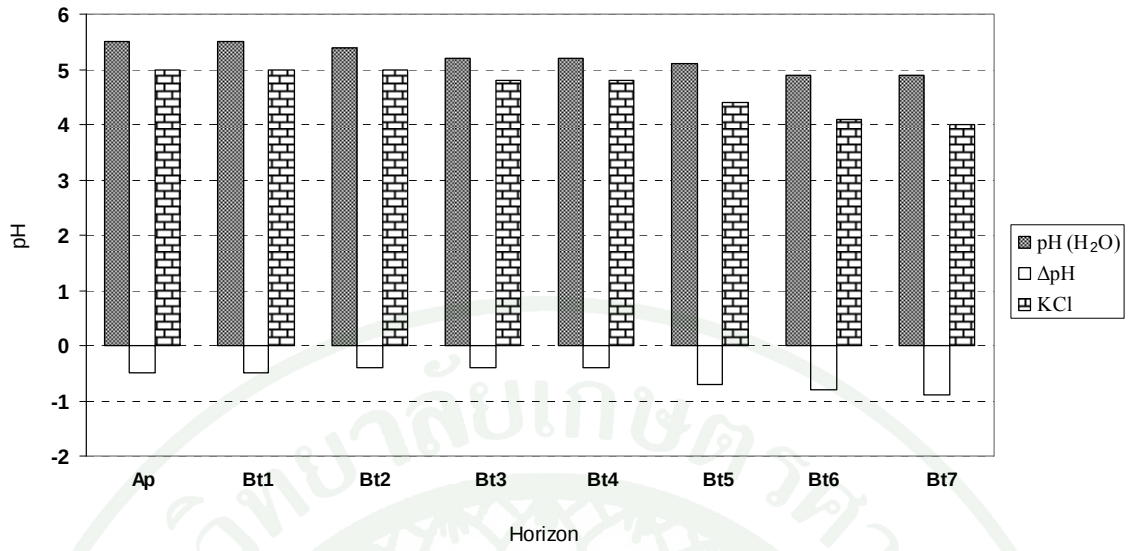
อย่างไรก็ตามพบว่าในชั้นดาน (Ap2) ที่ระดับความลึกประมาณ 22-46 เซนติเมตร มีความหนาแน่นรวมสูงประมาณ 1.74 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งสูงกว่าชั้นดินตอนบนและชั้นดินที่อยู่ตอนล่างอย่างชัดเจน (ภาพที่ 5) ซึ่งสอดคล้องกับค่าสภาพการนำน้ำขณะอิ่มตัวในระดับที่ช้ามากเท่ากับ 2.82 เซนติเมตรต่อชั่วโมง (ภาพที่ 5) แสดงให้เห็นว่าชั้นดินดังกล่าวนี้ อาจจะจำกัดการเคลื่อนที่ขึ้นของน้ำใต้ดินโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งส่งผลให้พืชขาดน้ำได้ง่าย และยังจำกัดการเคลื่อนที่น้ำในหน้าตัดดินอาจส่งผลให้เกิดน้ำใต้ดินชั่วคราวโดยเฉพาะในช่วงที่มีฝนตกหนัก (Charles and Paul, 2003) รวมทั้งจะจำกัดการชอนไชและการเจริญเติบโตของรากพืช (Tongglum *et al*., 2000; Charles and Paul, 2003) ซึ่งอาจส่งผลต่อการแทงหัวของมันสำปะหลังได้

1.3 สมบัติทางเคมี

ดินเป็นกรดจัดถึงกรดจัดมาก โดยมีพีเอชอยู่ในพิสัย 4.9-5.5 ซึ่งมีค่าลดลงตามความลึกของดิน (ภาพที่ 6) แสดงให้เห็นว่าดินมีพัฒนาการสูง เกิดกระบวนการชะละลายรุนแรง เบสต่าง ๆ จึงเคลื่อนย้ายออกไปจากหน้าตัดดิน (Zhang *et al.*, 2006)

ค่าพีเอชดินที่วัดในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ มีค่าอยู่ในพิสัย 4.0-5.0 (ตารางภาคผนวกที่ 2) ซึ่งมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดหน้าตัดดิน แสดงให้เห็นว่า ดินมีประจุสุทธิเป็นลบส่งผลให้ดินมีความสามารถในการดูดซับแคตไอออนได้ดีกว่าแอนไอออน ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของดินเขตร้อนส่วนใหญ่ที่มีพัฒนาการสูง มีออกไซด์ของเหล็กและอะลูมินัมและแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ (Cindy *et al.*, 2007) อย่างไรก็ตามในสภาพที่ดินเป็นกรด โดยเฉพาะในกรณีที่พีเอชต่ำกว่า 5.5 จะส่งเสริมให้อะลูมินัมละลายออกมามาก จนอาจเป็นพิษต่อพืชได้ (Halvin *et al*., 1999) รวมทั้งลดความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสเนื่องจากจะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับกับเหล็กและอะลูมินัมที่มีอยู่มากในสารละลายดิน (Halvin *et al*., 1999)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 6 พีเอชของดินที่วัดในน้ำและในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ในอัตราส่วน 1:1 ของดินวารินที่ใช้ในการทดลอง

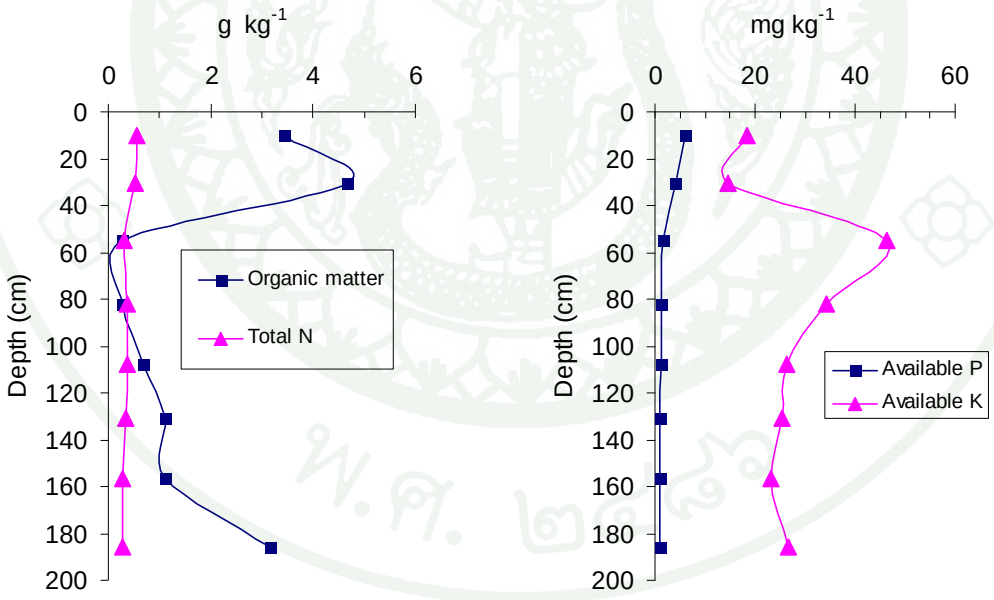
ปริมาณอินทรียวัตถุของดินมีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.27-4.67 กรัมต่อกิโลกรัมและมีแนวโน้มลดลงตามความลึก (ภาพที่ 7) เนื่องจากชั้นดินบนเป็นชั้นที่มีการทับถมหรือสะสมของเศษพืช (Thompson and Troeh, 1978) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจนรวมที่มีปริมาณอยู่ในระดับต่ำมากเช่นเดียวกัน โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.27-0.55 กรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 7 และ ตารางภาคผนวกที่ 2) ทั้งนี้เนื่องจากไนโตรเจนในดินส่วนใหญ่จะได้มาจากการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน (ไพบูลย์, 2528; Brady and Weil, 2008)

ดินมีปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในอยู่ในระดับต่ำมาก โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.87-6.17 และ 14.75-46.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และมีแนวโน้มลดลงตามความลึกซึ่งให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณอินทรียวัตถุ (ภาพที่ 7) (Brady and Weil, 2008) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอาจเป็นผลตกค้างที่มาจากการจัดการในพื้นที่ โดยเฉพาะฟอสฟอรัส เพราะเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้น้อยในดิน จึงมักจะสะสมอยู่ในดินโดยเฉพาะในดินชั้นบนมากกว่าดินชั้นล่าง (Tisdale *et al.,* 1993) และจากการที่ดินเป็นกรดรุนแรง โดยเฉพาะในดินล่าง ฟอสฟอรัสในดินส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กและอะลูมินัมที่ละลายน้ำยาก ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จึงต่ำ (Von Uexkull, 1986) โดยทั่วไปฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน และปริมาณดินเหนียว (Sanchez, 1976; Brady and Weil, 2008) นอกจากนี้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสจะขึ้นอยู่กับค่าพีเอชและชนิดของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

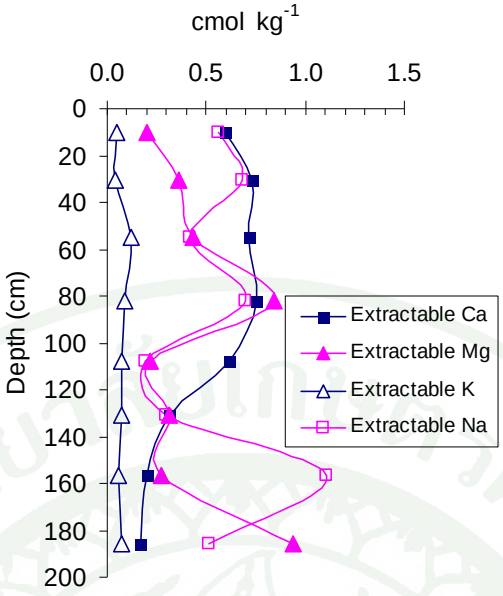
แร่ดินเหนียว (Brady and Weil, 2008) ในกรณีของโพแทสเซียมเนื่องจากดินที่ทำการศึกษามีการชะละลายรุนแรง แร่ดินเหนียวส่วนใหญ่ในดินเป็นแร่ดินเหนียวกิจกรรมต่ำ จึงทำให้โพแทสเซียมถูกชะละลายออกไปจากหน้าตัดดินได้ง่าย โพแทสเซียมที่เหลืออยู่ในดินจึงมีปริมาณต่ำ (Buol *et al.,* 2003; Zhang *et al*., 2006; Akande *et al.*, 2010)

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณเบสที่สกัดได้ พบว่า ดินมีปริมาณแคลเซียม โพแทสเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำมาก โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.17-0.75, 0.04-0.12 และ 0.20-0.94 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และมีโซเดียมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.19-0.70 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 8) ซึ่งสอดคล้องกับร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบสของดินที่อยู่ในระดับต่ำ โดยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 10-19 ตลอดหน้าตัดดิน (ภาพที่ 9) และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนที่อยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 2.25-3.00 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ในขณะที่สภาพกรดที่สกัดได้ของดินอยู่ในระดับค่อนข้างสูง โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 7.0-12.0 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 9 และตารางภาคผนวกที่ 2)

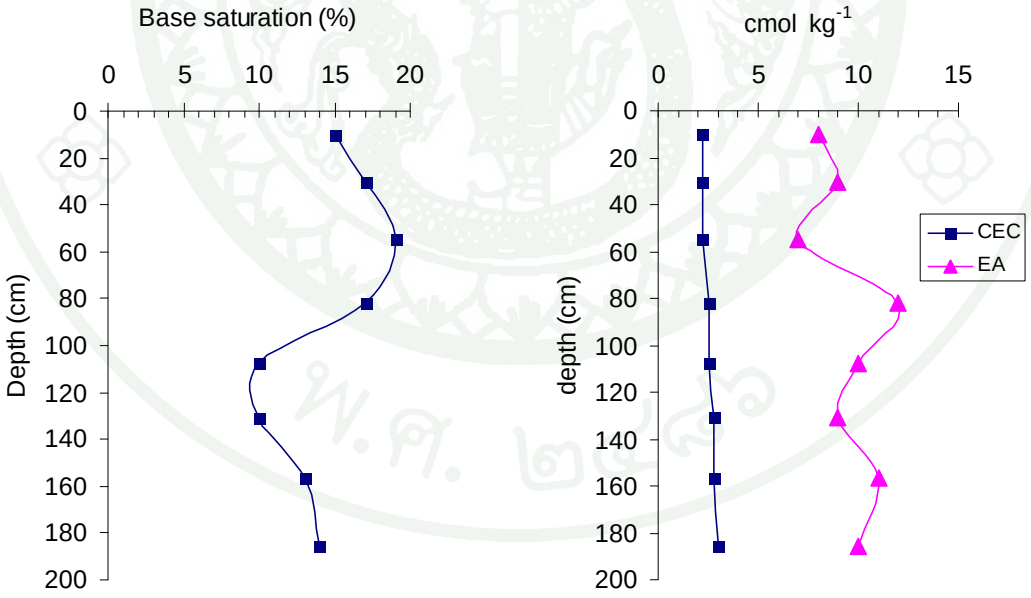


ภาพที่ 7 ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินวารินที่ใช้ในการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 ค่าร้อยละของเม็ดดินเสถียรน้ำปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียมที่สกัดได้ของดินวารินที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 9 อัตราร้อยละความอิ่มตัวของเบส ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนและสภาพกรดที่สกัดได้ของดินวารินที่ใช้ในการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.5 หน่วยการจำแนกดิน

ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา สมบัติทางฟิสิกส์ และสมบัติทางเคมีของดิน สามารถจำแนกดินตามระบบอนุกรมวิธานดิน (Soil Survey Staff, 2006) ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

ดินที่ทำการศึกษามีการสะสมดินเหนียวในชั้นดินล่างชัดเจน ที่เรียกว่าชั้นดินล่างวินิจฉัยอาร์จิลลิก (argillic horizon) และมีร้อยละความอิ่มตัวเบสต่ำกว่าร้อยละ 35 ที่ระดับความลึก 145-150 เซนติเมตร จึงจัดจำแนกอยู่ในอันดับอัลทิซอลส์ (Ultisols)

พื้นที่มีปริมาณฝนค่อนข้างต่ำ ทำให้ดินมีความชื้นจำกัด จึงจัดเข้าในระบอบความชื้นดินแบบอัสติก (ustic soil moisture regium) ทำให้ดินนี้อยู่ในอันดับดินย่อย Ustult และพบชั้นดินวินิจฉัยแคนดิก (kandic horizon) ภายในระดับความลึก 150 เซนติเมตร โดยในชั้นดินนี้จะมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำกว่า 16 เซนติโมลต่อกิโลกรัมของดินเหนียว และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนประสิทธิผลไม่เกิน 12 เซนติโมลต่อกิโลกรัมของดินเหนียว และมีดินเหนียวกิจกรรมต่ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ จึงจัดจำแนกในระดับกลุ่มดินใหญ่ (great group) ได้เป็น Kandiustult

ดินไม่มีลักษณะและคุณสมบัติอื่นใดที่แตกต่างไปจากลักษณะเด่นของกลุ่มดินใหญ่ ดังนั้นดินตัวแทนที่ทำการศึกษาครั้งนี้จัดจำแนกในระดับกลุ่มดินย่อยได้เป็น Typic Kandiustult

2. สมบัติดินก่อนการทดลอง

2.1 ดินบน

ดินบนที่ระดับความลึกประมาณ 20 เซนติเมตร พบว่า ดินเป็นกรดจัดมาก พีเอชเท่ากับ 4.8 มีปริมาณอินทรียวัตถุ (1.85 กรัมต่อกิโลกรัม) ไนโตรเจนรวม (0.54 กรัมต่อกิโลกรัม) ร้อยละความอิ่มตัวเบส (15.70%) และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (7.12 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) อยู่ในระดับต่ำ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ค่อนข้างต่ำโดยมีค่าเท่ากับ 9.87 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับปานกลางโดยมีปริมาณเท่ากับ 85.10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 3)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 ดินล่าง

ดินล่างที่ระดับความลึกประมาณ 20-60 เซนติเมตร ดินเป็นกรดจัด (pH 5.1) มีปริมาณอินทรียวัตถุ (1.95 กรัมต่อกิโลกรัม) ไนโตรเจนรวม (0.51 กรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (1.47 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ร้อยละความอิ่มตัวเบส (9.33 %) อยู่ในระดับต่ำมาก ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (9.93 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (45.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) อยู่ในระดับต่ำ

ดินล่างมีสมบัติดินคล้ายคลึงกับสมบัติของชั้นดินบน แต่มีปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุอาหารหลักน้อยกว่าดินชั้นบน แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลเนื่องจากการจัดการของเกษตรกรในพื้นที่ที่อาจตกค้างอยู่ในดินชั้นบน

ตารางที่ 3 สมบัติของดินบน (0-20 เซนติเมตร) และ ดินล่าง (20-60 เซนติเมตร) ก่อนทำการทดลอง

Soil property	Topsoil	Subsoil
pH	4.8	5.1
Organic matter (g kg^{-1})	1.85	1.95
Total N (g kg^{-1})	0.54	0.51
Available P (mg kg^{-1})	9.87	1.47
Available K (mg kg^{-1})	85.10	45.25
Extractable Ca (cmol kg^{-1})	0.64	0.46
Extractable Mg (cmol kg^{-1})	0.23	0.12
Extractable K (cmol kg^{-1})	0.01	0.03
Extractable Na (cmol kg^{-1})	0.24	0.32
BS (%)	15.70	9.33
CEC (cmol kg^{-1})	7.12	9.93

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน

การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินตามหลักเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน (กองสำรวจดิน, 2523; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) ดังแสดงในตารางผนวกที่ 11 พบว่า ดินที่ทำการศึกษาทั้งดินบนและดินล่างมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ โดยมีปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสอยู่ในระดับต่ำ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินบน (0-20 เซนติเมตร) และดินล่าง (20-60 เซนติเมตร) ก่อนทำการทดลอง

Depth (cm)	OM ($g\ kg^{-1}$)	Avail. P ($mg\ kg^{-1}$)	Avail. K ($mg\ kg^{-1}$)	CEC ($cmol\ kg^{-1}$)	BS (%)	Total score	Fertility level
0-30	1.85 (1)	9.87 (1)	85.10 (2)	7.12 (1)	15.70 (1)	6	low
30-60	1.95 (1)	1.47 (1)	45.25 (1)	9.93 (1)	9.93 (1)	5	low

หมายเหตุ วิธีคิดระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ใช้วิธีให้คะแนน
(ตัวเลขคะแนนอยู่ในวงเล็บในตาราง)
ถ้าคะแนนรวมเท่ากับ 7 หรือน้อยกว่า ถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ
ถ้าคะแนนรวมอยู่ระหว่าง 8-12 ถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง
ถ้าคะแนนรวมเท่ากับ 13 หรือมากว่า ถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์สูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ผลของการไถระเบิดดาน และชนิดวัสดุปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

3.1 ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด

การใช้ริปเปอร์ส่งผลให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงกว่าการไม่ไถระเบิดดานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในปี 2553 แต่ไม่มีผลต่อน้ำหนักหัวมันสำปะหลังสดในปี 2554 แต่อย่างไรก็ตาม ผลผลิตหัวมันสดมีแนวโน้มลดลงจากปีแรกของการทดลองทั้งในกรณีที่มีการใช้หรือไม่ใช้ริปเปอร์ (ภาพที่ 10)

ในปี 2553 การใช้ริปเปอร์จะให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเท่ากับ 5.43 ซึ่งสูงกว่าการไม่ใช้ริปเปอร์ (4.63 ตันต่อไร่) (ภาพที่ 10) ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ริปเปอร์จะช่วยในการทำลายชั้นดาน ทำให้ดินโปร่งร่วนซุย น้ำใช้ประโยชน์ได้ในดินเพิ่มขึ้น รากพืชจึงสามารถชอนไชไปหาอาหารและน้ำได้ลึกขึ้น (Brady and Weil, 2008) จึงช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตผลผลิตจึงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้การไหลซึมของน้ำและการถ่ายเทอากาศในดินดีขึ้น ส่งผลให้ช่องว่างในดินมีความต่อเนื่องมากขึ้น การเคลื่อนที่ของน้ำในแนวดิ่งของหน้าตัดดินเพิ่มมากขึ้นทั้งการเคลื่อนที่ขึ้นและการเคลื่อนที่ลง (Hamza and Anderson, 2003; Albaladejo, 1990; Boer, 1999)

แต่ในปี 2554 การไม่ใช้ริปเปอร์มีแนวโน้มให้ผลผลิตมันมันสำปะหลังสดสูงกว่าการใช้ริปเปอร์ โดยให้ผลผลิตเท่ากับ 4.84 และ 4.41 ตันต่อไร่ ตามลำดับ (ภาพที่ 10) แสดงให้เห็นว่าชั้นดานในดินเหล่านี้ได้กลับมาอัดแน่นอีกครั้ง ดังที่มีรายงานมาก่อนหน้านี้ว่าชั้นดานหลังจากถูกทำลายจะกลับมาอัดแน่นอีกครั้งภายใน 3-5 ปี (Raper *et al*. 1998; Subbulakshmi *et al.*, 2009) แต่ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าชั้นดานไถพรวนมีแนวโน้มกลับมาอัดแน่นอีกครั้งหนึ่งเร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับที่เคยมีรายงาน ซึ่งจากสาเหตุดังกล่าวจึงน่าจะเป็นเหตุผลที่ทำให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังในปี 2554 ลดต่ำลงเมื่อเปรียบเทียบกับปีแรกของการทำลายชั้นดาน

เช่นเดียวกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินที่มีผลต่อผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะในปีแรกของการทดลองเท่านั้น (ภาพที่ 10) โดยการใส่มูลไก่แกลบอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงที่สุดเท่ากับ 6.17 ตันต่อไร่ ในขณะที่การใส่ยิปซัม การใส่หินฝุ่น และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินจะให้ผลผลิตหัวมันสดไม่แตกต่างกันโดยมีปริมาณเท่ากับ 4.60, 4.60 และ 4.75 ตันต่อไร่ ตามลำดับ และในกรณีปี 2554 ถึงแม้ว่าชนิดของวัสดุ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรับปรุงดินจะไม่มีผลต่อผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด แต่ให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับปี 2553 โดยการใส่มูลไก่แกลบมีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงที่สุดเท่ากับ 5.39 ตันต่อไร่ ในขณะที่การใส่ยิปซัม การใส่หินฝุ่น และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินให้ผลผลิตหัวมันสดเท่ากับ 4.22, 4.55 และ 4.35 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากในมูลไก่แกลบมีปริมาณธาตุอาหารของพืชหลายชนิดเมื่อเทียบกับวัสดุปรับปรุงดินอีก 2 ชนิด (ประภาส และคณะ, 2550)

ปริมาณผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดในทุกตำรับการทดลองมีปริมาณลดลงจากปีแรก ทั้งนี้อาจเป็นมาจากในปีที่ผ่านมามีปริมาณฝนตกมากโดยเฉพาะในเดือนกันยายนและตุลาคมซึ่งเป็นช่วงที่มันสำปะหลังสร้างหัว ซึ่งมันสำปะหลังเป็นพืชที่ไม่ค่อยชอบน้ำ (เจริญศักดิ์, 2532) จึงอาจเกิดการชงักการเจริญเติบโต อิทธิพลของวัสดุปรับปรุงดินที่มีต่อมันสำปะหลังจึงไม่ชัดเจน

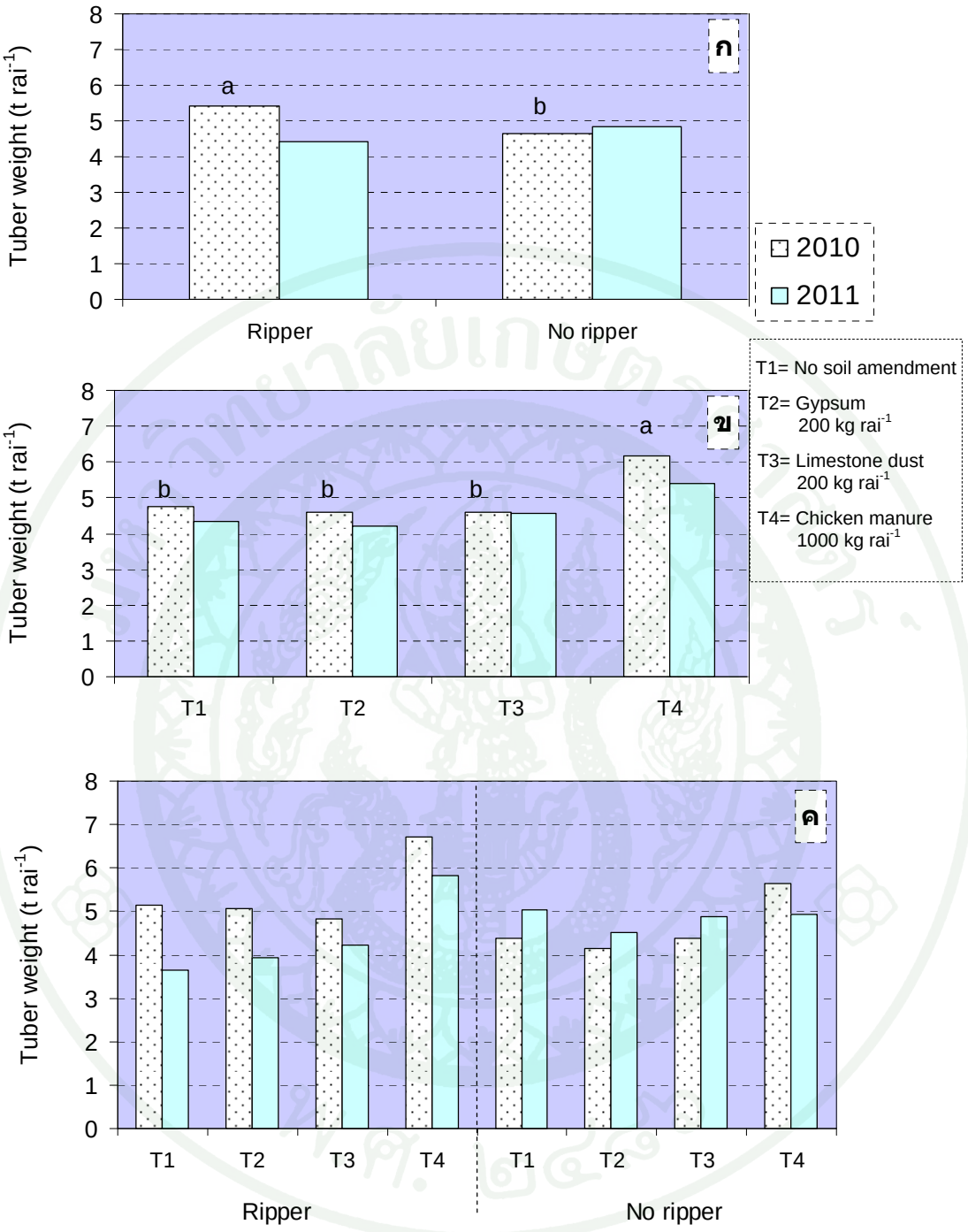
ผลร่วมระหว่างการใช้ริปเปอร์กับการใส่วัสดุปรับปรุงดิน พบว่า ไม่มีผลต่อผลผลิตหัวมันสดทั้งในปี 2553 และปี 2554 แต่การใส่มูลไก่แกลบร่วมกับการใช้ริปเปอร์มีแนวโน้มทำให้ผลผลิตหัวมันสดสูงที่สุดทั้งสองปีโดยมีค่าเท่ากับ 6.71 และ 5.83 ตันต่อไร่ สำหรับปี 2553 และ 2554 ตามลำดับ และพบว่าการใส่ยิปซัมร่วมกับการไม่ใช้ริปเปอร์มีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดในปี 2553 ต่ำที่สุดเท่ากับ 4.12 ตันต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มต่ำกว่าตำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินและไม่มีใช้ริปเปอร์ (4.37 ตันต่อไร่) และในปี 2554 การใช้ริปเปอร์เพียงอย่างเดียวมีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดต่ำสุดเท่ากับ 3.65 ตันต่อไร่ (ภาพที่ 10)

3.2 น้ำหนักส่วนเหนือดิน

น้ำหนักสดของส่วนเหนือดินทั้งหมดของมันสำปะหลังประกอบด้วย น้ำหนักเหง้าสด น้ำหนักลำต้นสด และน้ำหนักใบมันสำปะหลังสด ดังแสดงภาพในภาพที่ 11-14

ผลการศึกษา พบว่า ในปี 2553 การใช้ริปเปอร์ส่งผลให้น้ำหนักเหง้าสดและน้ำหนักใบมันสำปะหลังสดสูงกว่าการไม่ใช้ริปเปอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง (ภาพที่ 11 และ13) จึงส่งผลให้น้ำหนักสดของส่วนเหนือดินรวมสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน โดยมีค่าเท่ากับ 2.09 และ 1.68 ตันต่อไร่ สำหรับในกรณีที่มีการใช้และไม่มีการใช้ริปเปอร์ ตามลำดับ (ภาพที่ 14) แต่อย่างไรก็ตามน้ำหนักลำต้นของมันสำปะหลังกลับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 12)

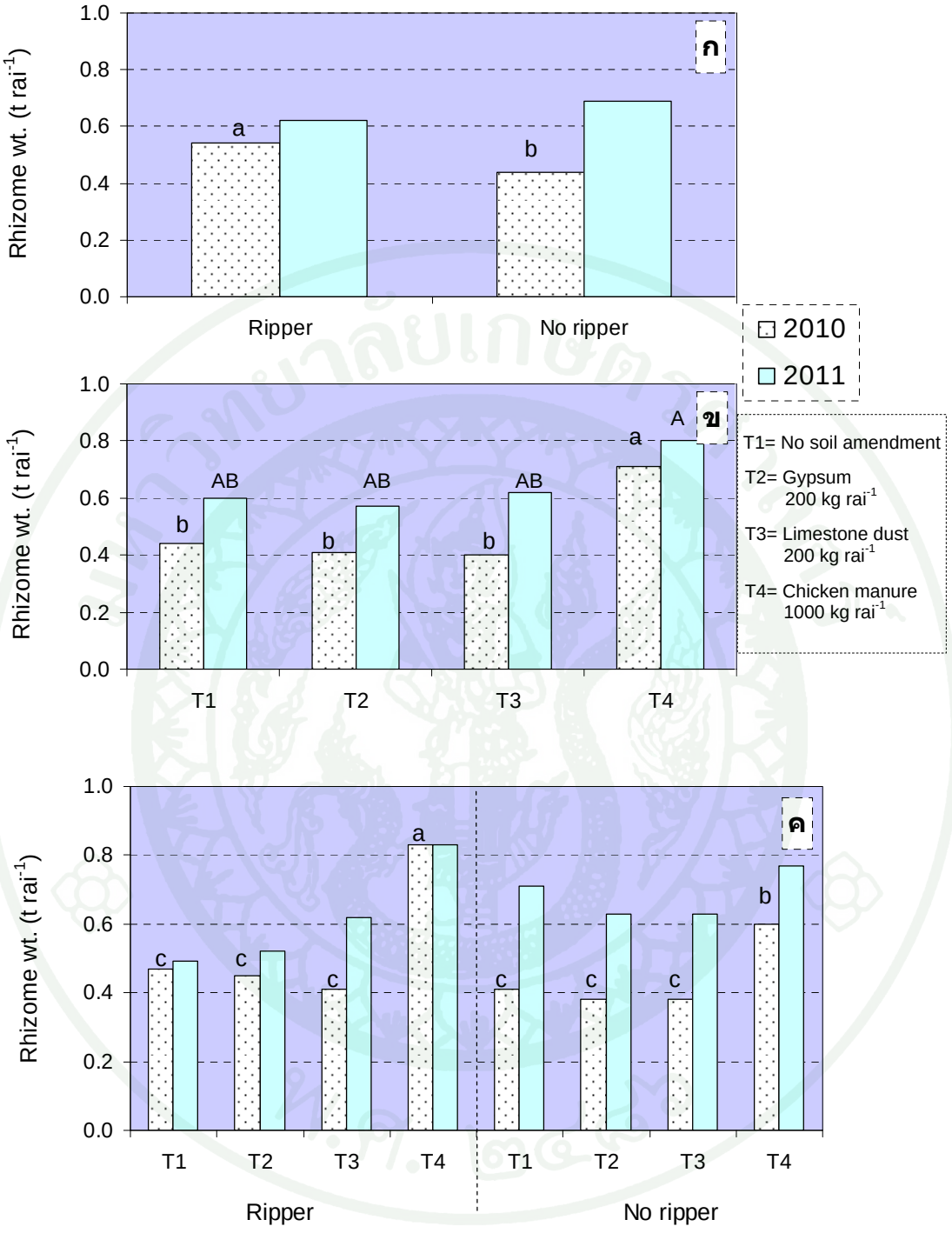
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



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

ภาพที่ 10 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อผลผลิตหัวมันสด

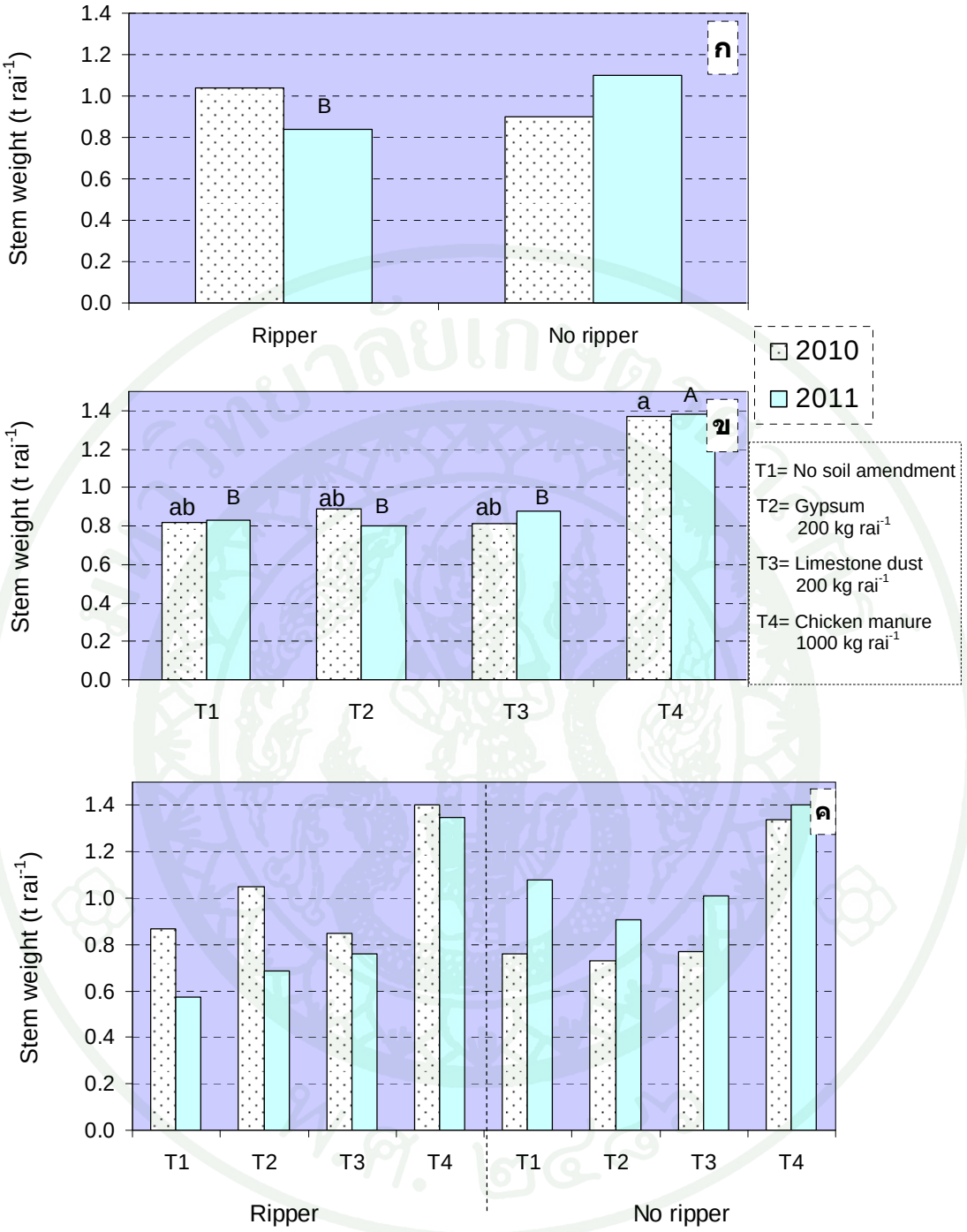
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



The different letters in graph are significantly different at P<0.05, which the small and capital letters represent the year 2010 and 2011, respectively.

ภาพที่ 11 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดินต่อน้ำหนักเหง้าของมันสำปะหลัง

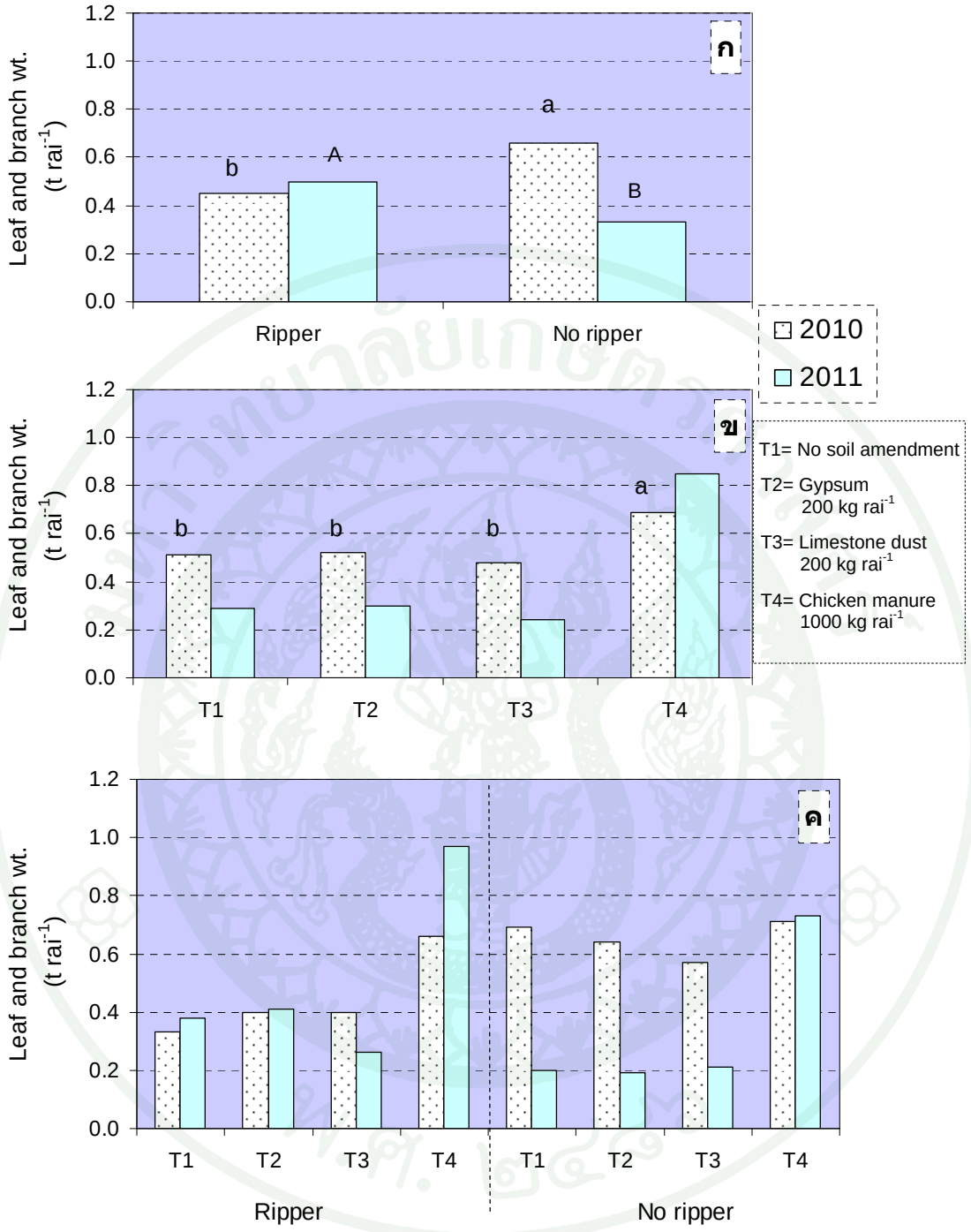
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



The different letters in graph are significantly different at P<0.05, which the small and capital letters represent the year 2010 and 2011, respectively.

ภาพที่ 12 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อน้ำหนักลำต้นของมันสำปะหลัง

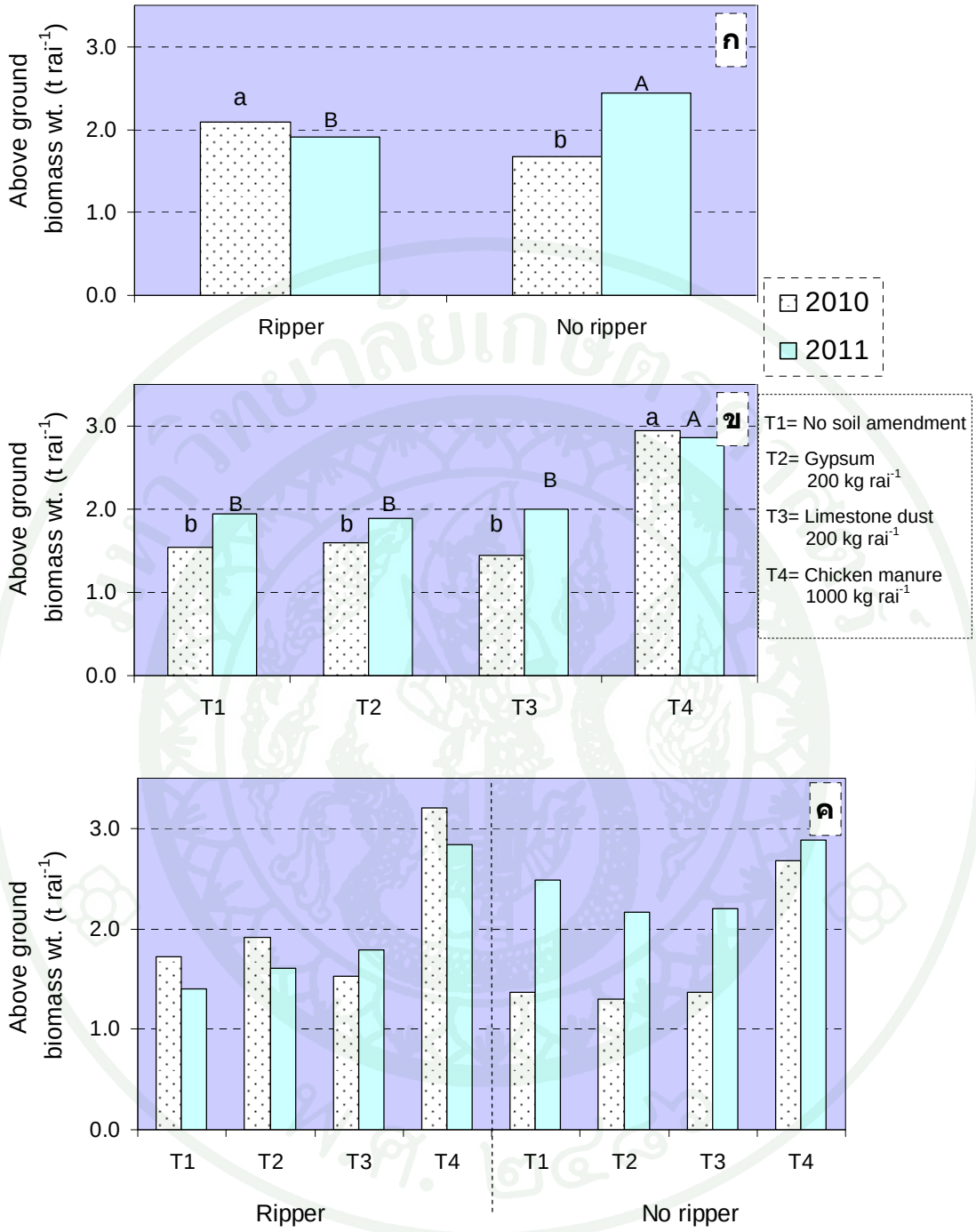
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



The different letters in graph are significantly different at P<0.05, which the small and capital letters represent the year 2010 and 2011, respectively.

ภาพที่ 13 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อน้ำหนักใบและยอดของมันสำปะหลัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



The different letters in graph are significantly different at P<0.05, which the small and capital letters represent the year 2010 and 2011, respectively.

ภาพที่ 14 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อน้ำหนักส่วนเหนือดินรวมของมันสำปะหลัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แต่ในปี 2554 กลับให้ผลไปในทางตรงกันข้ามกับปี 2553 ที่พบว่าการไม่ใช้ริปเปอร์กลับให้น้ำหนักส่วนเหนือดินรวมสูงกว่าการใช้ริปเปอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 2.44 และ 1.91 ตันต่อไร่ ตามลำดับ (ภาพที่ 14) ซึ่งสอดคล้องกับน้ำหนักลำต้นมันสำปะหลังและน้ำหนักใบมันสำปะหลังสดจะสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ริปเปอร์ (ภาพที่ 12-13) ในขณะที่น้ำหนักเหง้าสดจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทั้งสองกรณี (ภาพที่ 11)

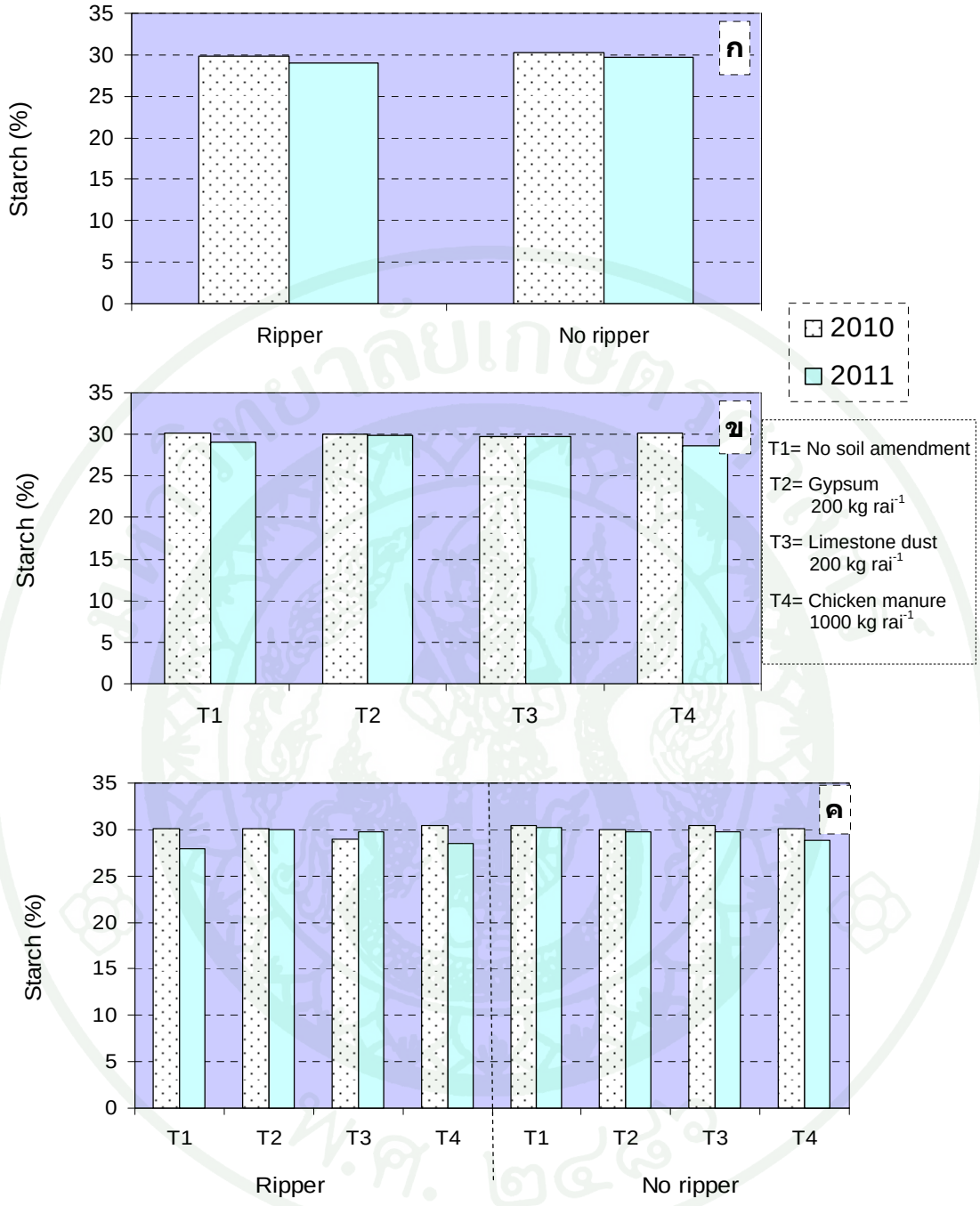
เช่นเดียวกันกับในกรณีของเหง้า น้ำหนักลำต้น น้ำหนักใบและยอด ที่พบว่าการใส่มูลไก่แกลบจะให้น้ำหนักส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลังสูงที่สุด (ภาพที่ 11-14) ซึ่งสอดคล้องกับผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงที่สุด แต่การใส่ยิปซัม หินฝุ่น และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินจะให้น้ำหนักส่วนต่าง ๆ ไม่แตกต่างกัน ยกเว้นในกรณีของปี 2554 ที่พบว่าชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อน้ำหนักใบและยอดของมันสำปะหลัง (ภาพที่ 11-14)

และอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ริปเปอร์และวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อน้ำหนักเหนือดินส่วนต่าง ๆ ยกเว้นการใช้ริปเปอร์ร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบจะส่งผลให้น้ำหนักเหง้าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะในปี 2553 เท่านั้น (ภาพที่ 11)

3.3 ร้อยละการสะสมแป้ง

การใช้ริปเปอร์ไม่มีผลต่อการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังทั้งสองปีการทดลอง (ภาพที่ 15) อย่างไรก็ตาม มันสำปะหลังภายใต้การใช้ริปเปอร์มีร้อยละการสะสมแป้งเท่ากับ 30.2 ซึ่งมีแนวโน้มสูงกว่าการไม่ใช้ริปเปอร์ (ร้อยละ 29.9) ในปี 2553 ร้อยละการสะสมแป้งในหัวมันมีแนวโน้มสูงกว่าในปี 2554 โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 29.7 และ 29.0 สำหรับแปลงที่มีการใช้และไม่ใช้ริปเปอร์ ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินที่ไม่มีผลต่อการสะสมแป้งในหัวมันสด (ภาพที่ 15) โดยในปี 2553 แปลงที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงหรือแปลงที่ทำการใส่มูลไก่แกลบจะส่งผลให้การสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังเท่ากันเท่ากับร้อยละ 30.2 ซึ่งมีแนวโน้มสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุปรับปรุงดินที่เหลืออีกสองชนิด ในกรณีของปี 2554 พบว่าการใส่ยิปซัมมีแนวโน้มให้ร้อยละการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 29.9 รองลงมาได้แก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 15 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อร้อยละการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังสด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หินฝุ่นเท่ากับร้อยละ 29.8 การไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินเท่ากับร้อยละ 29.1 และการใส่มูลไก่แกลบมีแนวโน้มให้ร้อยละการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังต่ำที่สุด (ร้อยละ 28.7) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสัมฤทธิ์ (2553) ที่พบว่าการใส่มูลไก่จะส่งผลให้มันสำปะหลังที่ปลูกในดินยโสธรมีร้อยละการสะสมแป้งต่ำที่สุด ทั้งนี้อาจจะเป็นผลเนื่องจากมูลไก่แกลบมีปริมาณไนโตรเจนค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงส่งเสริมให้มันสำปะหลังเจริญเติบโตทางลำต้นมากกว่าส่งเสริมให้เกิดการสะสมแป้งในหัวมันสด

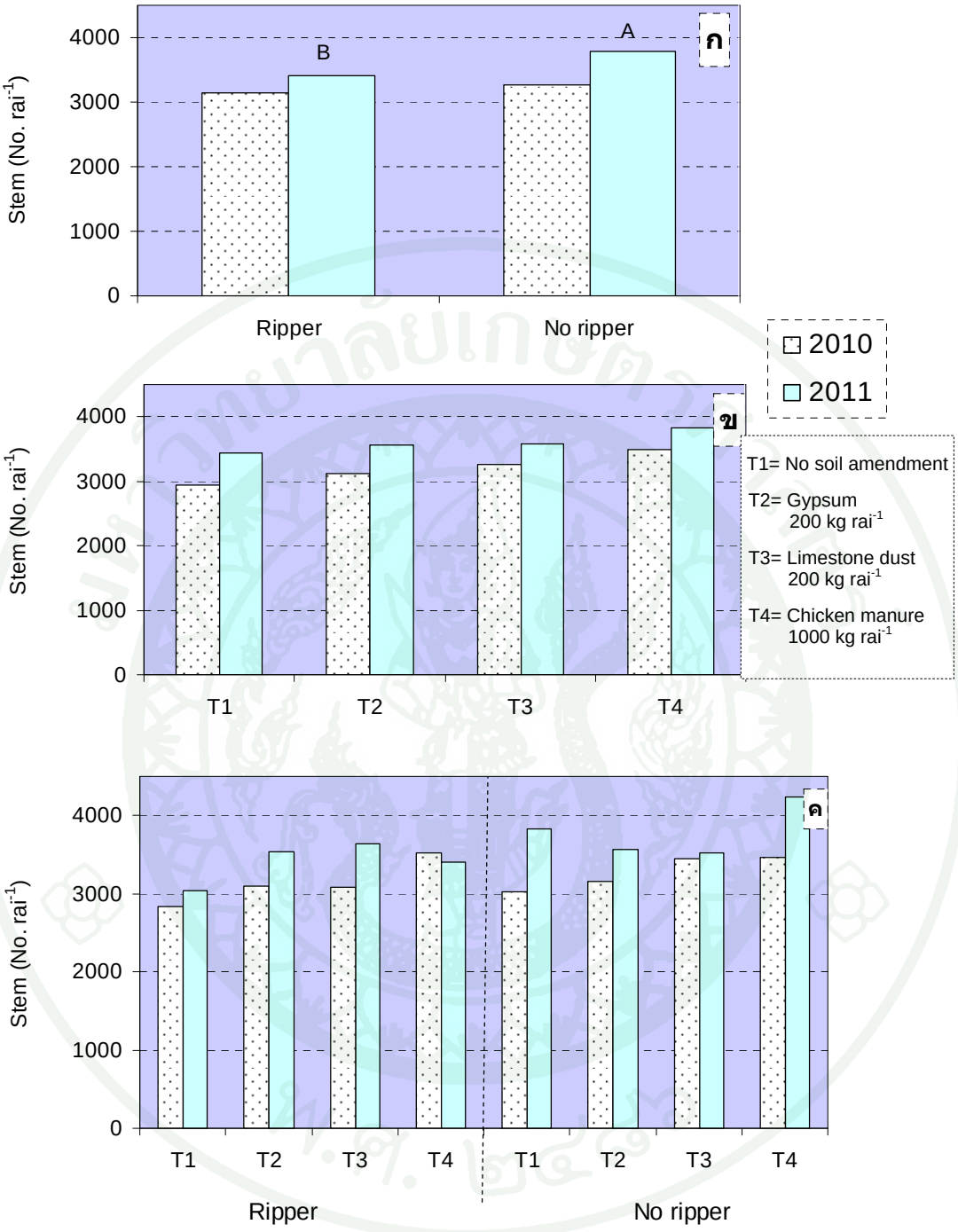
ผลร่วมของการใช้ริปเปอร์ร่วมกับการใส่วัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อร้อยละการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลัง (ภาพที่ 15) โดยการใช้ริปเปอร์ร่วมกับการใส่หินฝุ่นและร่วมกับการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินมีแนวโน้มให้การสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังในปี 2553 และ 2554 ต่ำที่สุดตามลำดับ โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 29.0 และ 28.0 ตามลำดับ และในปี 2554 ร้อยละการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังสดในทุกตำรับทดลองมีแนวโน้มลดลงจากปี 2553 เล็กน้อยโดยมีค่าอยู่ในพิสัย 28.8-30.0 และ 29.7-30.4 ตามลำดับ

3.4 จำนวนลำต้นมันสำปะหลัง

ผลการศึกษาพบว่าในปี 2553 การไถระเบิดดานไม่มีผลต่อจำนวนลำต้นมันสำปะหลัง (ภาพที่ 16) โดยการใช้ริปเปอร์มีแนวโน้มให้จำนวนลำต้นมันสำปะหลังมากกว่าการไม่ใช้ริปเปอร์ โดยมีจำนวนเท่ากับ 3136 และ 3274 ลำต่อไร่ ตามลำดับ แต่ในปี 2554 พบว่าการไม่ใช้ริปเปอร์ส่งผลให้จำนวนลำต้นมันสำปะหลังสูงกว่าการใช้ริปเปอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 16) โดยมีค่าเท่ากับ 3792 และ 3403 ลำต่อไร่ ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาถึงชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน พบว่าไม่มีผลต่อจำนวนลำต้นมันสำปะหลังทั้งในปี 2553 และปี 2554 ซึ่งให้ผลไปในทิศทางเดียวกันทั้งสองปีของการทดลอง (ภาพที่ 16) โดยการใส่มูลไก่แกลบมีแนวโน้มให้จำนวนลำต้นมันสำปะหลังสูงสุดเท่ากับ 3495 และ 3819 ลำต่อไร่ สำหรับปี 2553 และ 2554 ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ กรณีของการใส่หินฝุ่นโดยมีจำนวนลำต้นเท่ากับ 3266 และ 3581 ลำต่อไร่ ยิปซัมเท่ากับ 3126 และ 3556 ลำต่อไร่ สำหรับปี 2553 และ 2554 ตามลำดับ และ การไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินจะให้จำนวนลำต้นต่ำที่สุดเท่ากับ 2932 และ 3433 ลำต่อไร่ สำหรับปี 2553 และ 2554 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



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

ภาพที่ 16 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน ต่อจำนวนลำต้นมันสำปะหลัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลร่วมระหว่างการใช้ริปเปอร์และไม่ใช้ริปเปอร์ร่วมกับการใส่วัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อจำนวนลำต้นมันสำปะหลัง พบว่าในปี 2553 การใช้ริปเปอร์ร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบมีแนวโน้มทำให้จำนวนลำต้นมันสำปะหลังสูงที่สุดเท่ากับ 3528 ลำต่อไร่ และในกรณีที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินให้จำนวนลำต้นต่ำสุดเท่ากับ 2839 ลำต่อไร่ (ภาพที่ 16) และในปี 2554 พบว่าการใส่มูลไก่แกลบเพียงอย่างเดียวมีแนวโน้มทำให้จำนวนลำต้นมันสำปะหลังสูงที่สุดเท่ากับ 4232 ลำต่อไร่ แต่การใช้ริปเปอร์เพียงอย่างเดียวจะให้จำนวนลำต่อไร่ต่ำที่สุดเท่ากับ 3032 ลำต่อไร่ (ภาพที่ 16)

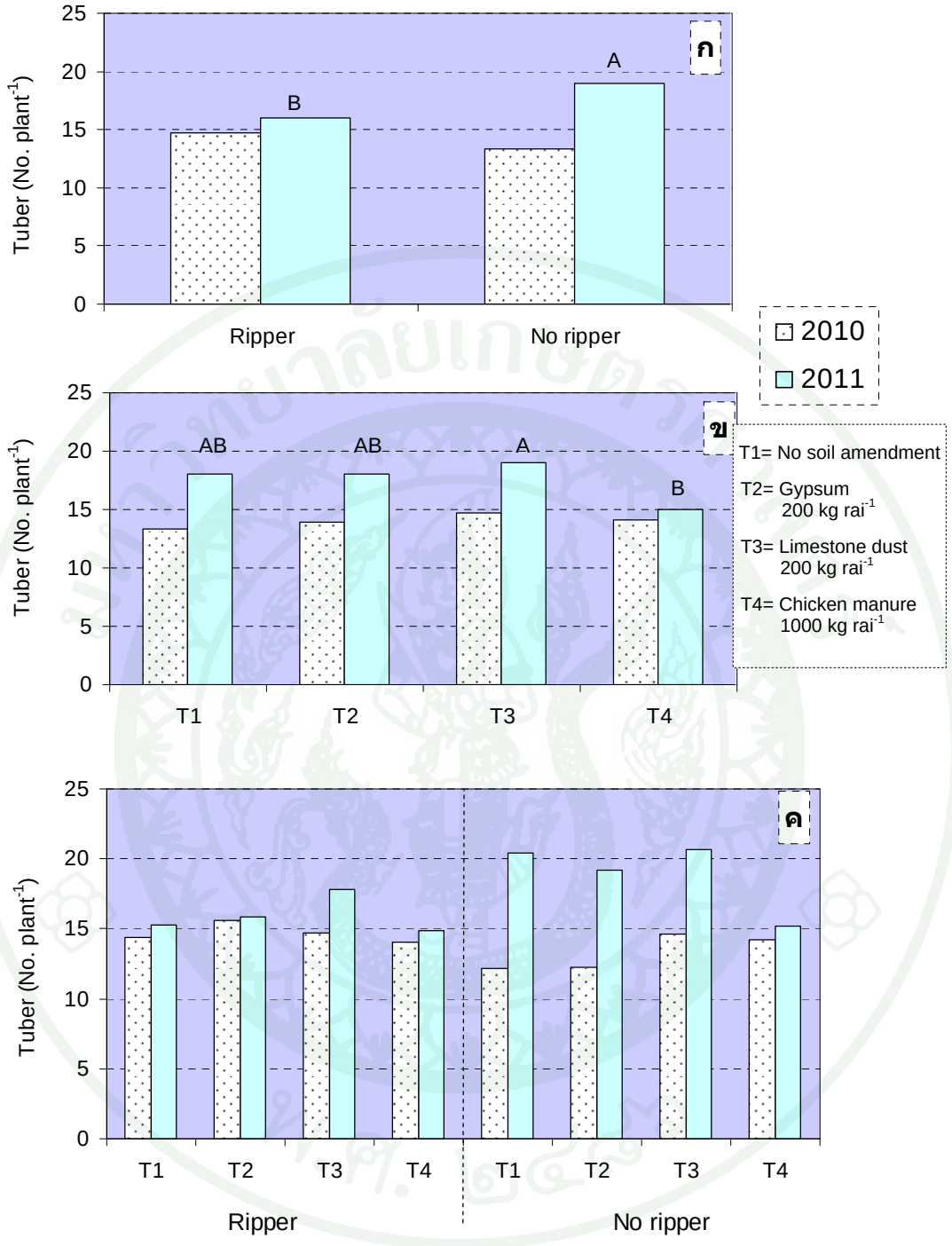
3.5 จำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ย

ผลการศึกษาพบว่าในปี 2553 การใช้ริปเปอร์ไม่มีผลต่อจำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ย โดยการใช้ริปเปอร์มีแนวโน้มให้จำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ยสูงกว่าการไม่ใช้ริปเปอร์ โดยมีจำนวนเท่ากับ 15 และ 13 หัวต่อต้น ตามลำดับ (ภาพที่ 17) ในทางตรงกันข้ามปี 2554 การไม่ใช้ริปเปอร์ส่งผลให้จำนวนหัวมันสำปะหลังสูงกว่าการใช้ริปเปอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 19 และ 16 หัวต่อต้น ตามลำดับ (ภาพที่ 17)

ในปี 2553 การใส่หินฝุ่นมีแนวโน้มให้จำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 15 หัวต่อต้น การใส่ยิปซัมและมูลไก่แกลบให้จำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ยเท่ากับ 14 หัวต่อต้น และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินจะให้จำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 13 หัวต่อต้น (ภาพที่ 17) แต่ในกรณีของปี 2554 ซึ่งให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับปี 2553 ที่พบว่าชนิดของวัสดุปรับปรุงดินส่งผลให้จำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่หินฝุ่นให้จำนวนหัวมันสำปะหลังต่อต้นสูงที่สุดเท่ากับ 19 หัวต่อต้น การใส่ยิปซัมและการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินให้จำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ยเท่ากันเท่ากับ 18 หัวต่อต้น และการใส่มูลไก่แกลบให้จำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 15 หัวต่อต้น (ภาพที่ 17)

ผลร่วมระหว่างการใช้ริปเปอร์และไม่ใช้ริปเปอร์ร่วมกับการใส่วัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อจำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ยทั้งสองปีการศึกษา (ภาพที่ 17) ในปี 2553 พบว่าการใช้ริปเปอร์ร่วมกับการใส่ยิปซัมมีแนวโน้มทำให้จำนวนหัวมันสำปะหลังต่อต้นสูงที่สุดเท่ากับ 16 หัวต่อต้น แต่ในกรณีที่ไม่มีการใช้ริปเปอร์ร่วมกลับมีแนวโน้มให้จำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ยต่ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



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

ภาพที่ 17 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อจำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ยต่อต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่สุดซึ่งมีจำนวนเท่ากับตำรับควบคุม (12 หัวต่อต้น) (ภาพที่ 17) และในปี 2554 พบว่าการไม่ใช้ริปเปอร์ร่วมกับการใส่หินฝุ่นมีแนวโน้มทำให้จำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 21 หัวต่อต้น แต่การใช้ริปเปอร์เพียงอย่างเดียวหรือการใส่มูลไก่แกลบทั้งในกรณีที่ใช้ริปเปอร์หรือไม่ใช้ริปเปอร์มีแนวโน้มให้จำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 15 หัวต่อต้น (ภาพที่ 17) ซึ่งให้ผลไม่สอดคล้องกับผลผลิตที่ได้แสดงให้เห็นว่าการใส่มูลไก่แกลบจะส่งผลให้ขนาดหัวมันสำปะหลังใหญ่กว่าการใส่วัสดุชนิดอื่นๆ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากมูลไก่แกลบน่าจะช่วยลดการอัดแน่นของดินได้ดีกว่าวัสดุอีก 2 ชนิด จึงอาจส่งเสริมต่อการขยายหัวมันสำปะหลัง

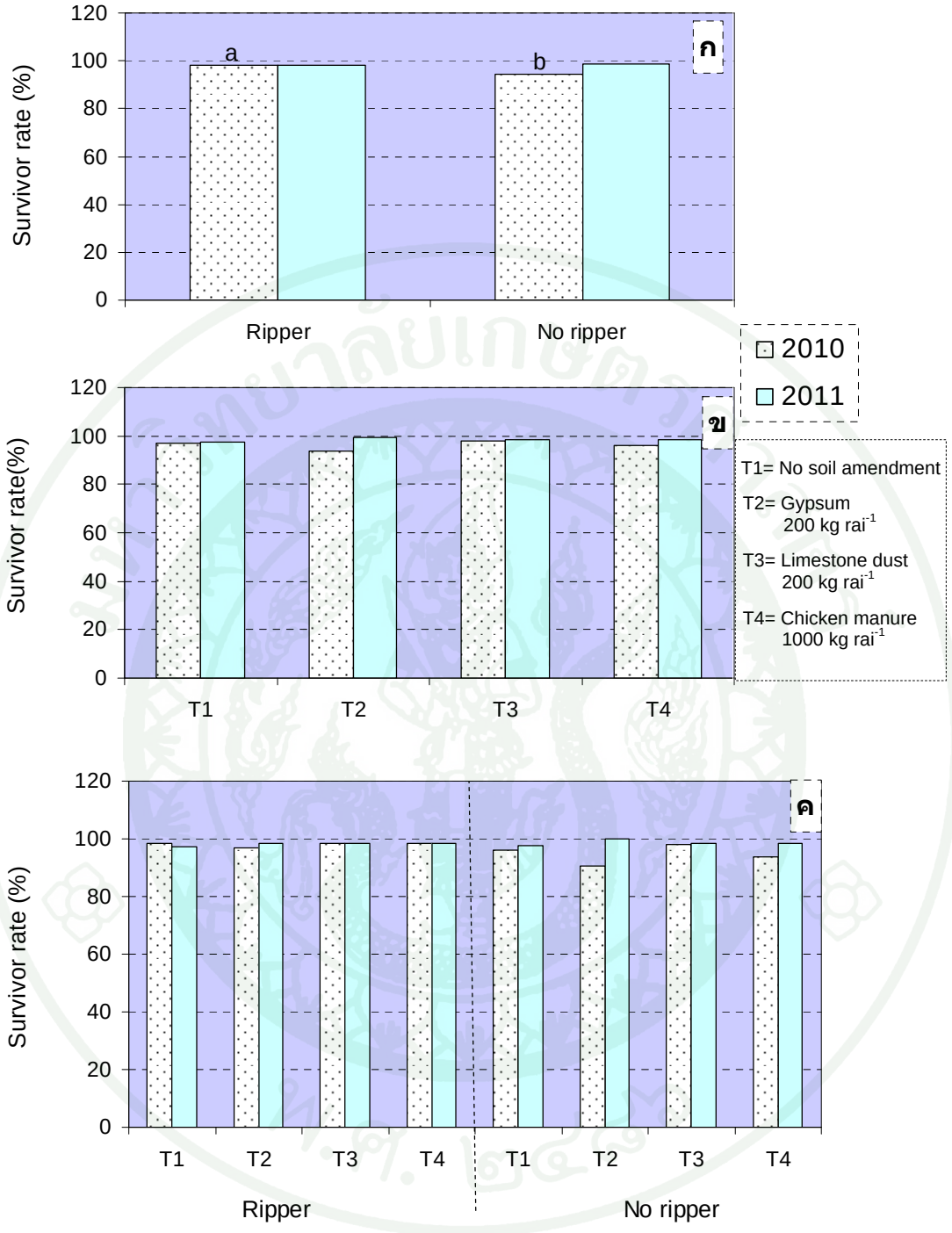
โดยภาพรวมมันสำปะหลังที่เก็บผลผลิตในปี 2554 ถึงแม้น้ำหนักหัวมันสดและน้ำหนักส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังที่ปลูกในทุกตำรับการทดลองมีแนวโน้มลดลงจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตในปี 2553 แต่กลับมีจำนวนลำต้นรวมทั้งจำนวนหัวเฉลี่ยสูงกว่า แสดงให้เห็นว่าในปี 2553 นั้นมันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตไม่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับปี 2552 ทั้งนี้อาจเป็นเหตุผลมาจากปี 2553 มีปริมาณฝนค่อนข้างมากโดยเฉพาะในเดือนกันยายน ซึ่งน่าจะเป็นช่วงที่มันสำปะหลังเริ่มสะสมแป้งพอดี อีกทั้งมันสำปะหลังยังเป็นพืชที่ไม่ต้องการน้ำขัง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550) จึงทำให้ส่งผลเสียต่อผลผลิตมันสำปะหลัง

3.6 อัตรารอดตายของมันสำปะหลัง

อัตราการรอดตายของมันสำปะหลังที่ปลูกทั้งสองปีการทดลองใกล้เคียงกันโดยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 94-98 และ 97-100 สำหรับปี 2553 และ ปี 2554 ตามลำดับ (ภาพที่ 18)

ในปี 2553 มันสำปะหลังในแปลงที่มีการใช้ริปเปอร์ อัตราการรอดตายต่ำกว่าการไม่ใช้ริปเปอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอัตรารอดตายของมันสำปะหลังมีค่าเท่ากับร้อยละ 95 และ 98 ตามลำดับ (ภาพที่ 18) และในปี 2554 พบว่าการใช้ริปเปอร์มีแนวโน้มให้อัตราการรอดตายสูงกว่าการไม่ใช้ริปเปอร์ โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 99 และ 98 ตามลำดับ (ภาพที่ 18)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



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

ภาพที่ 18 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่ออัตรารอดตายของมันสำปะหลัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่ออัตรารอดตายของมันสำปะหลังในปี 2553 การใส่หินฝุ่นมีแนวโน้มให้อัตรารอดตายสูงสุดเท่ากับร้อยละ 98 รองลงมา ได้แก่การไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน การใส่มูลไก่แกลบ และการใส่ยิปซัม ตามลำดับ โดยอัตรารอดตายของมันสำปะหลังมีค่าเท่ากับร้อยละ 97, 96 และ 94 ตามลำดับ (ภาพที่ 18) และในปี 2554 การใส่ยิปซัมมีแนวโน้มให้อัตรารอดตายสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 99 รองลงมา ได้แก่หินฝุ่นหรือมูลไก่แกลบ โดยมีอัตรารอดตายของมันสำปะหลังเท่ากันเท่ากับร้อยละ 98 และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินมีแนวโน้มให้อัตรารอดตายของมันสำปะหลังต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 97

ผลร่วมระหว่างการใช้ริปเปอร์และไม่ใช้ริปเปอร์ร่วมกับการใส่วัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่ออัตรารอดตายของมันสำปะหลัง ในปี 2553 พบว่าการใช้หินฝุ่นร่วมกับการใช้และไม่ใช้ริปเปอร์มีแนวโน้มให้มันสำปะหลังมีอัตราการรอดตายสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 98 ซึ่งให้ค่าเท่ากับในกรณีของการใส่มูลไก่แกลบร่วมกับการใช้ริปเปอร์ แต่ในกรณีที่ไม่มีการใช้ริปเปอร์ร่วมกลับมีแนวโน้มให้อัตราการรอดตายของมันสำปะหลังต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 94 (ภาพที่ 18) ในปี 2554 พบว่าการใส่หินฝุ่นเพียงอย่างเดียวมีแนวโน้มให้อัตราการรอดตายของมันสำปะหลังสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 100 แต่การใช้ริปเปอร์เพียงอย่างเดียวมีแนวโน้มให้อัตราการรอดของมันสำปะหลังต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 97

3.7 ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในใบมันสำปะหลังที่อายุ 4 เดือน

1) ความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในใบ

ในปี 2553 การใช้ริปเปอร์ส่งผลให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบสำปะหลังต่ำกว่าการไม่ใช้ริปเปอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 1.06 และ 1.23 ตามลำดับ (ภาพที่ 21) ส่วนความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบมันสำปะหลังมีค่าเท่ากับร้อยละ 4.89 และ 4.68 สำหรับการใช้และไม่ใช้ริปเปอร์ ตามลำดับ และฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลังมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.04 และ 0.06 สำหรับการใช้และไม่ใช้ริปเปอร์ ตามลำดับ (ภาพที่ 19 และ 20)

ในปี 2554 ที่พบว่า การใช้และไม่ใช้ริปเปอร์ให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบเท่ากับร้อยละ 2.11 และ 1.84 ตามลำดับ (ภาพที่ 19) การใช้ริปเปอร์ให้ค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสเท่ากับการไม่ใช้ริปเปอร์เท่ากับร้อยละ 0.12 (ภาพที่ 20) และการใช้และไม่ใช้ริปเปอร์จะให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบมีค่าเท่ากับร้อยละ 3.08 และ 3.02 ตามลำดับ

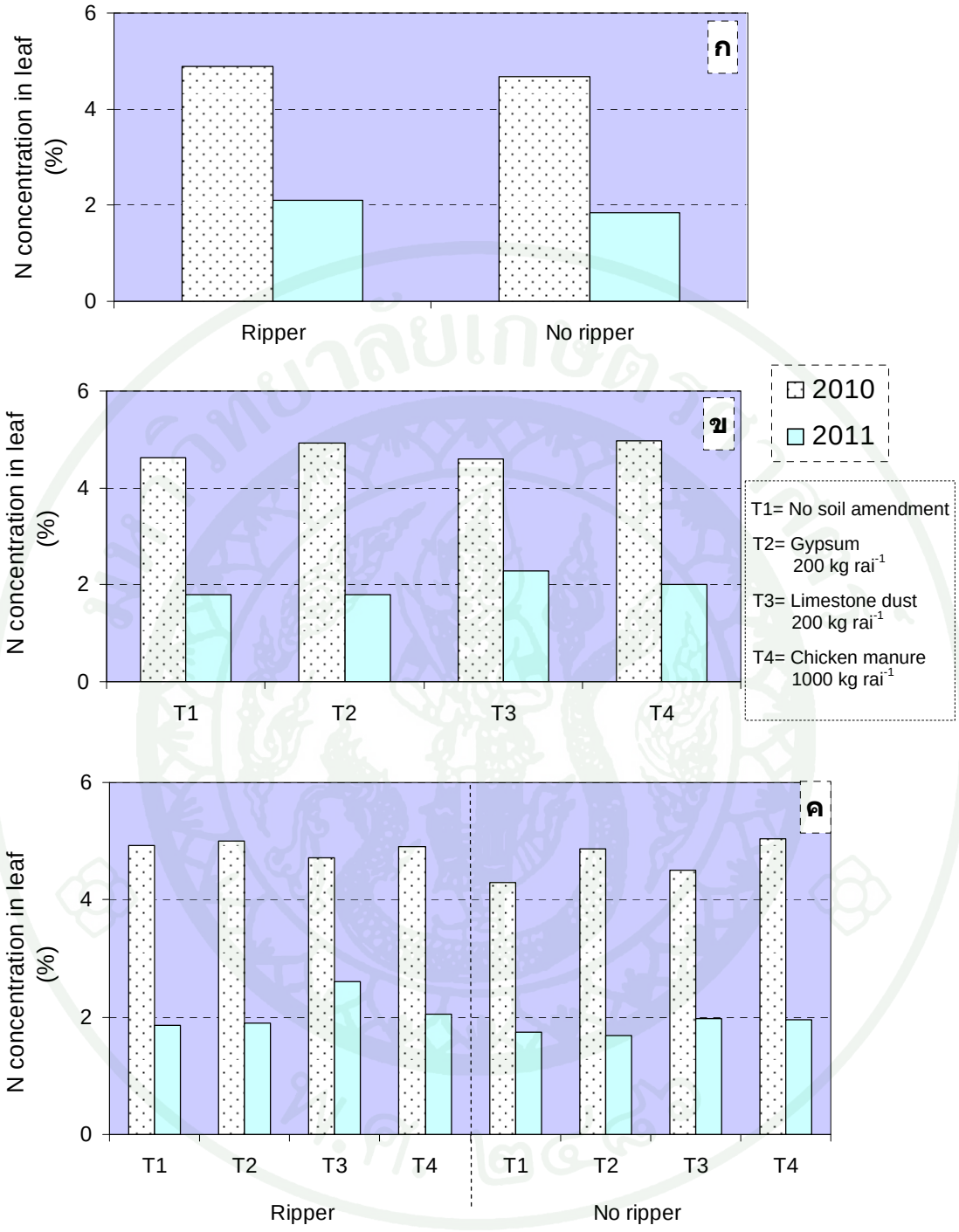
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในปี 2553 การใส่มูลไก่แกลบมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 4.97 (ภาพที่ 19) และในขณะที่ปี 2554 พบว่าการใส่หินฝุ่นมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 2.29 (ภาพที่ 19) ในกรณีของความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบพบว่าในปี 2553 การใส่มูลไก่แกลบและหินฝุ่นมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบต่ำสุดโดยมีเท่ากันค่าเท่ากับร้อยละ 0.04 แต่ในปี 2554 พบว่าการใส่มูลไก่แกลบให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบเท่ากับร้อยละ 0.14 ซึ่งมีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการใส่ยิปซัม หินฝุ่น และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินจะให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 20) ส่วนโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังของทั้งสองปีการทดลอง จะมีแนวโน้มสูงที่สุดในตำรับที่มีการใส่มูลไก่แกลบ โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 1.19 และ 3.40 ตามลำดับ (ภาพที่ 21) นอกจากนี้ในทุกตำรับการทดลองในปี 2553 มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบสูงกว่าแต่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมใบจะต่ำกว่าในปี 2554

ในปี 2553 การไม่ใช้ริปเปอร์ร่วมกับการมูลไก่แกลบมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของไนโตรเจน และโพแทสเซียมในใบสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 5.04 และ 1.31 ตามลำดับ (ภาพที่ 19 และ 21) ในขณะที่การไม่ใช้ริปเปอร์ร่วมกับการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินกลับมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 0.07 (ภาพที่ 20) และในปีที่ 2 ของการทดลอง ตำรับที่ไม่มีการใช้ริปเปอร์ร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในใบสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 0.15 และ 3.55 ตามลำดับ (ภาพที่ 20 และ 21) และตำรับที่ไม่มีการใช้ริปเปอร์ร่วมกับการใส่ยิปซัมมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 1.68, 0.10 และ 2.65 ตามลำดับ (ภาพที่ 19, 20 และ 21)

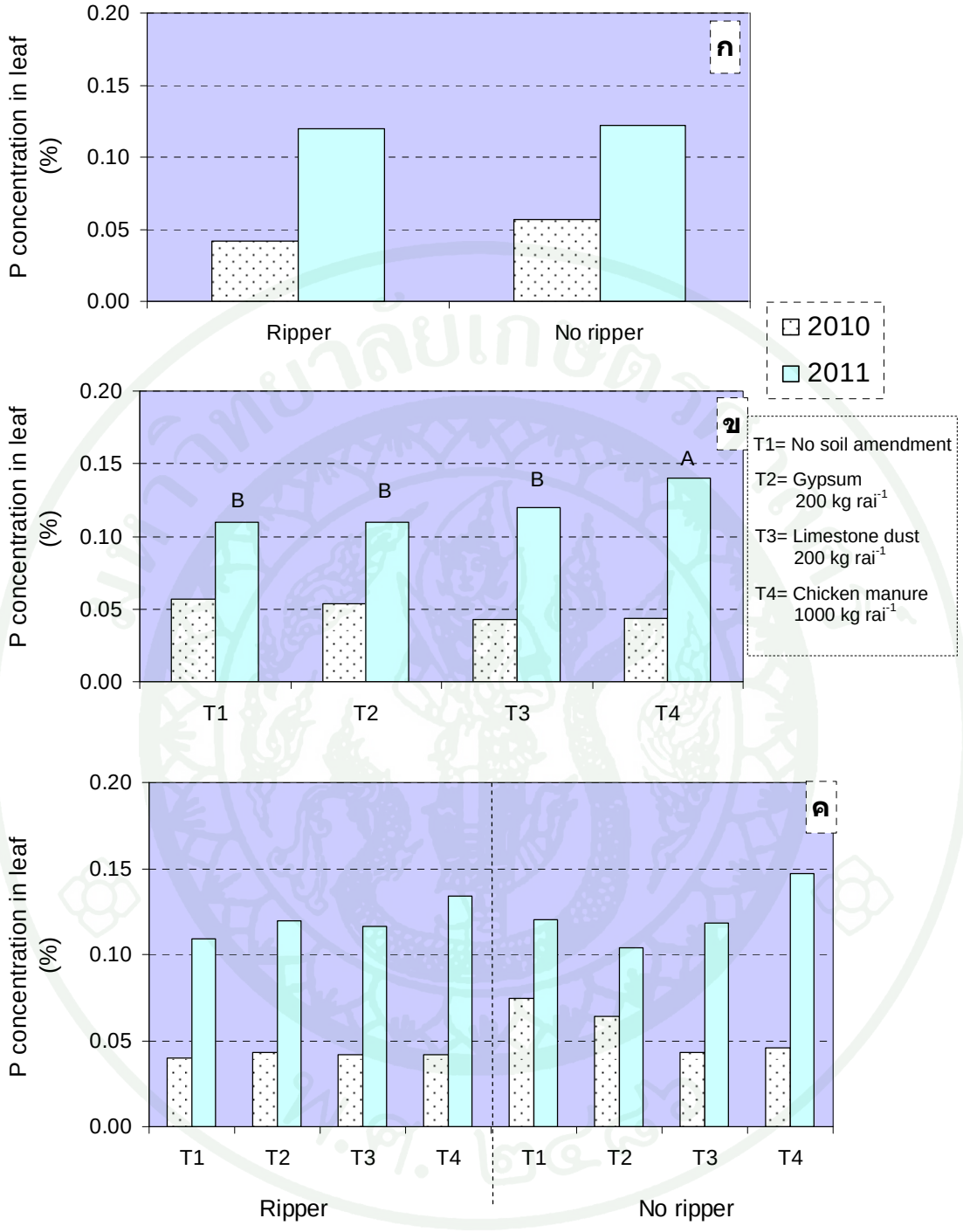
อย่างไรก็ตาม ในทุกตำรับการทดลองในปี 2553 มีความเข้มข้นของไนโตรเจนอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก โดยมีอยู่ในพิสัยร้อยละ 4.29-5.04 (ภาพที่ 19) มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสต่ำมาก โดยมีอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.04-0.07 (ภาพที่ 20) และมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมอยู่ในระดับต่ำมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 19 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบมันสำปะหลัง

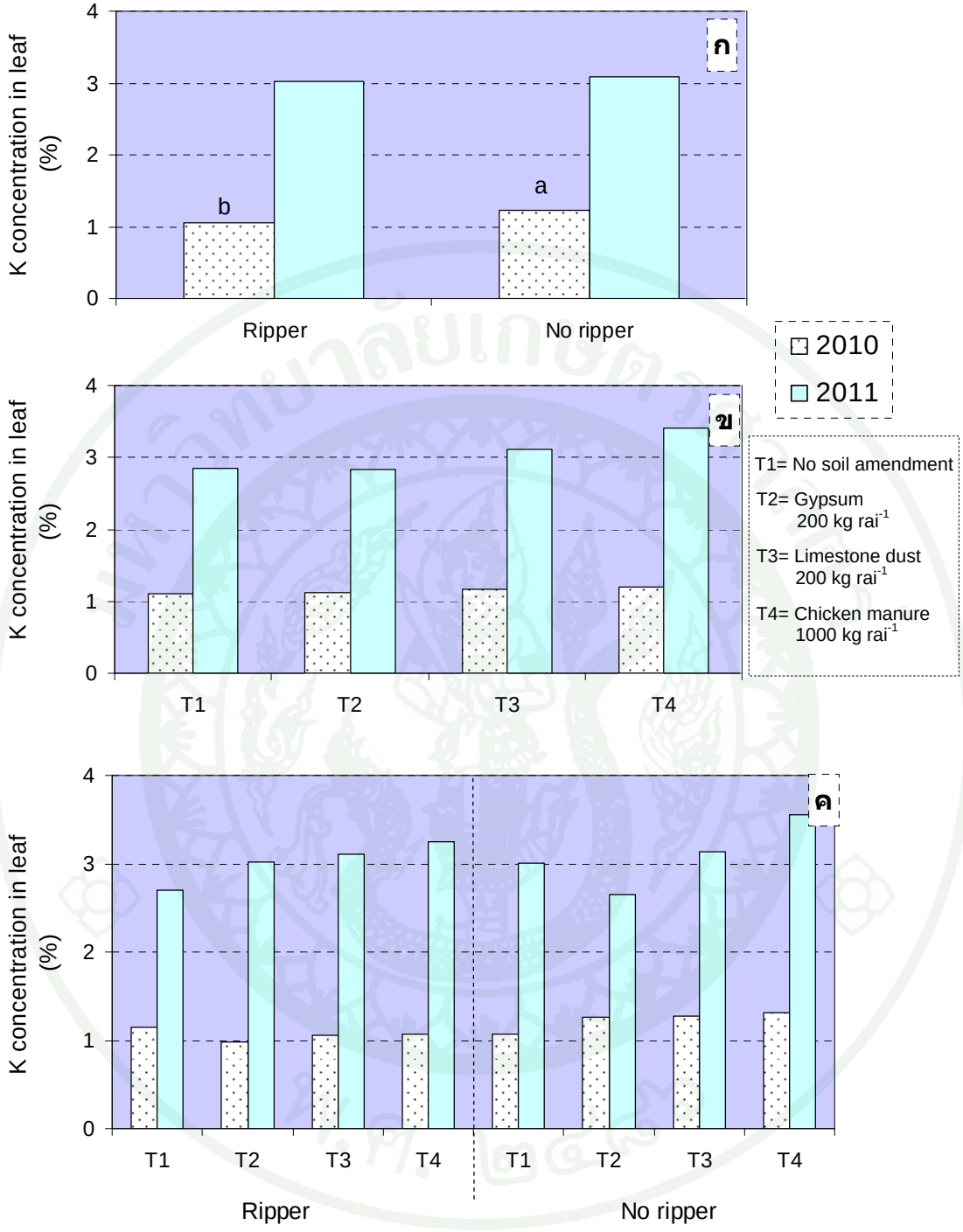
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



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

ภาพที่ 20 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



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

ภาพที่ 21 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ถึงเพียงพอโดยมีพิสัยร้อยละ 0.98-1.31 (ภาพที่ 21 และ ตารางผนวกที่ 9) ส่วนในปี 2554 ถึงเพียงพอโดยมีพิสัยร้อยละ 0.98-1.31 (ภาพที่ 21 และ ตารางผนวกที่ 9) ส่วนในปี 2554 พบว่ามีความเข้มข้นของไนโตรเจนอยู่ในระดับต่ำมากโดยมีอยู่ในพิสัยร้อยละ 1.68-2.61 (ภาพที่ 19) ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบต่ำมากโดยมีอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.10-0.15 (ภาพที่ 20) และมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมอยู่ในระดับสูงโดยมีอยู่ในพิสัยร้อยละ 2.65-3.55 (ภาพที่ 21 และตารางผนวกที่ 8) ซึ่งความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลังทั้งสองปีการทดลองมีแนวโน้มไม่เพียงพอต่อความต้องการของมันสำปะหลัง (Howeler, 1985)

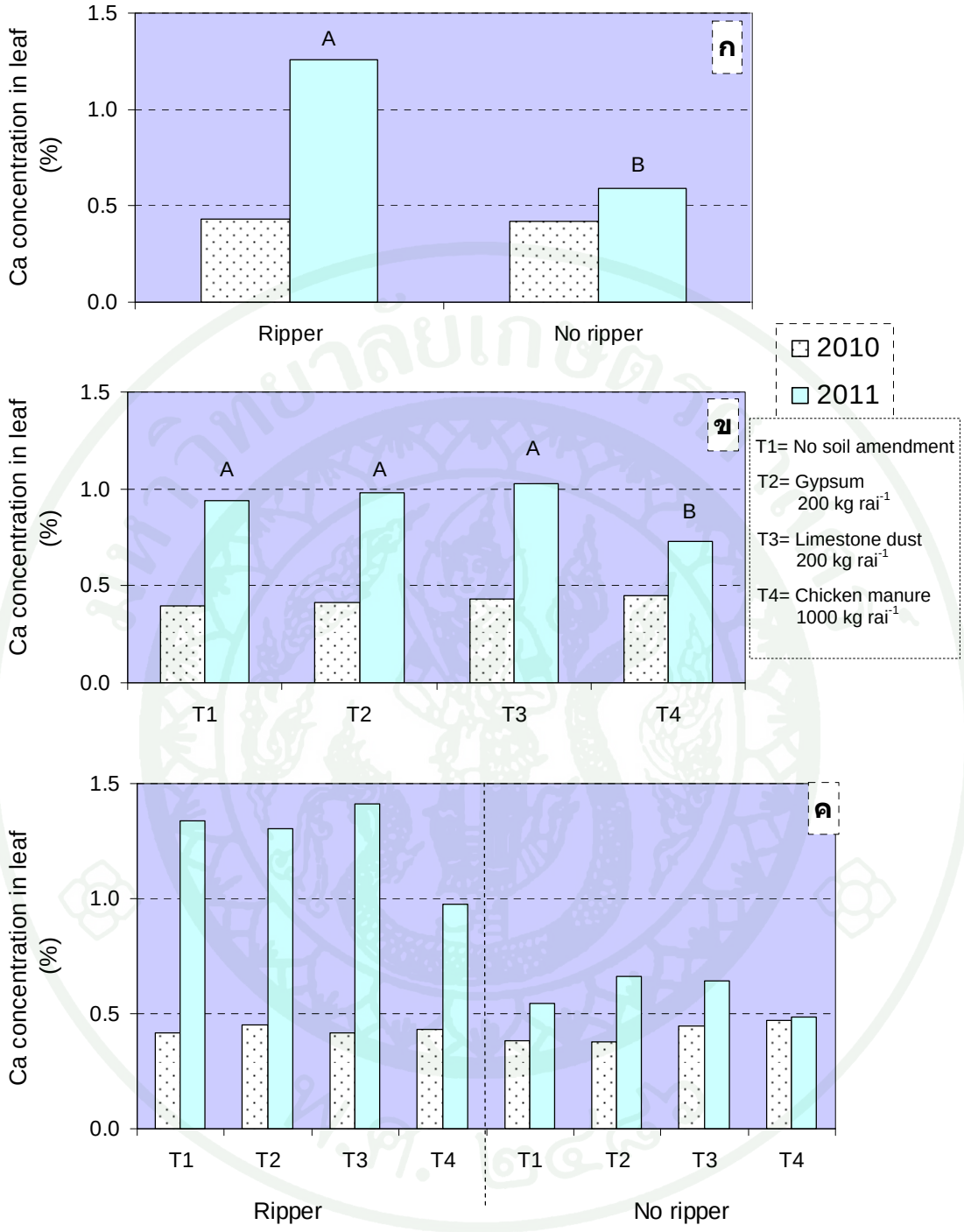
นอกจากนี้ในทุกตำรับการทดลองในปี 2553 มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบสูงกว่า แต่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมใบจะต่ำกว่าในปี 2554 ดังนั้นผลผลิตในทุกตำรับการทดลองในปี 2554 ที่ลดลงจากปี 2553 น่าจะเป็นเพราะความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบมีปริมาณต่ำกว่าอย่างชัดเจน ซึ่งมันสำปะหลังจะมีความต้องการไนโตรเจนสูงเนื่องจากนำมาใช้ในการเจริญเติบโตในช่วงแรก (Howeler, 1985)

2) ความเข้มข้นของธาตุอาหารรองในใบมันสำปะหลัง

ในปี 2553 พบว่าการใช้และไม่ใช้ริปเปอร์ให้ความเข้มข้นของแคลเซียมในใบใกล้เคียงกันโดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.43 และ 0.42 ตามลำดับ แต่ในปี 2554 การใช้ริปเปอร์ส่งผลให้ความเข้มข้นของแคลเซียมในใบเท่ากับร้อยละ 1.26 ซึ่งสูงกว่าไม่ใช้ริปเปอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ร้อยละ 0.59) (ภาพที่ 22) แต่ในกรณีของความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติในทั้งสองปีการทดลอง โดยในปี 2553 ค่าความเข้มข้นข้นของแมกนีเซียมเท่ากับร้อยละ 0.43 และ 0.35 สำหรับการใช้และไม่ใช้ริปเปอร์ ตามลำดับ และเท่ากับร้อยละ 0.89 และ 0.43 สำหรับการใช้และไม่ใช้ริปเปอร์ สำหรับปี 2554 ตามลำดับ (ภาพที่ 23)

ในปี 2553 การใส่มูลไก่แกลบมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมในใบมันสำปะหลังสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 0.45 และ 0.41 ตามลำดับ ในขณะที่หินฝุ่นยิปซัม และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมในใบมันสำปะหลังมีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.40-0.43 และ 0.37-0.39 สำหรับแคลเซียม และแมกนีเซียม ตามลำดับ (ภาพที่ 22 และ 23)

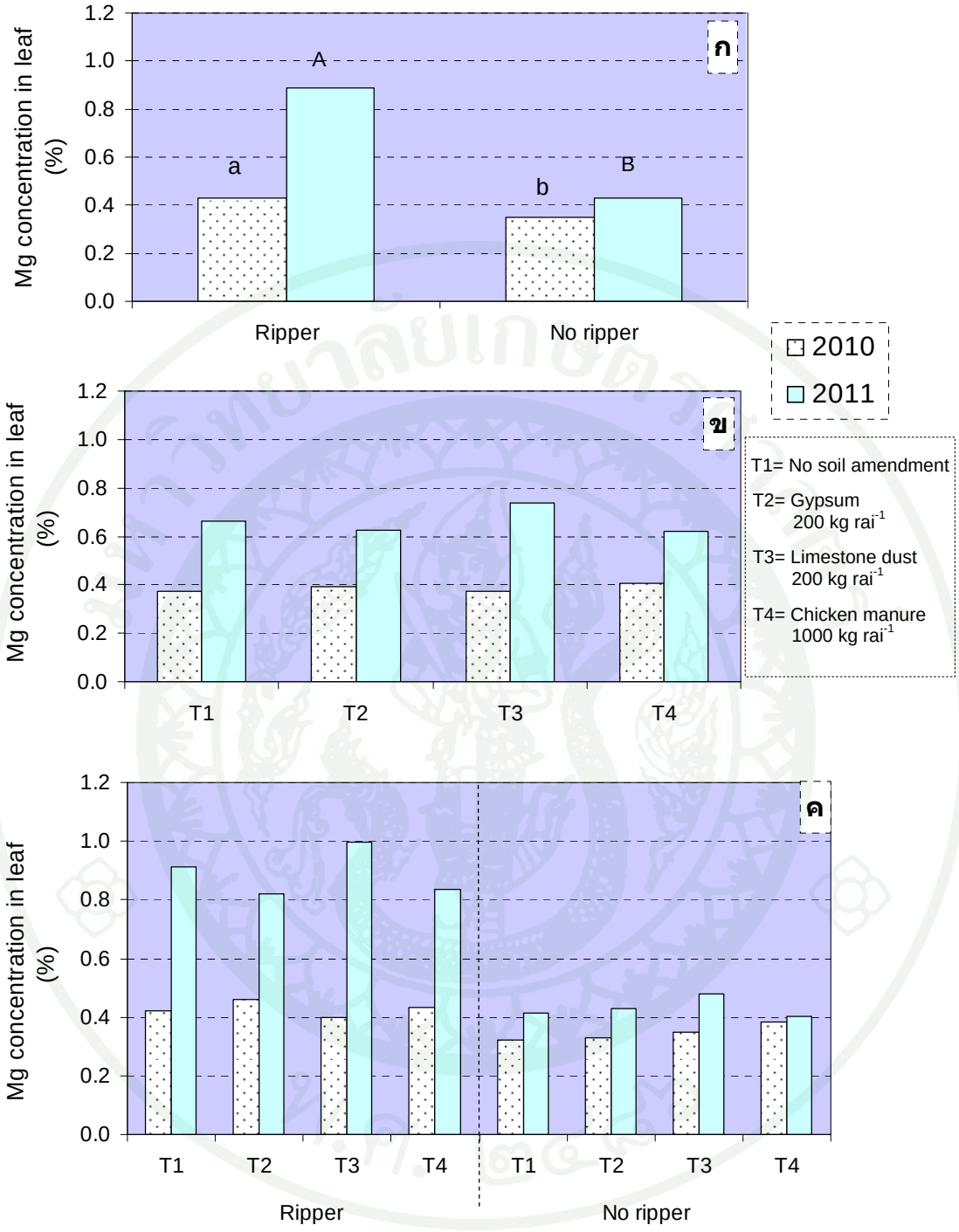
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



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

ภาพที่ 22 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมในใบมันสำปะหลัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



The different letters in graph are significantly different at P<0.05, which the small and capital letters were indicated for 2010 and 2011 respectively.

ภาพที่ 23 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อความเข้มข้นของธาตุแมกนีเซียมในใบมันสำปะหลัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในปี 2554 ชนิดของวัสดุปรับปรุงดินส่งผลต่อความเข้มข้นของแคลเซียมในใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่หินฝุ่น ยิปซัม และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินให้ความเข้มข้นของแคลเซียมในใบไม่แตกต่างกันโดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 1.03, 0.98 และ 0.94 สำหรับวัสดุทั้ง 3 ชนิด ตามลำดับ ทั้งนี้น่าจะเป็นผลมาจากวัสดุหินฝุ่นและยิปซัมมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบหลักจึงปลดปล่อยแคลเซียมออกมาในดินให้พืชดูดใช้ (Favaretto *et al.,* 2006) (ภาพที่ 22-23) และการใส่มูลไก่แกลบส่งผลให้ความเข้มข้นของแคลเซียมในใบต่ำที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 0.73 ส่วนค่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบมันสำปะหลังมีแนวโน้มว่าการใส่หินฝุ่นจะให้ค่าสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 0.74 ในขณะที่ยิปซัม มูลไก่แกลบ และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมในใบมันสำปะหลังมีปริมาณใกล้เคียงกันเท่ากับร้อยละ 0.63, 0.62 และ 0.66 ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม ในทุกตำรับการทดลองในปี 2553 ความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมอยู่ในระดับต่ำมากโดยมีอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.38-0.47 และ 0.32-0.46 ตามลำดับ ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของมันสำปะหลัง (Howeler, 1985) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในปี 2554 โดยความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมอยู่ในระดับต่ำถึงสูง มีอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.49-1.41 และ 0.40-1.00 ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 9)

3) ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารในใบมันสำปะหลัง

การใช้ริปเปอร์ส่งผลต่อความเข้มข้นของจุลธาตุในใบให้แตกต่างจาการไม่ใช้ริปเปอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 24-25) ยกเว้นกรณีของแมงกานีส สำหรับปี 2553 และทองแดงสำหรับปี 2554

โดยในปี 2553 การใช้ริปเปอร์ส่งผลให้ความเข้มข้นของเหล็กในใบเท่ากับ 87.21 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าการไม่ใช้ริปเปอร์ (61.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แต่ในปี 2554 การไม่ใช้ริปเปอร์กลับส่งผลให้ความเข้มข้นของเหล็กสูงกว่าการใช้ริปเปอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 120.9 และ 78.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 24)

การใช้ริปเปอร์มีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของทองแดงในใบในปี 2553 สูงกว่าการไม่ใช้ริปเปอร์ โดยมีค่าเท่ากับ 2.9 และ 2.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 25) เช่นเดียวกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

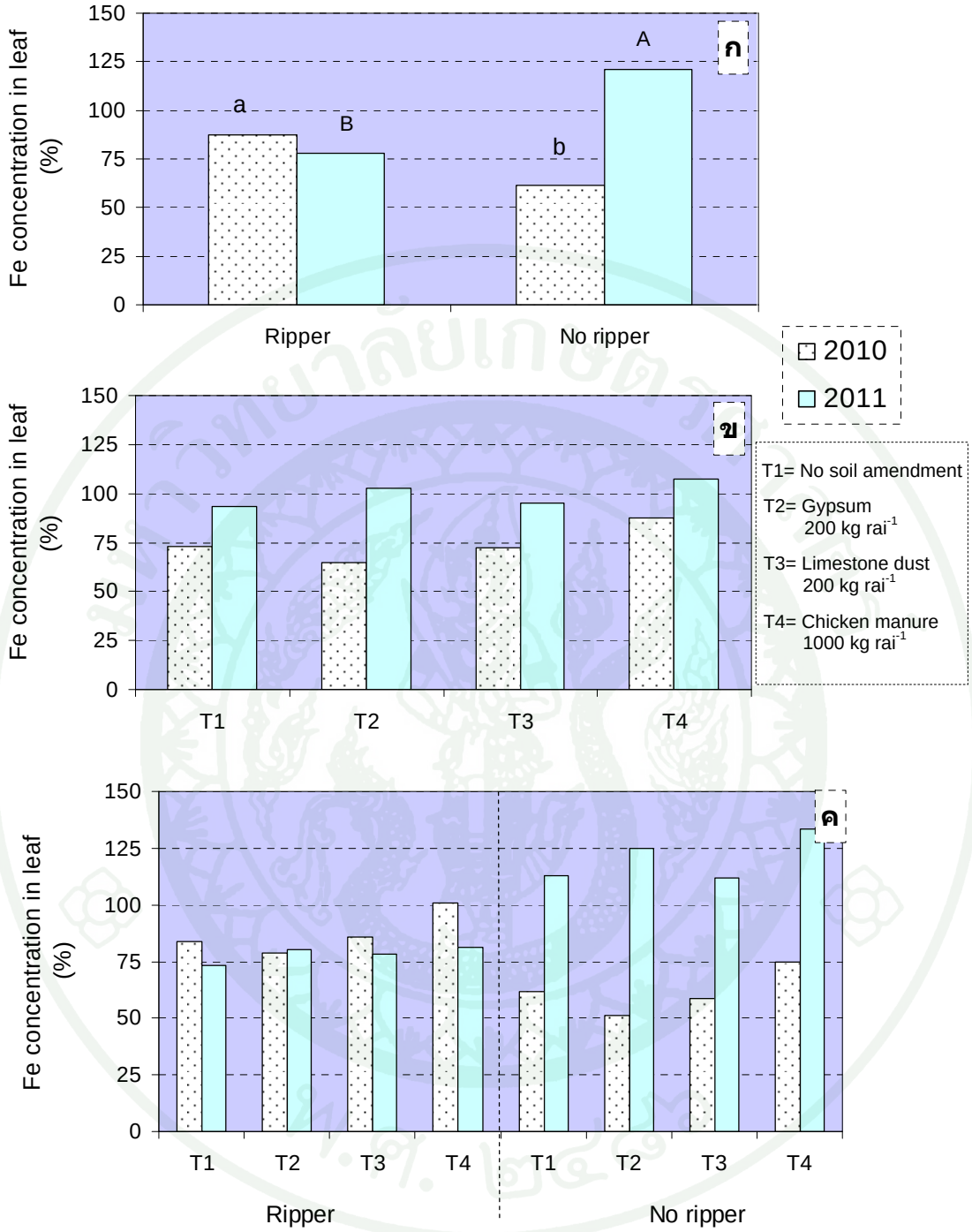
กับปี 2554 ที่การใช้ริปเปอร์ส่งผลให้ความเข้มข้นของทองแดงในใบสูงกว่าการไม่ใช้ริปเปอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 5.3 และ 2.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

และในปี 2553 การใช้ริปเปอร์ให้ความเข้มข้นของแมงกานีสในใบสูงกว่าการไม่ใช้ริปเปอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 408.2 และ 343.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 26) ตามลำดับ ส่วนในปี 2554 ความเข้มข้นของแมงกานีสกลับไม่มีความแตกต่างกันแต่การใช้ริปเปอร์มีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของแมงกานีสสูงกว่าการไม่ใช้ริปเปอร์เช่นกันโดยมีค่าเท่ากับ 307.4 และ 268.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ (ภาพที่ 26)

ชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อความเข้มข้นของเหล็ก ทองแดง และแมงกานีสในใบมันสำปะหลัง โดยทั้งสองปีของการทดลองให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน (ภาพที่ 24-26) การใส่มูลไก่แกลบมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของเหล็กในใบสูงที่สุด เท่ากับ 87.6 และ 107.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับปี 2553 และ 2554 ตามลำดับ (ภาพที่ 24) การใส่ยิปซัมมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของทองแดงในใบสูงที่สุดเท่ากับ 2.8 และ 4.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 25) และ การใส่หินฝุ่นมีแนวโน้มให้การสะสมแมงกานีสในใบสูงที่สุด เท่ากับ 426.2 และ 302.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 26)

เช่นเดียวกันกับอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ริปเปอร์ร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินที่ไม่มีผลต่อความเข้มข้นของเหล็ก ทองแดง และแมงกานีสในใบมันสำปะหลัง (ภาพที่ 24-26) โดยในปี 2553 พบว่าการใส่มูลไก่แกลบร่วมกับการใช้ริปเปอร์มีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของเหล็กและทองแดงสูงที่สุดเท่ากับ 100.7 และ 3.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 24-25) ส่วนในปี 2554 พบว่าการใส่ยิปซัมร่วมกับการไม่ใช้ริปเปอร์มีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของเหล็กและทองแดงในใบสูงที่สุด ท่ากับ 125.1 และ 6.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 24-25) และการใส่หินฝุ่นร่วมกับการใช้ริปเปอร์มีแนวโน้มให้การสะสมแมงกานีสในใบสูงที่สุดทั้งสองปีการทดลอง โดยมีปริมาณเท่ากับ 447 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในปี 2553 และมีแนวโน้มลดลงเป็น 334 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในปี 2554 (ภาพที่ 26)

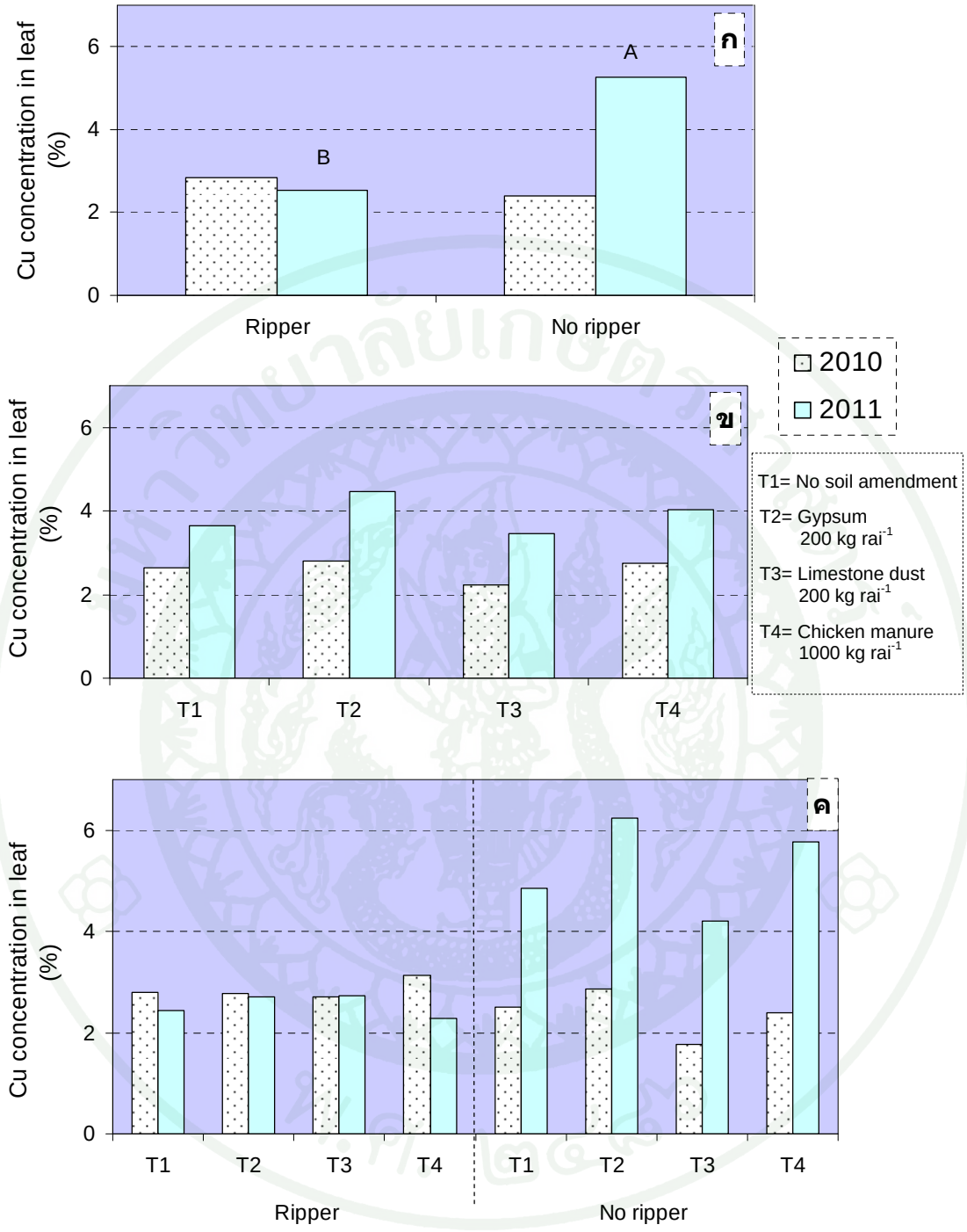
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



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

ภาพที่ 24 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อความเข้มข้นของธาตุเหล็กในใบมันสำปะหลัง

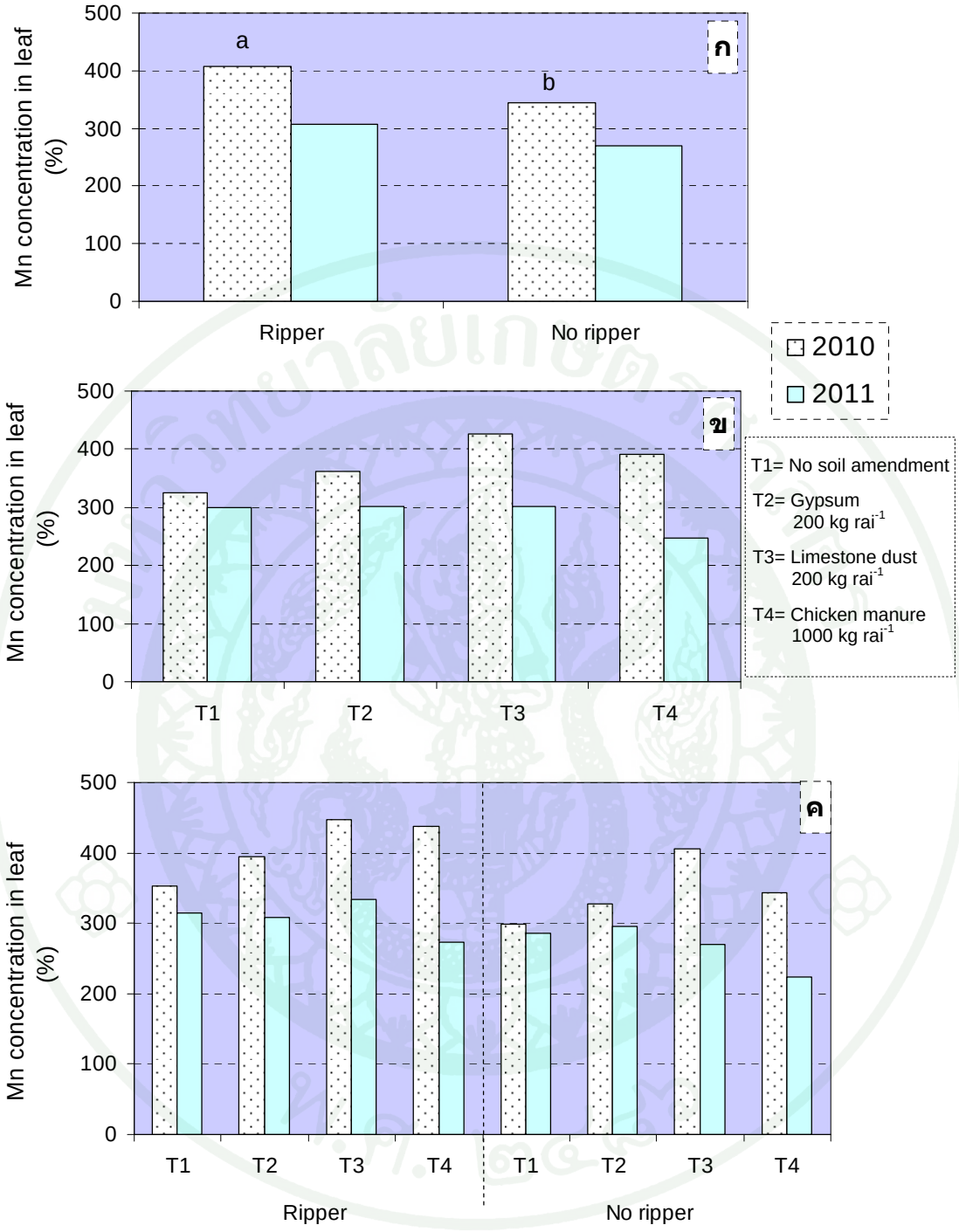
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



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

ภาพที่ 25 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อความเข้มข้นของธาตุทองแดงในใบมันสำปะหลัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



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

ภาพที่ 26 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อความเข้มข้นของธาตุแมงกานีสในใบมันสำปะหลัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยภาพรวมพบว่า ความเข้มข้นของเหล็กในใบอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำโดยมีค่าอยู่ในพิสัย 51-134 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ความเข้มข้นของทองแดงในใบอยู่ในระดับต่ำมาก โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 1.76-3.13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งความเข้มข้นของเหล็กและทองแดงมีแนวโน้มไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง (Howeler, 1985) แต่อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของเหล็กและทองแดงในใบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในปี 2554 แต่ยังอยู่ในระดับที่ไม่พอเพียง

ความเข้มข้นของแมงกานีสในใบมันสำปะหลังอยู่ในระดับที่เป็นพิษแก่พืชโดยมีค่าอยู่ในพิสัย 223-447 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Howeler, 1985) (ตารางผนวกที่ 9) โดยมีปริมาณลดลงในปี 2554 ทั้งนี้อาจเนื่องจากว่าดินในพื้นที่ทำการศึกษามีความเป็นกรดจัด ซึ่งมีพีเอชอยู่ในพิสัย 4.9-5.5 แมงกานีสส่วนใหญ่จึงอยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดใช้ได้ง่าย จึงมีผลให้ความเข้มข้นของแมงกานีสในใบสูงจนอยู่ในระดับที่เป็นพิษ อย่างไรก็ตาม การใส่มูลไก่แกลบเพียงอย่างเดียว หรือการใช้ร่วมกับการใช้ริปเปอร์มีแนวโน้มให้พืชสะสมธาตุนี้ในใบน้อยกว่าการจัดการรูปแบบอื่น ๆ โดยเฉพาะในปี 2554

4. ผลของการไถระเบิดดาน และชนิดวัสดุปรับปรุงดินต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดิน

4.1 สมบัติทางฟิสิกส์

4.1.1 ความหนาแน่นรวมของดิน

ผลการศึกษา พบว่า การใช้ริปเปอร์ส่งผลต่อความหนาแน่นรวมของดินที่ระดับความลึก 20-30 เซนติเมตร เฉพาะในปี 2554 เท่านั้น แต่ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน และอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ริปเปอร์ร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อความหนาแน่นรวมของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ ตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร (ตารางที่ 5)

ในปี 2553 การใช้ริปเปอร์มีแนวโน้มให้ความหนาแน่นรวมของดินสูงกว่าการไม่ใช้ริปเปอร์เล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 1.41-1.66 และ 1.41-1.49 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในชั้นดินล่าง แต่ในปี 2554 การใช้ริปเปอร์ส่งผลให้ดินที่ระดับความลึก 20-30 เซนติเมตร มีความหนาแน่นรวมเท่ากับ 1.51 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตรซึ่งสูงกว่าไม่ใช้ริปเปอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5) ในขณะที่ความหนาแน่นรวมของดินที่ระดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความลึก 0-10 และ 40-50 เซนติเมตร กลับมีค่าใกล้เคียงกันทั้งการใช้และไม่ใช้ริปเปอร์และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าชั้นดานอาจถูกทำลายเฉพาะในช่วงแรกของการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังเท่านั้น จากนั้นก็เกิดการอัดแน่นใหม่ดังมีรายงานมาก่อนหน้านี้ (Raper *et al*., 1998; Munkholm *et al.,* 2007) เนื่องจากดินที่ทำการศึกษาจัดอยู่ในกลุ่มเนื้อหยาบในดินบนและหยาบปานกลางในดินล่าง โดยที่ความลึกประมาณ 20 เซนติเมตรนั้นจะมีเนื้อดินเป็นทรายปนร่วนซึ่งประกอบไปด้วยอนุภาคขนาดทรายละเอียดหรือทรายแป้งในปริมาณสูง โครงสร้างของดินถูกทำลายได้ง่ายเนื่องจากทนแรงกระทำจากการไถพรวนหรือการกดทับด้วยเครื่องจักรขนาดใหญ่ได้น้อย จึงง่ายต่อการถูกอัดตัว(Anusontpornperm *et al*., 2005; กรมพัฒนาที่ดิน, 2550; เอกราช, 2552; อรพิน, 2553) จึงมีแนวโน้มที่จะพบชั้นดานไถพรวนในดินเหล่านี้เสมอ นอกจากนี้การใช้ริปเปอร์มีแนวโน้มที่จะทำลายชั้นดานได้ในช่วงแรก (ปีแรกของการทดลอง) ซึ่งช่วยส่งเสริมให้เกิดการถ่ายเทของอากาศรวมทั้งอาจช่วยเพิ่มความชื้นในดิน (Clark and Humphreys, 1996; Bateman and Chanasyk, 2001) ได้ดีกว่าการไม่ใช้ริปเปอร์ จึงส่งเสริมต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ทำให้อินทรียวัตถุในดินสลายตัวได้เร็วขึ้น ส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำกว่า (ตารางที่ 11) จึงอาจเป็นสาเหตุให้โครงสร้างของดินถูกทำลายได้ง่ายซึ่งสอดคล้องกับร้อยละเม็ดดินเสถียรน้ำของดิน ดินจึงอาจเกิดการอัดแน่นอีกภายใน 1 ฤดูกาลปลูก

ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าชั้นดานมีแนวโน้มที่กลับมาอัดแน่นอีกครั้งภายใน 10 เดือน หลังจากถูกทำลาย จากเหตุผลดังกล่าวน่าจะเป็นเหตุผลที่ทำให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังลดลงในปีที่สองของการทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากชั้นดานจะจำกัดการเจริญเติบโตของและการชอนไชของรากพืช จึงทำให้พืชดูดกินธาตุอาหารและน้ำได้น้อยลง พืชจึงแคระแกรน ผลผลิตมันสำปะหลังจึงลดลง (Hakansson and Reeder, 1994)

การใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ส่งผลให้ดินมีความหนาแน่นรวมมีค่าอยู่ในพิสัย 1.38-1.70 และ 1.41-1.61 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับปี 2553 และปี 2554 ตามลำดับ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามความลึก ซึ่งให้ผลไม่แตกต่างกันโดยในปี 2553 การไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินให้ความหนาแน่นของดินทั้ง 3 ระดับความลึกอยู่ในพิสัย 1.43-1.70 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ส่วนการใส่ยิปซัม หินฝุ่น และมูลไก่แกลบ จะให้ความหนาแน่นรวมของดินอยู่ในพิสัย 1.38-1.63, 1.41-1.53 และ 1.43-1.55 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และในปี 2554 การไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินให้ความหนาแน่นของดินทั้ง 3 ระดับความลึกอยู่ในพิสัย 1.45-1.54 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ส่วนการใส่ยิปซัม หินฝุ่น และมูลไก่แกลบ จะให้ความ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หนาแน่นรวมของดินอยู่ในพิสัย 1.41-1.60, 1.47-1.61 และ 1.45-1.60 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

อิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ริปเปอร์ร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน ทำให้ความหนาแน่นรวมของดินในปี 2553 อยู่ในพิสัย 1.39-1.77 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และปี 2554 มีค่าอยู่ในพิสัย 1.41-1.61 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

การใช้ริปเปอร์ร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบ หินฝุ่น ยิปซัมและไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินจะให้ความหนาแน่นรวมของดินที่ 3 ระดับความลึกมีค่าอยู่ในพิสัย 1.43-1.63, 1.42-1.63, 1.39-1.60 และ 1.39-1.77 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ แต่เมื่อไม่มีการใช้ริปเปอร์ร่วมด้วย ความหนาแน่นรวมของดินที่ 3 ระดับความลึกมีค่าอยู่ในพิสัย 1.43-1.60, 1.39-1.61, 1.36-1.65 และ 1.46-1.64 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

4.1.2 สภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ

ผลการศึกษา พบว่า การไม่ใช้ริปเปอร์มีผลต่อสภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำที่ระดับความลึก 20-30 เซนติเมตรในปี 2554 และชนิดของวัสดุปรับปรุงดินมีผลต่อสภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตรในปี 2553 และอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ริปเปอร์ร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อสภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำที่ระดับความลึกต่าง ๆ ตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร (ตารางที่ 6)

ในปี 2553 การใช้ริปเปอร์ไม่มีผลต่อสภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำแต่กลับส่งผลในปี 2554 โดยการไม่ใช้ริปเปอร์มีแนวโน้มให้สภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำสูงกว่าการใช้ริปเปอร์ส่งผลให้ดินที่ระดับความลึก 20-30 เซนติเมตร มีสภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำเท่ากับ 24.15 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับใช้ริปเปอร์ (22.14 เซนติเมตรต่อชั่วโมง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลการศึกษาที่ได้ในครั้งนี้มีทิศทางตรงกันข้ามกับการศึกษาก่อนหน้านี้ (Clark and Humphreys, 1996; Moffat and Boswell, 1996; Bateman and Chanasyk, 2001)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อความหนาแน่นรวมของดินที่ 3 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร

Treatment	Bulk density (Mg m^{-3})					
	2010			2011		
	0-10 cm	20-30 cm	40-50 cm	0-10 cm	20-30 cm	40-50 cm
P1	1.41	1.57	1.66	1.45	1.51a	1.59
P2	1.41	1.54	1.55	1.46	1.44b	1.59
F-test	ns	ns	ns	ns	*	ns
T1	1.43	1.57	1.70	1.45	1.48	1.54
T2	1.38	1.54	1.63	1.41	1.48	1.60
T3	1.41	1.55	1.53	1.49	1.47	1.61
T4	1.43	1.56	1.55	1.45	1.48	1.60
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P1T1	1.39	1.58	1.77	1.44	1.51	1.56
P1T2	1.39	1.54	1.60	1.41	1.50	1.58
P1T3	1.42	1.55	1.63	1.47	1.52	1.60
P1T4	1.43	1.60	1.63	1.47	1.52	1.61
P2T1	1.46	1.57	1.64	1.47	1.46	1.51
P2T2	1.36	1.54	1.65	1.41	1.46	1.62
P2T3	1.39	1.55	1.42	1.51	1.42	1.61
P2T4	1.43	1.52	1.48	1.44	1.43	1.60
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Remark * significant at 0.05 probability levels

Means with the different letters in colum are significantly different to each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ns: non significant

P1: Ripper; P2: No ripper

T1: No soil conditioner; T2: Gypsum 200 kg rai^{-1}

T3: Limestone dust 200 kg rai^{-1}; T4: Chicken manure 1,000 kg rai^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อย่างไรก็ตามทั้งสองปีการทดลอง การใช้ริปเปอร์มีแนวโน้มให้ค่าสภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำใกล้เคียงกับการไม่ใช้ริปเปอร์โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 19.10-24.35 และ 19.32-22.38 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ สำหรับปี 2553 และในปี 2554 สภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำของดินมีค่าอยู่ในพิสัย 22.14-24.86 และ 24.15-24.63 เซนติเมตรต่อชั่วโมง สำหรับดินภายใต้การใช้ริปเปอร์และไม่ใช้ริปเปอร์ ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

การใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ส่งผลให้ดินมีค่าสภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำมีค่าอยู่ในพิสัย 16.4-33.9 และ 21.5-25.1 เซนติเมตรต่อชั่วโมง สำหรับปี 2553 และปี 2554 ตามลำดับ (ตารางที่ 6) และในปี 2553 การไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินส่งผลให้ค่าสภาพการนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำที่ความลึก 0-10 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ 33.9 เซนติเมตรต่อชั่วโมงซึ่งเร็วกว่าการใส่ยิปซัม หินฝุ่นและมูลไก่แกลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 15.9, 16.9 และ 16.3 เซนติเมตรต่อชั่วโมง สำหรับวัสดุปรับปรุงดินทั้ง 3 ชนิด ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ทั้งนี้อาจเนื่องจากโครงสร้างของดินบนที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่เป็นแบบเม็ดเดี่ยว (single grains) ซึ่งมีลักษณะเป็นเม็ดทรายที่ไม่เกาะตัวกันจึงทำให้น้ำซาบซึมลงไปได้อย่างรวดเร็ว แต่ในกรณีของวัสดุอื่น ๆ นั้นจะส่งเสริมให้เกิดเป็นโครงสร้างดินที่แข็งแรงกว่า การซาบซึมของน้ำจึงอาจช้ากว่า

ในปี 2554 การใส่มูลไก่แกลบ หินฝุ่น ยิปซัม และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ให้ค่าสภาพการนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำของดินที่ 3 ระดับความลึก มีค่าอยู่ในพิสัย 23.55-25.05, 21.51-24.4, 23.11-25.07 และ 22.83-24.47 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

อิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ริปเปอร์ร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินส่งให้ค่าสภาพการนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำของดินในปี 2553 มีค่าอยู่ในพิสัย 13.7-29.7 เซนติเมตรต่อชั่วโมง และปี 2554 มีค่าอยู่ในพิสัย 20.0-25.2 เซนติเมตรต่อชั่วโมง (ภาพที่ 6)

โดยการใช้ริปเปอร์ร่วมกับใส่มูลไก่แกลบ หินฝุ่น ยิปซัมและไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน จะให้ค่าสภาพการนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำของดินที่ 3 ระดับความลึกมีค่าอยู่ในพิสัย 13.65-27.77, 16.23-29.74, 17.53-28.54 และ 15.79-28.98 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ แต่เมื่อไม่มีการใช้ริปเปอร์ร่วมด้วยจะให้ค่าสภาพการนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำของดินที่ 3 ระดับความลึกมีค่าอยู่ในพิสัย 15.63-25.22, 13.91-23.62, 14.20-25.05 และ 24.34-38.74 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อค่าสภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวที่ 3 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร

Treatment	Hydraulic conductivity (cm h^{-1})					
	2010			2011		
	0-10 cm	20-30 cm	40-50 cm	0-10 cm	20-30 cm	40-50 cm
P1	19.10	20.90	24.35	24.86	22.14b	22.40
P2	22.38	19.32	20.66	24.63	24.15a	24.47
F-test	ns	ns	ns	ns	*	ns
T1	33.86 a	21.43	25.42	24.47	23.49	22.83
T2	15.86 b	20.39	23.27	25.07	24.03	23.11
T3	16.88 b	16.41	21.85	24.41	21.51	23.61
T4	16.36 b	22.20	19.48	25.05	23.55	24.18
F-test	*	ns	ns	ns	ns	ns
P1T1	28.98	17.62	15.79	24.30	22.65	20.63
P1T2	17.53	19.28	28.54	25.10	22.90	21.78
P1T3	16.23	18.92	29.74	25.20	20.01	23.75
P1T4	13.65	27.77	23.33	24.87	23.01	23.44
P2T1	38.74	25.25	35.05	24.64	24.34	25.04
P2T2	14.20	21.51	17.99	25.05	25.16	24.43
P2T3	17.52	13.91	13.96	23.62	23.01	23.48
P2T4	19.07	16.62	15.63	25.22	24.08	24.93
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Remark * significant at 0.05 probability levels

Means with the different letters in colum are significantly different to each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ns: non significant

P1: Ripper; P2: No ripper

T1: No soil conditioner; T2: Gypsum 200 kg rai^{-1}

T3: Limestone dust 200 kg rai^{-1}; T4: Chicken manure 1,000 kg rai^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.1.3 ความแข็งของดินเมื่อวัดในขณะที่ดินไม่มีความชื้นเหลืออยู่

ผลการศึกษาทั้ง 2 ปี พบว่า การใช้ริปเปอร์ ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน และอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ริปเปอร์ร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อความแข็งของดินเมื่อวัดในขณะที่ดินไม่มีความชื้นเหลืออยู่ที่ระดับความลึกต่าง ๆ ตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร (ตารางที่ 7)

การใช้ริปเปอร์ส่งผลให้ดินที่ 3 ระดับความลึกมีค่าความแข็งของดินอยู่ในพิสัย 0.22-1.04 และ 0.28-2.03 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในปี 2553 และ 2554 ตามลำดับ สำหรับการไม่ใช้ริปเปอร์ส่งผลให้ค่าความแข็งของดินอยู่ในพิสัย 0.15-1.18 และ 0.38-1.11 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในปี 2553 และ 2554 ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

การใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ส่งผลให้ดินมีค่าความแข็งของดินมีค่าอยู่ในพิสัย 0.14-1.26 และ 0.06-2.26 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับปี 2553 และปี 2554 ตามลำดับ โดยการใส่ มูลไก่แกลบ หินฝุ่น ยิปซัมและไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินส่งผลให้ความแข็งของดินมีค่าอยู่ในพิสัย 0.22-2.26, 0.14-1.79, 0.17-1.36, และ 0.20-1.30 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

อิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ริปเปอร์ร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินส่งผลให้ความแข็งของดินที่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตรมีค่าอยู่ในพิสัย 0.10-1.82 และ 0.19-2.95 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับปี 2553 และ 2554 ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามความลึกในทั้งสองปีของการทดลอง (ตารางที่ 7)

การใช้ริปเปอร์ร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบ หินฝุ่น ยิปซัม และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ทำให้ความแข็งของดินมีค่าอยู่ในพิสัย 0.21-2.10, 0.18-2.95, 0.18-2.40 และ 0.26-1.97 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ และในกรณีที่ไม่ใช้ริปเปอร์ความแข็งของดินอยู่ในพิสัย 0.24-2.42, 0.10-0.63, 0.13-1.82 และ 0.64-1.16 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับวัสดุปรับปรุงดินทั้ง 3 ชนิด และไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อค่าความแข็งของดินที่ 3 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร

Treatment	Soil strength (kg cm^{-2})					
	2010			2011		
	0-10 cm	20-30 cm	40-50 cm	0-10 cm	20-30 cm	40-50 cm
P1	0.22	0.66	1.04	0.28	0.94	2.03
P2	0.15	0.46	1.18	0.38	0.59	1.11
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
T1	0.20	0.58	1.26	0.28	0.45	1.30
T2	0.17	0.81	1.20	0.50	1.36	0.92
T3	0.14	0.36	1.06	0.29	0.50	1.79
T4	0.22	0.50	0.92	0.26	0.77	2.26
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P1T1	0.26	0.68	1.36	0.27	0.31	1.91
P1T2	0.22	0.97	0.59	0.20	2.40	1.18
P1T3	0.18	0.35	1.54	0.34	0.59	2.95
P1T4	0.21	0.65	0.69	0.32	0.47	2.10
P2T1	0.14	0.47	1.16	0.29	0.59	0.70
P2T2	0.13	0.64	1.82	0.79	0.31	0.67
P2T3	0.10	0.37	0.59	0.23	0.41	0.63
P2T4	0.24	0.35	1.15	0.19	1.07	2.42
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Remark ns: non significant

P1: Ripper; P2: No ripper

T1: No soil conditioner; T2: Gypsum 200 kg rai^{-1}

T3: Limestone dust 200 kg rai^{-1}; T4: Chicken manure 1,000 kg rai

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อย่างไรก็ตามดินที่มีความแข็งมากกว่า 6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรจะจัดเป็นชั้นดินที่อัดตัวแน่น (Norfleep *et al*., 1993) ซึ่งดินที่ทำการศึกษาในทุกตำรับการทดลองจะมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้เนื่องจากตัวอย่างดินที่ใช้วัดเป็นก้อนดินจึงไม่มีแรงดูดยึดจากพื้นผิวดินด้านข้าง ดังนั้นค่าความแข็งที่วัดได้จึงมีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง (Norfleep *et al*., 1993)

1.4 ค่าร้อยละของเม็ดดินเสถียรน้ำ

ผลการศึกษา พบว่า การใช้ริปเปอร์ ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน และอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ริปเปอร์ร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อร้อยละของเม็ดดินเสถียรน้ำที่ระดับความลึกต่าง ๆ ตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร ทั้งสองปีของการทดลอง (ตารางที่ 8)

การใช้ริปเปอร์ส่งผลให้ดินที่ 3 ระดับความลึก มีร้อยละของเม็ดดินเสถียรน้ำของดินอยู่ในพิสัยร้อยละ 48.33-61.07 และ 43.99-45.01 สำหรับปี 2553 และ 2554 ตามลำดับ และการไม่ใช้ริปเปอร์ส่งผลให้ค่าร้อยละของเม็ดดินเสถียรน้ำของดินอยู่ในพิสัยร้อยละ 52.40-59.48 และ 48.06-49.81 สำหรับปี 2553 และ 2554 ตามลำดับ (ตารางที่ 8) และในปีที่สองของการทดลอง การไม่ใช้ริปเปอร์มีแนวโน้มให้ร้อยละของเม็ดดินเสถียรน้ำสูงเมื่อเปรียบเทียบการใช้ริปเปอร์ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับความหนาแน่นรวมของดิน แสดงให้เห็นว่าเกิดการอัดโครงสร้างใหม่ในดินภายใต้การใช้ริปเปอร์

การใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ส่งผลให้ดินมีค่าร้อยละของเม็ดดินเสถียรน้ำของดินอยู่ในพิสัยร้อยละ 44.60-68.88 และ 39.53-54.07 สำหรับปี 2553 และปี 2554 ตามลำดับ โดยการใส่มูลไก่แกลบ หินฝุ่น ยิปซัมและไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ให้ค่าร้อยละของเม็ดดินเสถียรน้ำของดินที่ 3 ระดับความลึกมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 48.15-58.95, 43.13-68.88, 39.53-60.69 และ 44.60-56.13 ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

อิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ริปเปอร์ร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินส่งผลให้ค่าร้อยละของเม็ดดินเสถียรน้ำที่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตรมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 42.47-75.56 และ 39.40-63.22 สำหรับปี 2553 และ 2554 ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อร้อยละของเม็ดดินเสถียรน้ำที่ 3 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร

Treatment	Stability water aggregate (%)					
	2010			2011		
	0-10 cm	20-30 cm	40-50 cm	0-10 cm	20-30 cm	40-50 cm
P1	48.33	56.19	61.07	45.01	43.99	44.85
P2	52.40	52.79	59.48	48.06	49.81	48.93
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
T1	44.60	51.62	56.13	51.64	45.51	46.27
T2	54.01	51.13	60.69	42.55	46.04	39.53
T3	54.71	56.27	68.88	43.13	47.12	47.69
T4	48.15	58.95	55.42	48.83	48.92	54.07
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P1T1	46.73	50.86	61.15	45.13	44.33	45.39
P1T2	55.15	56.87	56.55	43.18	44.01	39.40
P1T3	45.39	56.50	62.20	43.03	44.70	49.68
P1T4	46.04	60.53	64.39	48.70	42.90	44.91
P2T1	42.47	52.38	51.11	58.14	46.69	47.16
P2T2	52.87	45.39	64.83	41.91	48.07	39.66
P2T3	64.02	56.05	75.56	43.23	49.54	45.69
P2T4	50.26	57.36	46.44	48.96	54.93	63.22
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Remark ns: non significant

P1: Ripper; P2: No ripper

T1: No soil conditioner; T2: Gypsum 200 kg rai^{-1}

T3: Limestone dust 200 kg rai^{-1}; T4: Chicken manure 1,000 kg rai^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การใช้ริปเปอร์ร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบ หินฝุ่น ยิปซัม และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ทำให้ค่าร้อยละของเม็ดดินเสถียรน้ำมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 42.90-64.39, 43.03-56.50, 39.40-56.87 และ 44.33-61.15 ตามลำดับ และในกรณีที่ไม่ใช้ริปเปอร์ค่าร้อยละของเม็ดดินเสถียรน้ำอยู่ในพิสัยร้อยละ 48.98-63.22, 43.23-75.56, 39.66-68.83 และ 42.47-58.14 สำหรับวัสดุปรับปรุงดินทั้ง 3 ชนิด และไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน ตามลำดับ โดยการใส่หินฝุ่นร่วมกับกรณีที่ไม่ใช้ริปเปอร์มีแนวโน้มค่าร้อยละของเม็ดดินเสถียรน้ำสูงที่สุด

4.1.5 ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้

ผลการศึกษา พบว่าการใช้ริปเปอร์ไม่มีผลต่อความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ที่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตร ทั้งสองปีการทดลอง แต่วัสดุปรับปรุงดินและการใช้ริปเปอร์ร่วมกับวัสดุปรับปรุงดินกลับมีผลต่อความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ในปีแรกของการทดลอง

การใช้ริปเปอร์ส่งผลให้ดินที่ 3 ระดับ ความลึกมีความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้อยู่ในพิสัยร้อยละ 8.2-9.6 และ 5.1-5.9 โดยปริมาตรสำหรับปี 2553 และ 2554 ตามลำดับ และการไม่ใช้ริปเปอร์ส่งผลให้ค่าความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้อยู่ในพิสัยร้อยละ 8.3-10.3 และ 4.7-5.1 โดยปริมาตรสำหรับปี 2553 และ 2554 ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

การใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ส่งผลให้ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้มีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 7.0-11.1 และ 4.3-6.2 โดยปริมาตรสำหรับปี 2553 และปี 2554 ตามลำดับ ในปี 2553 การใส่ยิปซัมส่งผลให้ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญสำคัญทางสถิติที่ทุกระดับความลึก โดยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 9.6-11.1 โดยปริมาตร ในขณะที่การไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินส่งผลให้ความจุน้ำใช้ประโยชน์ต่ำที่สุดซึ่งไม่แตกต่างจากการใส่มูลไก่แกลบโดยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 7.0-8.8 และ 7.6-9.4 โดยปริมาตร ตามลำดับ และการใส่หินฝุ่นส่งให้ผลความจุน้ำใช้ประโยชน์อยู่ในพิสัยร้อยละ 8.8-10.4 โดยปริมาตร ซึ่งใกล้เคียงกับการใส่ยิปซัม และในปี 2554 หินฝุ่นมีแนวโน้มให้ความจุน้ำใช้ประโยชน์ของดินสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ มูลไก่แกลบ ยิปซัม และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน โดยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 4.5-6.2, 4.3-6.0, 4.8-5.5 และ 4.7-5.9 โดยปริมาตร ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ที่ 3 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร

Treatment	Available water capacity (% by vol.)					
	2010			2011		
	0-10 cm	20-30 cm	40-50 cm	0-10 cm	20-30 cm	40-50 cm
P1	8.2	8.8	9.6	5.1	5.8	5.9
P2	8.3	9.5	10.3	5.1	4.7	5.1
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
T1	7.0c	8.8bc	8.8b	4.7	5.9	5.9
T2	9.6a	10.6a	11.1a	5.3	4.8	5.5
T3	8.8ab	9.4bc	10.4ab	6.2	4.5	4.6
T4	7.6bc	7.8c	9.4ab	4.3	5.3	6.0
F-test	*	*	*	ns	ns	ns
P1T1	6.4	7.2	6.2c	3.8	5.7	5.6
P1T2	10.3	10.9	12.0a	6.0	6.8	7.7
P1T3	8.8	10.1	10.3ab	5.2	4.7	4.7
P1T4	7.4	7.3	9.2b	5.3	5.9	5.8
P2T1	7.6	10.5	11.4ab	5.5	6.0	6.2
P2T2	8.9	10.3	10.3ab	4.6	3.8	3.2
P2T3	8.7	8.7	10.0ab	7.1	4.3	4.5
P2T4	7.9	8.5	9.6ab	3.2	4.7	6.3
F-test	ns	ns	**	ns	ns	ns

Remark *, ** significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

Means with the different letters in colum are significantly different to each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ns: non significant

P1: Ripper; P2: No ripper

T1: No soil conditioner; T2: Gypsum 200 kg rai^{-1}

T3: Limestone dust 200 kg rai^{-1}; T4: Chicken manure 1,000 kg rai^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ริปเปอร์ร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินจะให้ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 6.2-11.4 และ 3.2-7.7 โดยปริมาตร สำหรับปี 2553 และ 2554 ตามลำดับ

ในปี 2553 การใช้ริปเปอร์ร่วมกับการใส่ยิปซัมส่งผลให้ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ในดินที่ระดับความลึก 40-50 เซนติเมตรสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 12.0 โดยปริมาตร แต่ในภาพรวมของทั้งสองปีของการทดลองพบว่า การใช้ริปเปอร์ร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบ หินฝุ่น ยิปซัม และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ส่งผลความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ในดินมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 5.3-9.2, 4.7-10.3, 6.0-12.0 และ 3.8-7.1 โดยปริมาตร ตามลำดับ และในกรณีที่ไม่ใช้ริปเปอร์ร่วมจะมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 3.2-6.3, 4.3-7.1, 2.8-4.6 และ 5.5-6.2 โดยปริมาตร สำหรับวัสดุปรับปรุงดินทั้งสาม และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

4.2 สมบัติทางเคมีของดิน

4.2.1 พีเอช

ผลจากการศึกษา ทั้ง 2 ปี พบว่า การใช้ริปเปอร์ ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน และอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ริปเปอร์ร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อค่าพีเอชดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ ตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร (ตารางที่ 10)

ดินภายใต้การใช้และไม่ใช้ริปเปอร์เป็นกรดจัด โดยการใช้ริปเปอร์มีแนวโน้มให้ค่าพีเอชดินมีค่าใกล้เคียงกับการไม่ใช้ริปเปอร์ทั้ง 3 ระดับความลึก โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 5.0-5.5 ในปี 2553 และมีแนวโน้มลงลดเล็กน้อยเป็น 4.9-5.3 ในปี 2554

การใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ส่งผลให้ดินยังคงเป็นกรดจัดถึงกรดปานกลาง โดยมีพีเอชอยู่ในพิสัย 5.0-5.6 และ 4.9-5.3 สำหรับปี 2553 และปี 2554 ตามลำดับ การใส่มูลไก่แกลบ การใส่หินฝุ่น การใส่ยิปซัม และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินจะให้พีเอชดินมีค่าอยู่ในพิสัย 5.1-5.6, 5.1-5.6, 5.0-5.4 และ 5.0-5.5 สำหรับปี 2553 และในปี 2554 ดินมีพีเอชอยู่ในพิสัย 5.1-5.2, 5.0-5.3, 5.0-5.1 และ 4.9-5.2 สำหรับวัสดุปรับปรุงดินทั้ง 3 ชนิด และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อพีเอชดินที่ 3 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร

Treatment	Soil pH (1:1 H_2O)					
	2010			2011		
	0-10 cm	20-30 cm	40-50 cm	0-10 cm	20-30 cm	40-50 cm
P1	5.4	5.5	5.0	5.3	5.0	4.9
P2	5.4	5.5	5.1	5.1	5.1	5.1
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
T1	5.5	5.5	5.0	5.2	5.0	4.9
T2	5.2	5.4	5.0	5.1	5.0	5.0
T3	5.4	5.6	5.1	5.3	5.1	5.0
T4	5.5	5.6	5.1	5.2	5.1	5.1
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P1T1	5.6	5.6	4.7	5.2	4.7	4.6
P1T2	5.3	5.4	4.9	5.1	4.9	5.0
P1T3	5.4	5.5	5.2	5.5	5.2	5.1
P1T4	5.4	5.5	5.1	5.5	5.1	5.0
P2T1	5.5	5.5	5.2	5.2	5.2	5.2
P2T2	5.1	5.3	5.2	5.1	5.2	5.0
P2T3	5.4	5.6	5.0	5.2	5.0	5.0
P2T4	5.5	5.7	5.1	4.9	5.1	5.1
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Remark ns: non significant

P1: Ripper; P2: No ripper

T1: No soil conditioner; T2: Gypsum 200 kg rai^{-1}

T3: Limestone dust 200 kg rai^{-1}; T4: Chicken manure 1,000 kg rai

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ริปเปอร์ร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินส่งผลให้ดินเป็นกรดจัดถึงกรดปานกลางเช่นเดียวกัน โดยพีเอชดินมีค่าอยู่ในพิสัย 4.7-5.6 และ 4.6-5.5 สำหรับปี 2553 และ 2554 ตามลำดับ การใช้ริปเปอร์ร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบ หินฝุ่น ยิปซัม และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ทำให้พีเอชดินมีค่าอยู่ในพิสัย 5.0-5.5, 5.1-5.5, 4.9-5.4 และ 4.6-5.6 ตามลำดับ และในกรณีที่ไม่ใช้ริปเปอร์ พีเอชดินจะมีค่าอยู่ในพิสัย 4.9-5.7, 5.0-5.6, 5.0-5.3 และ 5.2-5.5 สำหรับวัสดุปรับปรุงดินทั้ง 3 ชนิด และไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามการใส่ยิปซัมร่วมกับการใช้ริปเปอร์มีแนวโน้มให้พีเอชดินต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากยิปซัมเป็นสารประกอบแคลเซียมในรูปซัลเฟตซึ่งไม่จัดว่าเป็นปูน และมีรายงานว่าในกรณีที่ใส่ลงไปในปริมาณสูงอาจทำให้พีเอชดินลดลง (Shamshuddin *et al., 2009*)

4.2.2 ปริมาณอินทรียวัตถุ

ผลการศึกษา พบว่า การใช้ริปเปอร์ และชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน ส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุของดินที่ระดับความลึก 40-50 เซนติเมตรในปี 2554 เท่านั้น (ตารางที่ 11) ในขณะที่อิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ริปเปอร์ร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินกลับไม่มีผลต่อปริมาณอินทรียวัตถุของดินที่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตร ในทั้งสองปีการทดลอง

ในปี 2553 การใช้ริปเปอร์ไม่มีผลต่อปริมาณอินทรียวัตถุของดินแต่กลับส่งผลในปี 2554 โดยการไม่ใช้ริปเปอร์มีแนวโน้มให้ปริมาณอินทรียวัตถุของดินสูงกว่าการใช้ริปเปอร์ส่งผลให้ดินที่ระดับความลึก 40-50 เซนติเมตร มีปริมาณอินทรียวัตถุของดินเท่ากับ 2.98 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับใช้ริปเปอร์ (2.08 กรัมต่อกิโลกรัม) (ตารางที่ 11)

อย่างไรก็ตามทั้งสองปีการทดลอง การใช้ริปเปอร์มีแนวโน้มให้ปริมาณอินทรียวัตถุของดินใกล้เคียงกับการไม่ใช้ริปเปอร์โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 2.66-4.40 และ 2.42-5.04 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับปี 2553 และในปี 2554 ปริมาณอินทรียวัตถุของดินมีค่าอยู่ในพิสัย 2.08-4.48 และ 2.98-4.08 กรัมต่อกิโลกรัม สำหรับดินภายใต้การใช้ริปเปอร์และไม่ใช้ริปเปอร์ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณอินทรียวัตถุที่ 3 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร

Treatment	Organic matter content (g kg^{-1})					
	2010			2011		
	0-10 cm	20-30 cm	40-50 cm	0-10 cm	20-30 cm	40-50 cm
P1	4.40	4.10	2.66	4.48	3.84	2.08b
P2	5.04	4.59	2.42	4.08	3.58	2.98a
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	*
T1	5.36	4.46	2.79	3.52	2.87	2.66ab
T2	4.37	4.33	2.02	4.72	3.82	3.17a
T3	4.20	3.95	3.39	4.38	3.86	2.75a
T4	4.93	4.63	1.97	4.50	4.29	1.54b
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	*
P1T1	5.23	3.95	1.98	3.60	3.26	2.06
P1T2	4.37	3.43	2.23	5.06	3.86	2.75
P1T3	3.00	4.55	4.55	4.46	3.86	2.49
P1T4	4.98	4.46	1.89	4.80	4.38	1.03
P2T1	5.49	4.98	3.61	3.43	2.49	3.26
P2T2	4.38	5.23	1.80	4.38	3.78	3.60
P2T3	5.40	3.35	2.23	4.29	3.86	3.00
P2T4	4.89	4.80	2.06	4.20	4.20	2.06
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Remark * significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

Means with the different letters in colum are significantly different to each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ns: non significant

P1: Ripper; P2: No ripper

T1: No soil conditioner; T2: Gypsum 200 kg rai^{-1}

T3: Limestone dust 200 kg rai^{-1}; T4: Chicken manure 1,000 kg rai

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ส่งผลให้ดินมีค่าปริมาณอินทรียวัตถุของดินมีค่าอยู่ในพิสัย 1.97-5.36 และ 1.54-4.72 กรัมต่อกิโลกรัม สำหรับปี 2553 และปี 2554 ตามลำดับ (ตารางที่ 11) และในปี 2554 การใส่ยิปซัมและหินฝุ่นส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุของดินที่ความลึก 40-50 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ 3.17 และ 2.75 กรัมต่อกิโลกรัมซึ่งสูงกว่าการใส่มูลไก่แกลบและไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.54 และ 2.66 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

อิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ริปเปอร์ร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุของดินที่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตรมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 2.66-4.48 และ 2.42-5.04 สำหรับปี 2553 และ 2554 ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

การใช้ริปเปอร์ร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบ หินฝุ่น ยิปซัม และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุของดินมีค่าอยู่ในพิสัย 1.03-4.98, 2.49-4.55, 2.23-5.06 และ 1.98-5.23 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และในกรณีที่ไม่ใช้ริปเปอร์ส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุของดินมีค่าอยู่ในพิสัย 2.06-4.89, 2.23-5.40, 1.80-5.23 และ 2.49-5.49 กรัมต่อกิโลกรัมสำหรับวัสดุปรับปรุงดินทั้ง 3 ชนิด และไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน ตามลำดับ

4.2.3 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

ผลการศึกษา พบว่า การใช้ริปเปอร์ ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน และอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ริปเปอร์ร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับความลึกต่าง ๆ ตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร ทั้งสองปีของการทดลอง (ตารางที่ 12)

การใช้ริปเปอร์ส่งผลให้ดินที่ 3 ระดับความลึก มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในพิสัย 1.85-12.30 และ 4.11-4.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับปี 2553 และ 2554 ตามลำดับ และการไม่ใช้ริปเปอร์ส่งผลให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าอยู่ในพิสัย 1.67-10.29 และ 4.37-4.69 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับปี 2553 และ 2554 ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ 3 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร

Treatment	Available phosphorus (mg kg^{-1})					
	2010			2011		
	0-10 cm	20-30 cm	40-50 cm	0-10 cm	20-30 cm	40-50 cm
P1	12.30	7.46	1.85	4.11	4.25	4.75
P2	10.29	5.31	1.67	4.64	4.37	4.69
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
T1	9.38	6.74	1.83	4.35	4.12	4.10
T2	12.59	6.57	1.56	4.04	4.73	4.95
T3	14.51	8.53	1.92	5.08	4.14	4.21
T4	8.71	3.71	1.74	4.03	4.27	5.62
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P1T1	12.32	9.02	1.79	4.11	3.80	3.92
P1T2	10.72	5.72	1.34	4.08	4.26	4.19
P1T3	14.64	9.29	1.88	4.03	4.23	3.89
P1T4	11.52	5.81	2.41	4.21	4.73	6.99
P2T1	6.43	4.46	1.88	4.59	4.44	4.27
P2T2	14.46	7.41	1.79	4.00	5.19	5.71
P2T3	14.38	7.77	1.96	6.13	4.04	4.53
P2T4	5.90	1.61	1.07	3.86	3.82	4.24
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Remark ns: non significant

P1: Ripper; P2: No ripper

T1: No soil conditioner; T2: Gypsum 200 kg rai^{-1}

T3: Limestone dust 200 kg rai^{-1}; T4: Chicken manure 1,000 kg rai

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าอยู่ในพิสัย 1.56-14.51 และ 4.03-5.62 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับปี 2553 และปี 2554 ตามลำดับ โดยการใส่มูลไก่แกลบ หินฝุ่น ยิปซัมและการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินจะให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในพิสัย 1.74-8.71, 1.92-14.51, 1.56-12.59 และ 1.83-9.38 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

อิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ริปเปอร์ร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตรมีค่าอยู่ในพิสัย 1.07-14.64 และ 3.80-6.99 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับปี 2553 และ 2554 ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

การใช้ริปเปอร์ร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบ หินฝุ่น ยิปซัม และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินจะให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่ 3 ระดับความลึก มีค่าอยู่ในพิสัย 2.41-11.52, 1.88-14.64, 1.34-10.72 และ 1.79-12.32 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แต่ในกรณีที่ไม่ใช้ร่วมกับริปเปอร์ส่งผลให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าอยู่ในพิสัย 1.07-5.90, 1.96-14.38, 1.79-14.76 และ 1.88-6.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

4.2.4 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์

ผลการศึกษา พบว่า การใช้ริปเปอร์ ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน และอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ริปเปอร์ร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ยกเว้นที่ระดับความลึก 0-10 และ 20-30 เซนติเมตรในปี 2554 (ตารางที่ 13)

การไม่ใช้ริปเปอร์มีแนวโน้มให้ค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงกว่าการใช้ริปเปอร์ในปี 2553 โดยมีค่าเท่ากับ 77.3-129.3 และ 49.7-81.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งให้เช่นเดียวกับในปี 2554 ที่การไม่ใช้ริปเปอร์ส่งผลให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร สูงกว่าการใช้ริปเปอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีปริมาณอยู่ในพิสัย 47.0-48.8 และ 34.0-37.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ส่งผลให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มีค่าอยู่ในพิสัย 45.0-183.3 และ 36.2-62.4 สำหรับปี 2553 และปี 2554 ตามลำดับ และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก โดยการใส่มูลไก่แกลบ หินฝุ่น ยิปซัม และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินส่งผลให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าอยู่ในพิสัยเท่ากับ 44.0-117.9, 36.6-183.3, 36.2-92.3 และ 41.8-147.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ทั้งนี้เนื่องจากในมูลไก่แกลบทั่วไปมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง เมื่อใส่ลงไปในดินจึงช่วยในการดูดซับโพแทสเซียมไอออนไว้ ทำให้เกิดสูญหายจากอิทธิพลของการชะละลายลดน้อยลง (Mengel and Kirby, 1987) ขณะที่ยิปซัมและหินฝุ่นนั้นให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่ามูลไก่แกลบ เนื่องจากมีแคลเซียม และแมกนีเซียมซึ่งมีอำนาจในการไล่ที่ จึงอาจเข้าไปแทนที่โพแทสเซียม ทำให้โพแทสเซียมไอออนไปอยู่ในสารละลายดิน ซึ่งง่ายต่อการสูญหายโดยการชะลายด้วยน้ำ (Mengel and Kirby, 1987)

อิทธิพลร่วมระหว่างการใช้ริปเปอร์ร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน ทำให้ค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ มีค่าอยู่ในพิสัย 40.7-308.0 และ 28.0-58.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับปี 2553 และ 2554 ตามลำดับ

การไม่ใช้ริปเปอร์ร่วมกับการใส่ยิปซัมจะให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตรสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 131.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ในกรณีที่ใช้ร่วมกับริปเปอร์กลับส่งผลให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำที่สุด รองลงมาได้แก่การมูลไก่และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินทั้งในกรณีที่มีการใช้หรือไม่ใช้ริปเปอร์

ในภาพรวมของทั้งสองปีพบว่า การใช้ริปเปอร์ร่วมกับการใส่มูลไก่แกลบ หินฝุ่น ยิปซัม และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ทำให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าอยู่ในพิสัย 39.6-119.1, 28.0-75.3, 30.9-52.7 และ 37.8-80.2 ตามลำดับ และในกรณีที่ไม่ใช้ริปเปอร์ร่วมจะมีค่าอยู่ในพิสัย 45.7-191.1, 44.6-308.0, 41.6-131.9 และ 44.4-231.7 สำหรับวัสดุปรับปรุงดินทั้ง 3 ชนิด และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ 3 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร

Treatment	Available potassium (mg kg^{-1})					
	2010			2011		
	0-10 cm	20-30 cm	40-50 cm	0-10 cm	20-30 cm	40-50 cm
P1	81.8	50.7	49.7	37.5 b	34.1 b	44.6
P2	77.3	129.3	122.1	48.8 a	47.1 a	54.1
F-test	ns	ns	ns	*	*	ns
T1	72.6	147.1	67.8	41.8	45.5	46.7
T2	92.3	47.2	47.4	44.2	36.2	47.2
T3	64.8	48.0	183.3	37.3	36.6	41.1
T4	88.5	117.9	45.0	49.6	44.0	62.4
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P1T1	80.2 ab	62.4	55.2	39.2	37.83	48.7
P1T2	52.7 b	44.4	40.7	42.7	30.9	43.8
P1T3	75.3 ab	51.4	58.5	28.1	28.0	36.0
P1T4	119.1 ab	44.8	44.3	40.3	39.6	50.0
P2T1	65.1 ab	231.7	80.4	44.4	53.3	44.7
P2T2	131.9 a	49.9	54.1	45.7	41.6	50.7
P2T3	54.3 b	44.6	308.0	46.4	45.2	46.2
P2T4	57.8 ab	191.1	45.7	58.9	48.4	74.8
F-test	*	ns	ns	ns	ns	ns

Remark * significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

Means with the different letters in colum are significantly different to each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ns: non significant

P1: Ripper; P2: No ripper

T1: No soil amendment; T2: Gypsum; T3: Limestone dust; T4: Chicken manure

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ดินชุดวารินในพื้นที่ทดลองจำแนกในระดับกลุ่มดินย่อยได้เป็น Typic Kandiustult เป็นดินลึก การระบายน้ำดี พบอยู่บนพื้นที่ราบที่ถูกกร่อน ลักษณะผิวหน้าแบบลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชันร้อยละ 4 พบชั้นดานไถพรวนที่ระดับความลึก 22-46 เซนติเมตร ดินมีเนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วนถึงดินร่วนปนทราย ดินเป็นกรดจัดถึงกรดจัดมาก ดินมีความอุดมสมบรูณ์ต่ำ โดยมีปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ และร้อยละความอิ่มตัวของเบสต่ำมาก

การไถระเบิดดานโดยใช้ริปเปอร์แบบ 3 ขา ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมันสำปะหลังอย่างชัดเจนในปีแรกของการทดลอง ส่งผลให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดและน้ำหนักส่วนเหนือดินสูงกว่าการไม่ไถระเบิดดาน แต่ไม่มีผลต่อการสะสมแป้งในหัวมันสด การใส่มูลไก่แกลบอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดและน้ำหนักส่วนเหนือดินทั้งหมดสูงที่สุด (เหง้า ลำต้น กิ่งก้านและใบ) แต่ไม่มีผลต่อการสะสมแป้งในหัวมันสด ขณะที่การใส่หินฝุ่นหรือยิปซัมกลับให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน

ในปี 2554 การไม่ไถระเบิดดานกลับมีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดและน้ำหนักส่วนเหนือดินสูงกว่าการไถระเบิดดาน และการใส่มูลแกลบติดต่อกันยังคงให้น้ำหนักเหนือดินทั้งหมด (เหง้า ลำต้น กิ่งก้านและใบ) สูงที่สุด และมีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสูงที่สุด แต่กลับมีแนวโน้มให้การสะสมแป้งต่ำที่สุด

เช่นเดียวกันกับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบที่ไม่มีความแตกต่างกัน ยกเว้นเหล็กและแมงกานีส แต่อย่างไรก็ตามในทุกตำรับการทดลอง ปริมาณการสะสมธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอาหารในใบอยู่ในระดับที่ไม่เพียงพอ ยกเว้นแมงกานีสที่มีปริมาณมากจนอยู่ในระดับที่เป็นพิษ การใส่มูลไก่ทั้งในกรณีที่ใส่ร่วมกับการไถหรือไม่มีการไถระเบิดดาน จะส่งผลให้มีปริมาณการสะสมแมงกานีสในใบต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณผลผลิตหัวมันสดที่ได้สูงที่สุด

การใช้ริปเปอร์ร่วมกับการใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ สองปีต่อเนื่องกันนั้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินที่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตรไม่ชัดเจน อย่างไรก็ตามการใช้ริปเปอร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไม่มีแนวโน้มที่ส่งเสริมให้สมบัติทางฟิสิกส์ของดินดีขึ้น โดยความหนาแน่นรวมของดินมีแนวโน้มสูงกว่าการไม่ไถระเบิดดาน ขณะที่มีปริมาณอินทรียวัตถุและความคงทนของเม็ดดินต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ไถระเบิดดาน ซึ่งผลที่ได้ไม่สอดคล้องกันกับผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดที่ได้ อาจเป็นไปได้ว่าการไถระเบิดดานนั้นจะสามารถทำลายชั้นดานได้เพียงชั่วคราวเฉพาะในช่วงแรกของการเจริญเติบโตเท่านั้น โดยดินกลับมาอัดแน่นอีกครั้งภายใน 1 ฤดูกาลปลูก

ชนิดของวัสดุปรับปรุงดินส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินไม่ชัดเจนเช่นเดียวกัน การใส่ยิปซัมต่อเนื่องกันสองปีส่งผลให้ความชื้นดินเพิ่มขึ้นแต่กลับมีแนวโน้มให้พีเอชดินลดลง หินฝุ่นมีแนวโน้มช่วยลดความหนาแน่นรวมของดิน เพิ่มความคงทนของเม็ดดินรวมทั้งปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

อย่างไรก็ตาม ชั้นดานไถพรวนในดินที่ทำการศึกษานี้ยังคงเป็นปัญหาสำหรับการปลูกมันสำปะหลัง เนื่องจากชั้นดานมีแนวโน้มกลับมาการอัดแน่นเหมือนเดิมภายใน 10 เดือน หลังจากถูกทำลาย เนื่องจากผลการศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์แสดงให้เห็นว่าดินยังคงมีการอัดตัวแน่นอยู่ ซึ่งน่าจะเป็นเหตุผลหลักที่ทำให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดที่ได้ในปี 2554 มีแนวโน้มสดลดลงจากปี 2553 ในทุกตำรับการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพบว่าถึงแม้ว่าการไถระเบิดดานโดยการใช้ริปเปอร์แบบ 3 ขา รวมทั้งการใส่วัสดุปรับปรุงดินโดยเฉพาะการใส่มูลไก่แกลบ จะส่งผลให้ผลผลิตหัวมันสำประหลังเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนก็ตาม แต่ชั้นดานยังคงเป็นปัญหาหลักในดิน เนื่องจากสมบัติทางฟิสิกส์ยังแสดงให้เห็นว่าดินสามารถกลับมาอัดแน่นได้อีกหลังจาก 10 เดือน มีความเป็นไปได้ว่าการไถระเบิดดานเพียงครั้งเดียวอาจไม่สามารถทำลายชั้นได้โดยสมบูรณ์ จึงควรไถระเบิดดานในขณะที่ดินแห้งมาก ๆ ใช้ผาลไถ เช่น ผาลหัวหมูเพื่อกลบวัสดุปรับปรุงดินลงสู่ระดับลึก (ประมาณ 40 ซม. จากผิวดิน) อาจเป็นการช่วยแก้ไขปัญหาในระยะยาว หรือใช้ริปเปอร์ที่มีจำนวนขามากขึ้นเพื่อทำลายชั้นดานได้มากขึ้น หรือใช้ไถสิ่วระดับความลึกของการไถควรไม่ต่ำกว่า 40 เซนติเมตร

การใส่มูลไก่แกลบอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินสูงกว่าการใช้ยิปซัมและหินฝุ่นอย่างชัดเจน ในขณะที่ผลผลิตที่ได้ไม่ค่อยแตกต่างกันโดยเฉพาะในปีที่ 2 ของการทดลอง แสดงให้ว่าการใส่มูลไก่อาจทำให้มันสำปะหลังดูดใช้ไนโตรเจนมากเกินไป ส่งผลต่อสมดุลธาตุอาหาร จึงส่งเสริมการเจริญเติบโตทางลำต้นมากกว่า ดังนั้นการลดอัตรามูลไก่ รวมทั้งการปรับสูตรปุ๋ยเพื่อใช้ร่วม อาจมีความจำเป็นต้องดำเนินการเพิ่มเติมต่อไป

การใส่ยิปซัมมีแนวโน้มเพิ่มความชื้น หินฝุ่นมีแนวโน้มช่วยลดการอัดแน่น แต่ทั้งสองกรณีไม่ช่วยส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตหัวมันสด การศึกษาการใช้อัตราที่สูงขึ้นอาจมีความจำเป็นต้องดำเนินการเพื่อดูว่าจะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิตหรือไม่ อย่างไรก็ตามควรพิจารณาถึงพีเอชดินเป็นสำคัญ เนื่องจากการใส่ยิปซัมมีแนวโน้มทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้น และหินฝุ่นเป็นปูนทางการเกษตร การใช้ในอัตราที่สูงอาจทำให้พีเอชดินเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจนอาจส่งผลให้เกิดสภาพเกินปูนได้โดยเฉพาะในกรณีของดินเนื้อหยาบซึ่งลักษณะเด่นของเป็นดินที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

แต่อย่างไรก็ตาม ในกรณีของวัสดุปรับปรุงดินได้แก่ มูลไก่ ยิปซัม หินฝุ่น ซึ่งโดยทั่วไปอิทธิพลของวัสดุปรับปรุงดินเหล่านี้จะส่งผลชัดเจนเมื่อวัสดุเหล่านี้เริ่มสลายตัวเต็มที่ ทั้งนี้ยกเว้นในกรณีมูลไก่ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นควรมีการศึกษาในลักษณะเดียวกันอีกครั้งหนึ่งเพื่อดูอิทธิพลของวัสดุปรับปรุงดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. **มันสำปะหลัง**. เอกสารวิชาการ. กลุ่มวิจัยอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาการจัดการที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2550. **กลยุทธในการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง.** เอกสารเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี. สำนักนิเทศและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2550. **ดินและปุ๋ยมันสำปะหลัง**. เอกสารเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี. สำนักนิเทศและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

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

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2551. **การใช้เทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลัง**. ภายใต้โครงการจัดระบบพิเศษเฉพาะพื้นที่มันสำปะหลัง กุมภาพันธ์ 2551

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2554. **รายงานสภาวะอากาศ-นครราชสีมา** แหล่งที่มา: http://www.tmd.go.th/province.php?id=20, 13 เมษายน 2554.

กองสำรวจดิน. 2523. **คู่มือจำแนกความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ.** เอกสารวิชาการเล่มที่ 28. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กลุ่มมาตรฐาน. 2544. **ชั้นดาน**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 481. กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา. 2551. **พจนานุกรมปฐพีวิทยา**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จรุงสิทธิ์ และอัจฉรา ลิ่มศิลา. 2537. การผลิตและการตลาด. *ใน* ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง, ผู้รวบรวม. **มันสำปะหลัง.** สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์. 2532. **มันสำปะหลัง การปลูก อุตสาหกรรมแปรรูปและการใช้ประโยชน์.** ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์. 2546. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับมันสำปะหลัง, น. 22-28. *ใน* **เอกสารประกอบการฝึกอบรม โครงการพัฒนาศักยภาพการผลิตและการตลาดมัน**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นฤกมล จันทร์จิราวุฒิกุล. 2546. **การกำเนิดและสมบัติของดินที่มีชั้นดาน บริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทราย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไพบูลย์ ประพฤติธรรม. 2528. **เคมีของดิน.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประภาส ช่างเหล็ก, วิจารณ์ วิชชุกิจ, เอ็จ สโรบล, สุเมศ ทับเงิน, สุดประสงค์ สุวรรณเลิศ, และปรีชา เพชรประไพ. 2550. ผลของ ยิปซัม ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยเคมี ที่มีต่อผลผลิตหัวสดและปริมาณแป้งของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 และพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝน, น. 546-554. *ใน* **เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45: สาขาพืช.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปรีชา พราหมมณีย์. 2542. **การจัดการดินและการใช้ปุ๋ยในไร่อ้อย**. เอกสารประกอบการฝึกอบรม. สำนักวิจัยและพัฒนาเกษตรเขต 5 ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี, สุพรรณบุรี.

ดำริ ถาวรมาศ และอุดม รัตนรักษ์. 2542. **การใช้ปุ๋ยอินทรีย์กับพืชไร่**. เอกสารวิชาการปุ๋ยชีวภาพ. กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย. 2552. **รายงานคณะสำรวจภาวะการผลิตและการค้ามันสำปะหลัง ปี 2551/2552**. แหล่งที่มา: http://www.tapiocathai.org/L2.1.html, 2 เมษายน 2552.

สัมฤทธิ์ ริยาพันธ์. 2553. **การแก้ไขปัญหาชั้นดานไถพรวนเพื่อการปลูกมันสำปะหลัง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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

สถานีตรวจอากาศจังหวัด. 2554. **ปริมาณน้ำฝนจังหวัดนครราชสีมา**. แหล่งที่มา: http://www.moacinfo.net/modules/reports/I802.php?region_report_2&provincereport_c=30, 15 เมษายน 2554

สำนักงานบริหารและพัฒนาการใช้ที่ดิน. 2550. **ข้อมูลดินดานของประเทศไทย**. แหล่งที่มา http://irw101.ldd.go.th/irw101.ldd/result/result_hardpan.html, 20 เมษายน 2553

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. **ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร**. แหล่งที่มา http://www2.oae.go.th/pdffile/commodity.pdf, 25 เมษายน 2553

เสมอขวัญ ตันติกุล. 2550. **เครื่องทุ่นแรงในฟาร์ม.** The Knowledge Center, กรุงเทพฯ.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2547. **คู่มือปฏิบัติการ การสำรวจดิน.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

อรุณี วงษ์กอบรัษฎ์. 2547. โรค แมลง และศัตรูของมันสำปะหลัง, น. 58-64. *ใน* **เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง ลำดับที่ 7/2547.** สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Adawi-Al, S.S. and R.C. Reeder. 1996. Compaction and subsoiling effects on corn and soybean yields and soil physical properties. **Trans. ASAE** 39: 1641-1649.

Ahmad, N., F.U. Hassan and R.K. Belford. 2009. Effects of soil compaction in the sub-humid cropping environment in Pakistan on uptake of NPK and grain yield in wheat (*Triticum aestivum*): II. alleviation. **Field Crops Research** 110: 61–68

Akande, M.O., E.A. Makinde, L.B. Taiwo1 and J.A. Adediran. 2010. Effects of Terralyt - Plus® on soil pH, nutrient uptake and dry matter yield of Maize. **African J. Plant Sci**. 4: 32-37.

Albaladejo, J. 1990. Impact of the degradation processes on soil quality in arid Mediterranean environments, pp. 193–215. *In* J.L. Rubio and J. Rickson, eds., **Strategies to Combat Desertification in Mediterranean Europe**. Commission of the European Communities

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.

Bateman, J.C. and D.S. Chanasyk. 2001. Effects of deep ripping and organic matter amendments on Ap horizons of soil reconstructedafter coal strip-mining. **Can. J. Soil Sci.** 8: 113–120.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Barbosa, L.R., O. Diaz, and R.G. Barber. 1989. Effects of deep tillage on soil properties, growth and yield of soya in a compacted Ustochrept in Santa Cruz, Bolivia. **Soil Tillage Res**. 15: 51-63.

Bennie, A.T.P. 1991. Growth and mechanical impedance, pp. 393-414. *In* Y. Waisels, A. Eshel and U. Kafkafi, eds., **Plant Roots: The Hidden Half**. Marcel Dekker Inc., New York.

Blake, G.R. and K.H. Hartge. 1986. Bulk density, pp. 363-382. *In* A. Klute, ed., **Methods of Soil Analysis. Part 1: Physical and Mineralogical Methods**. 2nd ed., Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Boer, M.M. 1999. **Assessment of Dryland Degradation: Linking Theory and Practice Through Site Water Balance Modelling**. Ph.D. Thesis, Universiteit Utrecht.

Botta, G.F., D. Jorajuria., R. Balbuena., M. Ressia., C. Ferrero., H. Rosatto and M. Tourn. 2005. Deep tillage and traffic effects on subsoil compaction and sunflower (*Helianthus annus L.*) yields. **Soil Sci.** 91: 164-172.

Brady, N.C. and R.R. Weil. 2008. **The Nature and Properties of Soils**. 14th ed. Prentice Hall, New Jersey.

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

Bresson, L.M. and J. Boiffin. 1990. Morphological characterization of soil crust development stages on an experimental field. **Geoderma** 47: 301-325.

Buckingham, F. 1976. **Fundamentals of Machine Operation-Tillage**. John Deere. Moline, IL.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Buol, S.W., R.J. Southard, R.C. Graham and P.A. McDaniel. 2003. **Soil Genesis and Classification**. The Iowa State Univ. Press., Amer. Iowa.

Bennie, A.T.P. 1991. Growth and mechanical impedance, pp. 393-414. *In* Y. Waisels, A. Eshel and U. Kafkafi, eds. **Plant Roots: The Hidden Half**. Marcel Dekker Inc., New York.

Chartres, C.J., J.M. Kirby and M. Raupach. 1990. Poorly ordered silica and aluminosilicate as temporary cementing agents in hard-setting soils. **Soil Sci. Soc. Am. J**. 54: 1060-1067.

Chen, Y., Tarchitzky, J. Brouwer, J. Morin and A. Banin. 1980. Scanning electron microscope observations on soil crusts and their formation. **Soil Sci.** 130: 49-55.

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

Cindy Silva Moreira1, José Carlos Casagrande, Luís Reynaldo Ferracciú Alleoni, Otávio Antônio de Camargo and Ronaldo Severiano Berton. 2008. Nickel adsorption in two Oxisols and an Alfisol as affected by pH, nature of the electrolyte, and ionic strength of soil solution. **J. Soils Sed.** 8: 442–451

Clark, R. and L. Humphreys. 1996. Impact of compaction for reducing recharge from rice. **Farmers' Newsl. Berrigan NSW Aust**. 149: 20-23.

Coelho, M.B., L. Mateos and F.J. Villalobos. 2000. Influence of a compacted loam subsoil on growth and yield of irrigated cotton in southern Spain. **Soil Till. Res**. 57: 129-142.

Danielson, R. E. and P. L. Sutherland. 1986. Porosity. pp. 443-461. *In* A. Klute, ed., **Methods of Soil Analysis, Part 1**: **Physical and Mineralogical Analysis.** SSSA, Madison, WI.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Day, D.R. 1965. Particle fraction and particle size analysis, pp. 546-566. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis. Part I:** Agronomy No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison,Wisconsin, USA.

Dikinya, O. and N. Mufwanzala. 2010. Chicken manure-enhanced soil fertility and productivity: Effects of application rates. **J. Soil Sci. Envir. Manage.** 1: 46-54

Duley, F.L. 1939. Surface factors affecting the rate of intake of water by soils. **Soil Sci. Soc. Amer**. **Proc**. 3: 60-64.

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

Franzmeier, D.P., L.D. Norton and G.C. Steinhardt. 1996. Fragipan formation in loess of the midwestern United States, pp. 69-97. *In* N.E. Smeck and E.J. Chiolkosz, eds., **Fragipans; Their Occurrance, Classification and Genesis**. Soil Sci. Soc. Am. Spec. Publ. No. 24, Madison, Wisconsin.

Gallaher, R.N., C.O. Weldon and F.C. Boswell. 1976. A semiautomated procedure for total N in plant and soil samples. **Soil Sci. Soc. Amer. J.** 40: 887-889.

Hakanssan, I., T. Grath and H.J. Olsen. 1996. Influence of machinery traffic in Swedish farm fields on prenetration resistance in the subsoil. **Swedishl. Agric. Bes**.26*:*181-187.

Hakansson, I., and R.C. Reeder. 1994. Subsoil compaction by vehicles with high axle load-extent, persistence and crop response. **Soil Till. Res.** 29: 277–304.

Hamza, M.A. and W.K. Anderson. 2003. Responses of soil properties and grain yields to deep ripping and gypsum application in a compacted loamy sand soil contrasted with a sandy clay loam soil in Western Australia. **Aust. J. Agric. Res.** 54: 273-282

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale and W.L. Nelson. 1999. **Soil Fertility and Fertilizers: an Introduction to Nutrient Management**. Prentice-Hall, Inc. NJ.

Hassan, F.U., M. Ahmad, N. Ahmad and M. K. Abbasi. 2007. Effects of subsoil compaction on yield and yield attributes of wheat in the sub-humid region of Pakistan. **Soil Till. Res.** 96: 361-366.

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

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

Ishaq, M., M. Ibrahim, A. Hassan, M. Saeed, R. Lal. 2001. Subsoil compaction effects on crops in Punjab, Pakistan. II. Root growth and nutrient uptake of wheat and sorghum. **Soil Till. Res**. 60: 153–161.

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

Johnson, C.M. and A. Ulrich. 1959. Analytical methods for use in plant analysis. **Calif. Agri. Exp. Stat. Bull**. 767: 25–78.

Jongruaysup, S., S.Katong, W. Watananonta, and R.H. Howeler. 2002. Minimum tillage for cassava in Thailand, pp. 251-263**.** *In* **Cassava Research and Development in Asia: Exploring New Opportunities for an Ancient Crop.** Proc. of the 7th Regional Workshop, Bangkok, Thailand.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Jorajuria, D. and L. Draghi. 2000. Sobrecompactacion del suelo agricola. Parte I: influencia diferencial del peso y del numero de pasadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agricolae Ambiental** 4: 445-452.

Kemper, W. D., R. C Rosenau. 1986. Aggregate stability and size distribution. *In* A. Klute., **Methods of Soil Analysis, Part 1:** Agron. Monog. 9. ASA, Madison, WI.

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

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.

Kon, K.F. and F.W. Lim. 1991. Vetiver research in Malaysia some preliminary results on soil loss, runoff and yield. **Vetiver Newsletter** 5: 4-5.

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

Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1987. **Principles of Plant Nutrition.** 4th ed. International Potash Institute, Bern, Switzerland.

Miller, R.W. and T.G. Duane. 2001. **Soil in Our Environment.** Prentice-Hall Inc., Upper Saddle River, New Jersey

Miransari, M., H.A. Bahrami, F. Rejali and M.J. Malakouti. 2008. Using arbuscular mycorrhiza to alleviate the stress of soil compaction on wheat (*Triticum aestivum* L.) growth. **Soil Biol. Biochem.** 40: 1197–1206.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Miransari, M., H.A. Bahrami, F. Rejali, M.J. Malakouti and H. Torabi. 2007. Using arbuscular mycorrhiza to reduce the stressful effects of soil compaction on corn (*Zea ma*ys L.) growth. **Soil Biol. Biochem.** 39: 2014–2026

Moffat, A.J. and R.C. Boswell. 1996. The effectiveness of cultivation using the winged tine on restored sand and gravel workings. **Soil Till. Res**. 40: 111–124.

Motavalli, P.P., W.E. Stevens and G. Hartwig. 2003. Remediation of subsoil compaction and compaction effects on corn N availability by deep tillage and application of poultry manure in a sandy-textured soil. **Soil Till. Res**. 71: 121-131.

Mullins, C.E. 1989. Hardsetting, pp. 109-128. *In* R. Lal, W.H. Blum, C. Valentine and B.A. Stewart, eds. **Methods for Assessment of Soil Degradation**. Adv. Soil Sci., CRC Press, New York.

Munkholm, L.J., J.E. Olesen and P. Schjonning. 2007. **Subsoil Loosening Eliminated Plough Pan But Had Variable Effect on Crop Yield.** Danish Institute of Agricultural Sciences, Department of Agroecology, P.O. Box 50, DK-8830 Tjele, Denmark.

Nakviroj, C., K. Paisancharoen, O. Boonseng, C. Wongwiwatchai and S. Roongruang. 2002. Cassava long-term fertility experiments in Thailand, pp. 212-223. *In* R.H. Howeler, ed. **Cassava Research and Development in Asia: Exploring New Opportunities for an Ancient Crop**. Love and Lip Press Co. Ltd., Bangkok.

National Soil Survey Center. 1996. **Soil Survey Laboratory Method Manual**. **Soil Survey Investigation.** Report No. 42, Version 3.0. National Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture.

Neyde, F., B. Giarola, A.P. Silva, S. Imhoff and A.R. Dexter. 2002. Contribution of natural soil compaction on hardsetting behavior. **Geoderma** 113: 95-108.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Norfleep, M.L., A.D. Karathanasis and B.R. Smith. 1993. Soil solution composition relative to mineral distribution in Blue Ridge Mountain soils. **Soil Sci. Soc. Amer. J.** 57: 1375-1380.

Norton, L.D. 1994. Micromorphology of silica cementation in soils, pp. 811-824. *In* A.J. Ringrose-Voase and G.S. Humphreys, eds. **Soil Micromorphology**. Development in Soil Science. Elsevier, Amsterdam.

Orellana, M., R.G. Barber. and O. Diaz 1990. Effects of deep tillage and fertilization on the population, growth and yield of soya during an exceptionally wet season on a compacted sandy loam, Santa Cruz, Bolivia. **Soil Till. Res**. 17: 47-61.

Pratt, P.E. 1965. Potassium, pp. 1023-1031. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis, Part II. Chemical and Microbiological Properties.** Agron. No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.

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

Radcliff, D.E., L.T. West, R.K. Hubbard and L.E. Asmussen. 1991. Surface sealing in coastal plains loamy sands. **Soil Sci. Soc. Am.** J. 53: 223-227.

Raper, R.L., D.W. Reeves and E.C. Burt. 1998. Using in-row subsoiling to minimize soil compaction caused by traffic. **J. Cotton Sci.** 2: 130–135.

Russell, R.S. and M.J. Goss. 1974. Physical aspects of soil fertility: the response of roots to mechanical impedance. **Neth. J. Agric. Sci**. 22: 305-318.

Sanchez, P.A. 1976**. Properties and Management of Soil in the Tropics.** John Wiley and Son,Inc., New York.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Singer, M.J. 1987. **Soil: An Introduction**. Macmillan Publishing Company, Division of Macmillan, Inc., New York.

Sjoerd, D. 2004. **Avoiding Soil Compaction**. Penn State's College of Agricultural Sciences Research available online at http://www.cas.psu.edu.

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. 2006. **Keys to Soil Taxonomy**. 10th ed. Natural Resources Conservation Service, USDA, Washington, D.C.

Shamshuddin1, J., I. Che Fauziah1 and L.C. Bell. 2009. Effect of Dolomitic Limestone and Gypsum Applications on Soil Solution Properties and Yield of Corn and Groundnut Grown on Ultisols. **Malaysian J.Soil Sci.** 13: 1-12

Subbulakshmi, S., C. Harisudan, N. Saravanan and P. Subbian. 2009. Conservation tillage – an eco friendly management practices for agriculture**. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences** 5: 1098-1103.

Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity, pp. 475-490. *In* D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner, eds. **Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods.** SSSA Inc., ASA Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Tisdale, S.L., W.L. Nelson, J.D. Beaton and J.L. Havlin. 1993. **Soil Fertility and Fertilizers**. 5th ed. New York: MacMillan Publishing Company.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Tongglum, A., P. Suriyapan and R.H. Howeler. 2000. Cassava agronomy research and adoption of improved practices in Thailand-major achievement during the past 35 years, pp. 228-258. *In* R.H. Howeler, ed. **Cassava's Pontential in Asia in the 21st Century: Present Situation and Future Research and Development Needs.** Proceedings of 6th Regional Workshop. Feb 21-25, 2000, Ho Chi Minh city, Vietnam.

Thompson, L.M. and F.R. Troeh. 1978. **Soil and Soil Fertility.** 4th ed. McGraw-Hill Inc., New York.

Van Doren, D.M. and G.B. Triplett. 1979. Tillage systems for optimizing crop production, p. 2-23. *In* R. Lal, ed. **Soil Tillage and Crop Production**. Proceedings Series, International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan Nigeria.

Viator, R.P., J.L. Kovar and W.B. Hallmark. 2002. Gypsum and compost effects on sugarcane root growth, yield, and plant nutrients. **Agron. J.** 94: 1332-1336.

Von Uxekull, H.R. 1986. **Efficient Fertilizer Use in Acid Upland Soils of the Humid Tropics.** FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin No. 10.

Voorhees, W.B. 1992. Wheel-induced soil physical limitation to root growth, pp. 73-95. *In* J.L. Hatfield and B. Stewart, eds. **Advances in Soil Science, Vol. 19**. Springer-Verlag, New York.

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

West, L.T., J.M. Bradford and L.D. Norton. 1990. Crust morphology and infiltrability in surface soils from the southeast and midwest USA, pp. 107-113. *In* L.A. Douglas, ed. **Soil Micromorphology: A Basic and Applied Science Proc**. VIII Int. Working Meeting on Soil Micromorphology, San Antonio, Texas, July 1988. Developments in Soil Science 19, Elsevier, Amsterdam.

Westerman, R.L. 1990. **Soil Testing and Plant Analysis**, 3th. edn. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายหน้าตัดดิน (Soil profile description)

I Information on the site

Soil name	: Warin series
Profile symbol	: Pedon 1
Classification	: Typic Kandiustult
Date of examination	: November 28, 2010
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Jeeranut Hongjaturun, Kannika Phetmak, Niphat Thanimmarn, Narissara Suksawat, Jeerawan Promma, Rungnapa Bowichian
Location	: Ban Non Somboon, Tambon Krissana, Amphoe Si Khiu,.Changwat Nakhon Ratchasima
Elevation	: Approximately 333 m (MSL)
Map sheet number	: 5339 III Coordination: 47P 0769123^{E}, 1671462^{N}

Landform

1. Physiographic position	: Crestal slope
2. Surrounding landform	: Undulating
3. Slope on which profile site	: 4% Aspect : 300 Azi

Land use	: Cassava and Sugarcane
Annual rainfall	: Approximately 1,386 mm
Mean temperature	: Approximately 29^{o}C
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	: Deeper than 200 cm at time of sampling

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap1	0-22	Brown (7.5YR 4/3); loamy sand; weak very fine and fine partly breaking into single grains; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many very fine vesicular pores; common very fine and few fine roots; many very fine coated sands, common very fine variegated sands; few traces of charcoal; moderately acid (field pH 6.0); gradual smooth boundary to Ap2
Ap2	22-46	Mixed brown (7.5YR 4/4) (80%), reddish yellow (7.5YR 6/6) (20%); loamy sand; weak very fine and fine subangular blocky; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; common very fine vesicular pores; few very fine and few fine roots; many

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

		very fine coated sands, common very fine variegated sands; few traces of charcoal; moderately acid (field pH 6.0); Abupt smooth boundary to Bt1
Bt1	46-75	Yellowish red (5YR 5/8); loamy sand; weak very fine and fine subangular blocky; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few faint clay bridges between sand grains; common very fine vesticular pores; few very fine roots; many very fine coated sands; few spot of organic material accumulation a horizontal double thin line separated Ap2 and Bt1 horizons; slightly acid (field pH 6.5); gradual smooth boundary to Bt2
Bt2	75-100	Red (2.5YR 5/8); sandy loam; weak fine subangular blocky; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; common distinct clay coating on ped faces and clay bridge between sand grains; common very fine vesticular and very few fine simple tubular pores; very few very fine roots; many very fine coated sands; slightly acid (field pH 6.5); diffuse smooth boundary to Bt3
Bt3	100-129	Light red (2.5YR 6/8); sandy loam; weak fine subangular blocky; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many distinct many very fine coated sands; clay coating on ped faces of peds and clay bridge between sand grains; common very fine vesticular and very fine simple tubular pores; slightly acid (field pH 6.5); diffuse smooth boundary to Bt4
Bt4	129-152	Light red (2.5YR 6/8); sandy loam; weak fine subangular blocky; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many permanent many very fine coated sands;clay coating on ped faces and clay bridge between sand grains; common very fine, few fine vesticular and common very fine simple tubular pores; very few very fine roots; moderately acid (field pH 6.0); diffuse smooth boundary to Bt5
Bt5	152-170	Red (2.5YR 5/8); sandy loam; weak fine and medium subangular blocky; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many permanent many very fine coated sands; clay coating on ped faces and clay bridge between sand grains; common very fine vesticular and simple tubular pores; very few very fine roots; strongly acid (field pH 5.5); diffuse smooth boundary to Bt6
Bt6	170-200	Red (2.5YR 5/8); sandy loam; weak fine and medium subangular blocky; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many permanent clay coating on ped faces and clay bridge between sand grains; common very fine vesticular and simple tubular pores; very few very fine roots; many very fine coated sands; very strongly acid (field pH 5.0)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 สมบัติทางฟิสิกส์ของดินวารินตัวแทนของพื้นที่แปลงทดลอง

Depth	Horizon	Particle size distribution			Textural class	Bulk density	Hydraulic conductivity
		sand	silt	clay			
(cm)		(----------g kg^{-1}----------)				($Mg\ m^{-3}$)	($cm\ h^{-1}$)
0-22	Ap1	864	77	60	Loamy sand	1.48	4.08
22-46	Ap2	821	137	42	Loamy sand	1.74	2.82
46-75	Bt1	780	84	136	Sandy loam	1.64	4.10
75-100	Bt2	750	92	157	Sandy loam	1.64	8.20
100-129	Bt3	775	63	161	Sandy loam	1.67	6.87
129-152	Bt4	752	82	166	Sandy loam	1.67	6.64
152-170	Bt5	771	46	183	Sandy loam	1.65	4.53
170-200+	Bt6	687	168	145	Sandy loam	1.60	2.74

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 สมบัติทางเคมีของดินวารินตัวแทนของพื้นที่แปลงทดลอง

Depth	Horizon	pH 1:1		OM	Total	Available		Extractable bases				Sum	Extr.	CEC		BS
		H_2O	KCl		N	P	K	Ca	Mg	K	Na	base	acidity	by sum	NH_4OAc	
(cm)				(------g kg^{-1}----)		(----mg kg^{-1}----)		(----------$cmol_c$ kg^{-1}----------)								(%)
0-22	Ap1	5.5	5.0	3.43	0.55	6.17	18.5	0.59	0.20	0.05	0.56	1.40	8.0	9.40	2.25	15
22-46	Ap2	5.5	5.0	4.67	0.53	4.17	14.8	0.73	0.36	0.04	0.68	1.81	9.0	10.81	2.25	17
46-75	Bt1	5.4	5.0	0.27	0.31	1.47	46.3	0.71	0.43	0.12	0.42	1.68	7.0	8.68	2.25	19
75-100	Bt2	5.2	4.8	0.27	0.37	1.32	34.3	0.75	0.84	0.09	0.70	2.38	12.0	14.38	2.50	17
100-129	Bt3	5.2	4.8	0.69	0.36	1.17	26.5	0.62	0.22	0.07	0.19	1.11	10.0	11.11	2.50	10
129-152	Bt4	5.1	4.4	1.10	0.33	1.02	25.3	0.31	0.31	0.07	0.30	0.98	9.0	9.98	2.75	10
152-170	Bt5	4.9	4.1	1.10	0.29	0.87	23.3	0.20	0.27	0.06	1.11	1.64	11.0	12.64	2.75	13
170-200	Bt6	4.9	4.0	3.16	0.27	0.87	26.8	0.17	0.94	0.07	0.51	1.68	10.0	11.68	3.00	14

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ผลของการไถระเบิดดาน และวัสดุปรับปรุงดินต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง น้ำหนักส่วนเหนือดิน และร้อยละแป้งในหัวมันสด ปี 2010

Treatment	Tuber weight	Rhizome weight	Stem weight	Leaf and branch weight	Above ground biomass weight	Starch
	(----------t rai^{-1} ----------)					(%)
P1	5.43a	0.54a	1.04	0.50a	2.09a	29.9
P2	4.63b	0.44b	0.90	0.33b	1.68b	30.2
F-test	**	**	ns	**	**	ns
T1	4.76b	0.44b	0.82ab	0.29b	1.54b	30.2
T2	4.60b	0.41b	0.89ab	0.30b	1.60b	30.0
T3	4.60b	0.40b	0.81ab	0.24b	1.44b	29.7
T4	6.17a	0.71a	1.37a	0.85a	2.94a	30.2
F-test	**	**	**	**	**	ns
P1T1	5.15	0.47c	0.87	0.38	1.72	30.1
P1T2	5.06	0.45c	1.05	0.41	1.92	30.1
P1T3	4.82	0.41c	0.85	0.26	1.53	29.0
P1T4	6.71	0.83a	1.40	0.97	3.20	30.4
P2T1	4.37	0.41c	0.76	0.20	1.37	30.4
P2T2	4.14	0.38c	0.73	0.19	1.30	30.0
P2T3	4.39	0.38c	0.77	0.21	1.37	30.4
P2T4	5.63	0.60b	1.34	0.73	2.68	30.1
F-test	ns	*	ns	ns	ns	ns

Remark *, ** significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

Means with the different letters in colum are significantly different to each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ns: non significant

P1: Rippering; P2: No ripper

T1: No soil conditioner; T2: Gypsum 200 kg rai^{-1}

T3: Limestone dust 200 kg rai^{-1}; T4: Chicken manure 1,000 kg rai^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 ผลของการไถระเบิดดาน และวัสดุปรับปรุงดินต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง น้ำหนักส่วนเหนือดิน และร้อยละแป้งในหัวมันสด ปี 2011

Treatment	Tuber weight	Rhizome weight	Stem weight	Leaf and branch weight	Above ground biomass weight	Starch
	(----------t rai^{-1}----------)					(%)
P1	4.41	0.62	0.84B	0.45B	1.91B	29.0
P2	4.84	0.69	1.1A	0.66A	2.44A	29.7
F-test	ns	ns	*	*	*	ns
T1	4.35	0.60B	0.83B	0.51	1.94B	29.1
T2	4.22	0.57B	0.80B	0.52	1.89B	29.9
T3	4.55	0.62B	0.88B	0.48	2.00B	29.8
T4	5.39	0.80A	1.38A	0.69	2.86A	28.7
F-test	ns	**	**	ns	**	ns
P1T1	3.65	0.49	0.57	0.33	1.40	28.0
P1T2	3.93	0.52	0.69	0.40	1.60	30.0
P1T3	4.22	0.62	0.76	0.40	1.78	29.7
P1T4	5.83	0.83	1.35	0.66	2.84	28.5
P2T1	5.04	0.71	1.08	0.69	2.48	30.2
P2T2	4.51	0.63	0.91	0.64	2.17	29.8
P2T3	4.88	0.63	1.01	0.57	2.21	29.8
P2T4	4.94	0.77	1.40	0.71	2.89	28.9
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Remark *, ** significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

Means with the different letters in colum are significantly different to each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ns: non significant

P1: Rippering; P2: No ripper

T1: No soil conditioner; T2: Gypsum 200 kg rai^{-1}

T3: Limestone dust 200 kg rai^{-1}; T4: Chicken manure 1,000 kg rai^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 ผลของการไถระเบิดดาน และวัสดุปรับปรุงดินต่อจำนวนลำ จำนวนหัวมันสำปะหลัง และอัตราการรอดตาย

Treatment	Stem		Tuber		Survival rate	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011
	(--------No. rai^{-1} --------)		(--------No. plant^{-1} --------)		(-----%----)	
P1	3136	3403B	15	16B	98	98
P2	3274	3792A	13	19A	95	99
F-test	ns	*	ns	*	*	ns
T1	2932	3433	13	18AB	97	97
T2	3126	3556	14	18AB	94	99
T3	3266	3581	15	19A	98	98
T4	3495	3819	14	15B	96	98
F-test	ns	ns	ns	*	ns	ns
P1T1	2839	3032	14	15	98	97
P1T2	3102	3542	16	16	97	99
P1T3	3078	3634	15	18	98	99
P1T4	3526	3403	14	15	98	99
P2T1	3026	3833	12	20	96	98
P2T2	3150	3569	12	19	91	100
P2T3	3454	3528	15	21	98	98
P2T4	3465	4236	14	15	94	98
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Remark * significant at 0.05 probability levels

Means with the different letters in colum are significantly different to each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ns: non significant

P1: Rippering; P2: No ripper

T1: No soil conditioner; T2: Gypsum 200 kg rai^{-1}

T3: Limestone dust 200 kg rai^{-1}; T4: Chicken manure 1,000 kg rai^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 ผลของการไถระเบิดดาน และวัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในใบมันสำปะหลัง

Treatment	Concentration in leaf (%)					
	Nitrogen		Phosphorus		Potassium	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011
P1	4.89	2.11	0.04	0.12	1.06b	3.02
P2	4.68	1.84	0.06	0.12	1.23a	3.08
F-test	ns	ns	ns	ns	*	ns
T1	4.61	1.80	0.06	0.11b	1.10	2.85
T2	4.93	1.79	0.05	0.11b	1.12	2.83
T3	4.61	2.29	0.04	0.12b	1.17	3.12
T4	4.97	2.00	0.04	0.14a	1.19	3.40
F-test	ns	ns	ns	**	ns	ns
P1T1	4.94	1.86	0.04	0.11	1.14	2.70
P1T2	5.00	1.90	0.04	0.12	0.98	3.02
P1T3	4.71	2.61	0.04	0.12	1.05	3.10
P1T4	4.91	2.05	0.04	0.13	1.07	3.25
P2T1	4.29	1.75	0.07	0.12	1.07	3.00
P2T2	4.87	1.68	0.06	0.10	1.26	2.65
P2T3	4.51	1.98	0.04	0.12	1.28	3.13
P2T4	5.04	1.95	0.05	0.15	1.31	3.55
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Remark * significant at 0.05 probability levels

Means with the different letters in colum are significantly different to each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ns: non significant

P1: Rippering; P2: No ripper

T1: No soil conditioner; T2: Gypsum 200 kg rai^{-1}

T3: Limestone dust 200 kg rai^{-1}; T4: Chicken manure 1,000 kg rai^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 ผลของการไถระเบิดดาน และวัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารรองในใบมันสำปะหลัง

Treatment	Concentration in leaf (%)			
	Calcium		Magnesium	
	2010	2011	2010	2011
P1	0.43	1.26a	0.43a	0.89a
P2	0.42	0.59b	0.35b	0.43b
F-test	ns	**	*	**
T1	0.40	0.94a	0.37	0.66
T2	0.41	0.98a	0.39	0.63
T3	0.43	1.03a	0.37	0.74
T4	0.45	0.73b	0.41	0.62
F-test	ns	*	ns	ns
P1T1	0.41	1.34	0.42	0.91
P1T2	0.45	1.30	0.46	0.82
P1T3	0.42	1.41	0.40	1.00
P1T4	0.43	0.98	0.43	0.84
P2T1	0.38	0.55	0.32	0.41
P2T2	0.38	0.66	0.33	0.43
P2T3	0.45	0.64	0.35	0.48
P2T4	0.47	0.49	0.38	0.40
F-test	ns	ns	ns	ns

Remark ***, **** significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

Means with the different letters in colum are significantly different to each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ns: non significant

P1: Rippeingr; P2: No ripper

T1: No soil conditioner; T2: Gypsum 200 kg rai^{-1}

T3: Limestone dust 200 kg rai^{-1}; T4: Chicken manure 1,000 kg rai^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 ผลของการไถระเบิดดาน และวัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารในใบมันสำปะหลัง

Treatment	Concentration in leaf (mg kg^{-1})					
	Iron		Copper		Manganese	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011
P1	87.2a	78.2b	2.9	2.5b	408.2b	307.4
P2	61.6b	120.9a	2.4	5.3a	343.9a	268.8
F-test	*	**	ns	*	*	ns
T1	72.8	93.2	2.7	3.7	325.6	300.5
T2	64.9	102.6	2.8	4.5	361.4	301.7
T3	72.2	95.0	2.2	3.5	426.2	302.0
T4	87.6	107.5	2.8	4.0	390.9	247.9
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P1T1	83.9	73.5	2.8	2.5	353.2	315.1
P1T2	78.6	80.2	2.8	2.7	394.9	307.8
P1T3	85.7	78.0	2.7	2.7	447.0	334.0
P1T4	100.7	81.3	3.1	2.3	437.7	272.5
P2T1	61.8	112.9	2.5	4.9	298.0	286.0
P2T2	51.2	125.1	2.9	6.24	328.0	295.7
P2T3	58.8	112.0	1.8	4.2	405.3	270.0
P2T4	74.5	133.7	2.4	5.8	344.1	223.3
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Remark *, ** significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

Means with the different letters in colum are significantly different to each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ns: non significant

P1: Rippering; P2: No ripper

T1: No soil conditioner; T2: Gypsum 200 kg rai^{-1}

T3: Limestone dust 200 kg rai^{-1}; T4: Chicken manure 1,000 kg rai^{-1}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 9 เกณฑ์ประเมินระดับของธาตุอาหารในใบมันสำปะหลัง ใบที่ 5 ที่อายุ 4 เดือน

Nutrient	Growth Stage	Concentration range						
	(months)	Deficient	Marginal	Critical (deficiency)	Adequate	High	Critical (toxicity)	Toxic
N (%)	3-6	< 4.7	4.7-5.1	5.1	5.1-5.8	>5.8	-	-
P (%)	3-6	< 0.30	0.30-0.36	0.36	0.36-0.50	> 0.50	-	-
K (%)	3-6	< 1	1.0-1.3	1.3	1.3-2.0	> 2.0	-	-
Ca (%)	3-6	< 0.65	0.65-0.75	0.75	0.75-0.85	> 0.85	-	-
Mg (%)	3-6	0.33	-	-	0.36-0.39	-	-	-
Fe ($mg\ kg^{-1}$)	3-6	< 100	100-120	120	120-140	140-200	200	> 200
Zn ($mg\ kg^{-1}$)	3-6	< 25	25-30	30	30-60	60-120	120	> 120
Cu ($mg\ kg^{-1}$)	3-6	< 5	5-6	6	6-10	10-15	15	> 15
Mn ($mg\ kg^{-1}$)	3-6	< 45	45-50	50	50-120	120-150	150	> 250

ที่มา: Howeler (1985)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 10 ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัดนครราชสีมา ปี 2009

Month	Total Rainfall	Rainy day	Temperature (^{o}c)			Relative Humidity
	(mm)	(day)	Maximum	Minimum	Mean	(%)
January	0	0	33.6	12	22.3	64
February	8.8	1	38.5	18.3	28.1	61
March	123.6	10	37.8	18.8	28.3	70
April	126.9	9	38.4	21.6	29.4	74
May	248.8	14	37.0	23.1	28.5	79
June	66.5	13	36.6	23.6	29	72
July	134.5	10	35.7	23.3	28.7	72
August	185	16	36.7	22.8	28.7	76
September	208.2	18	35.7	23.5	27.7	83
October	107.4	7	33.7	22.0	27.7	81
November	1.2	4	35.5	15.4	25.7	70
December	1.6	1	34.6	17.3	25.3	66
Total	1,212.5	103	-	-	27.5	72.3

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2554)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 11 ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัดนครราชสีมา ปี 2010-2011

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

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2554)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 12 การแบ่งกลุ่มของเนื้อดิน

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

ที่มา: เอิบ (2548); Soil Survey Division Staff (1993)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 13 เกณฑ์มาตรฐานในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน

Soil fertility rating	OM ($g\ kg^{-1}$)	Avail. P ($mg\ kg^{-1}$)	Avail. K ($mg\ kg^{-1}$)	CEC ($cmol_c\ kg^{-1}$)	BS (%)
Low	< 15 (1)	< 10 (1)	< 60 (1)	< 10 (1)	< 35 (1)
Medium	15-35 (2)	10-20 (2)	60-90 (2)	10-20 (2)	35-75 (2)
High	> 35 (3)	> 20 (3)	> 90 (3)	> 20 (3)	> 75 (3)

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

ที่มา: กองสำรวจดิน (2523)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 14 เกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน

Soil properties	Range	Rating
Bulk density (Mg m^{-3})	< 1.2	Very low
	1.2-1.4	Low
	1.4-1.6	Moderate
	1.6-1.8	Moderately high
	1.8-2.0	High
	>2.0	Very high
Saturated hydraulic conductivity (cm hr^{-1})	<0.125	Very slow
	0.125-0.50	Slow
	0.50-2.00	Moderately slow
	2.00-6.25	Moderate
	6.25-12.50	Moderately rapid
	12.50-25.00	Rapid
	> 25.00	Very rapid

ที่มา: นงคราญ (2529); O'Neal (1952**)**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 15 เกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมีของดิน

Soil properties	Range	Rating
Soil pH (1:1 Soil: H_2O)	< 3.5	Ultra acid
	3.5-4.4	Extremely acid
	4.5-5.0	Very strongly acid
	5.1-5.5	Strongly acid
	5.6-6.0	Moderately acid
	6.1-6.5	Slightly acid
	6.6-7.3	Neutral
	7.4-7.8	Slightly alkaline
	7.9-8.4	Moderately alkaline
	8.5-9.0	Strongly alkaline
	> 9.0	Very strongly alkaline
Organic matter (g kg^{-1})	< 5	Very low
	5-10	Low
	10-15	Moderately low
	15-25	Moderate
	25-35	Moderate high
	35-45	High
	> 45	Very high
Total nitrogen (g kg^{-1})	< 1.0	Very low
	1.0-2.0	Low
	2.0-5.0	Moderately
	5.0-7.5	High
	> 7.5	Very high
Available P by Bray II (mg kg^{-1})	< 3	Very low
	3-6	Low
	6-10	Moderately low
	10-15	Moderately
	15-25	Moderate high
	25-45	High
	> 45	Very high
Available K by NH_4OAc (mg kg^{-1})	< 30	Very low
	30-60	Low
	60-90	Moderately
	90-120	High
	> 120	Very high
Extractable acidity ($cmol_c$ kg^{-1})	<1	Very low
	1-2	Low
	2-5	Moderate
	5-10	Moderately high
	10-20	High
	>20-30	Very high

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 15 (ต่อ)

Soil properties	Range	Rating
Extractable bases ($cmol_c\ kg^{-1}$)		
Ca	< 2.0	Very low
	2-5	Low
	5-10	Moderately
	10-20	High
	> 20	Very high
Mg	< 0.3	Very low
	0.3-1.0	Low
	1.0-3.0	Moderately
	3.0-8.0	High
	> 8.0	Very high
K	< 0.2	Very low
	0.2-0.3	Low
	0.3-0.6	Moderately
	0.6-1.2	High
	> 1.2	Very high
Na	< 0.1	Very low
	0.1-0.3	Low
	0.3-0.7	Moderately
	0.7-2.0	High
	> 2.0	Very high
Sum bases	< 2.6	Very low
	2.6-6.6	Low
	6.6-14.3	Moderately
	14.3-31.2	High
	> 31.2	Very high
CEC by NH_4OAC ($cmol_c\ kg^{-1}$)	<3	Very low
	3-5	Low
	5-10	Moderately low
	10-15	Moderately
	15-20	Moderately high
	20-30	High
	>30	Very high
%Base saturation	<35	Low
	35-75	Moderately
	>75	High

ที่มา: เอิบ (2547); Land Classification Division and FAO Project Staff (1973); Soil Survey Division Staff (1993)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นางสาวนริศรา สุขสวัสดิ์
เกิดวันที่	18 มิถุนายน 2529
สถานที่เกิด	จังหวัดสงขลา
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เกษตรศาสตร์) คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (หาดใหญ่)
ตำแหน่งปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทบัณฑิตศึกษาระดับปริญญาโท จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์