ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา	ปฐพีวิทยา
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง การแก้ไขปัญหาชั้นดานไถพรวนเพื่อการปลูกมันสำปะหลัง

Alleviation of Plough Pan Problem for Growing Cassava

นามผู้วิจัย นายสัมฤทธิ์ ริยาพันธ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(อาจารย์ศุภิฌา ธนะจิตต์, ปร.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์อัญชลี สุทธิประการ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์วิจารณ์ วิชชุกิจ, Dr.sc.agr.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การแก้ไขปัญหาชั้นดานไถพรวนเพื่อการปลูกมันสำปะหลัง

Alleviation of Plough Pan Problem for Growing Cassava

โดย

นายสัมฤทธิ์ ริยาพันธ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)
พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สัมฤทธิ์ ริยาพันธ์ 2553: การแก้ไขปัญหาชั้นดานไถพรวนเพื่อการปลูกมันสำปะหลัง ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) สาขาวิชาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์สุภิฌา ธนะจิตต์, ปร.ด. 122 หน้า

ทำการศึกษาผลของการไถระเบิดดานและชนิดของวัสดุปรับปรุงดินต่อการแก้ไขปัญหาชั้นดานไถพรวนในดิน Typic Paleustult ที่พบชั้นดานไถพรวนที่ความลึกตั้งแต่ 20-70 เซนติเมตรจากผิวดินใน อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 เป็นพืชหลัก วางแผนการทดลองแบบ split-plot in randomized complete block จำนวน 4 ซ้ำ แปลงหลัก (main plot) ประกอบด้วยการไถระเบิดดาน (P1) และไม่ไถระเบิดดาน (P2) ก่อนการเตรียมดินแบบปกติ (ไถเปิดดินด้วยผาล 3 และพรวนด้วยผาล 7 ก่อนยกร่องปลูกขวางความลาดเท) แต่ละแปลงหลักมีการใส่และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ดังนี้ ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน (T1) ใส่ยิปซัม (T2) และหินฝุ่น (T3) อัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่มูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (T4) โดยทั้งหมดใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ที่อายุ 2 และ 4 เดือน ครั้งละ 50 กิโลกรัมต่อไร่ เก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 10 เดือน

การไถระเบิดดานให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงกว่าการไม่ไถระเบิดดานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (2.92 เปรียบเทียบกับ 2.58 ตันต่อไร่) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อการให้ผลผลิตหัวมันสด แต่ให้น้ำหนักส่วนเหนือดินแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่มูลไก่ให้น้ำหนักส่วนเหนือดินสูงที่สุดเท่ากับ 5.92 ตันต่อไร่ และมีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวสดสูงที่สุด (3.1 ตันต่อไร่) เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่และการใส่วัสดุปรับปรุงดินอีก 2 ชนิดทั้งในกรณีที่มีการไถหรือไม่ไถระเบิดดาน การใส่มูลไก่ร่วมกับการไถระเบิดดานทำให้มีการสะสมแป้งในหัวมันต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 21.7 การสะสมธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอาหารในใบอยู่ในระดับที่ไม่พอเพียง ยกเว้นแมงกานีสที่มีปริมาณมากจนอยู่ในระดับที่เป็นพิษ อย่างไรก็ตาม การใส่มูลไก่ทั้งในกรณีที่ใช้ร่วมกับการไถ หรือไม่มีการไถระเบิดดานมีผลให้ปริมาณการสะสมแมงกานีสในใบต่ำที่สุดซึ่งสอดคล้องกับการให้ผลผลิตหัวมันสดที่มีแนวโน้มสูงที่สุด

การไถระเบิดดานและชนิดของวัสดุปรับปรุงดินมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินที่ระดับความลึกไม่เกิน 30 เซนติเมตร ยกเว้นในกรณีของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โดยการไถระเบิดดานหรือการใส่หินฝุ่นมีผลให้สภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำและร้อยละของเม็ดดินเสถียรน้ำสูงกว่าเปรียบเทียบกับไม่ไถระเบิดดานและวัสดุปรับปรุงดินทั้งสองชนิด ส่วนการใส่มูลไก่ช่วยลดความเป็นกรดของดินและทำให้มีธาตุอาหารพืชหลงเหลืออยู่ในดินมากกว่า รวมทั้งลดการสะสมแมงกานีสในใบมันสำปะหลัง เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ยิปซัมและหินฝุ่น และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Sumritre Riyaphan 2010: Alleviation of Plough Pan Problem for Growing Cassava. Master of Science (Soil Science), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Miss Suphicha Thanachit, Ph.D. 122 pages.

A study on the effect of pan-breaking tillage and soil amendments on plough pan alleviation in a Typic Paleusult where plough pan occurred between depths of 20-70 cm from soil surface was carried out in Dan Khun Thod District, Nakhon Ratchasima Province using Cassava (Huay Bong 80 variety) as a major plant. Split-plot in Randomized Complete Block design with four replications was employed. The main plot consisted of subsoiling by using ripper (P1) and no subsoiling (P2) before normal land preparation (3 disc followed by 7 disc plow and contour ridging). Each main plot had four factors, no soil amendment (T1), amended with 200 kg/rai of gypsum (T2) and limestone dust (T3), and 1000 kg/rai of chicken manure (T4). Application of 100 kg/rai complete fertilizer (15-15-15) was split into 50 kg/rai and applied at two and four months of age. Yield of cassava was harvested at 10 months after planting.

Subsoiling by using ripper gave significantly higher fresh tuber yield than did the other without using ripper (2.92 compared to 2.58 ton/rai). Types of soil amendments showed no effect on tuber yield but aboveground biomass. Chicken manuring significantly gave highest aboveground biomass of 5.92 ton/rai and tended to give the highest fresh tuber yield (3.1 ton/rai) as compared to no soil amendment treatment, and application of gypsum and limestone dust both with and without subsoiling. Subsoiling combined with chicken manure addition tended to give the lowest starch percentage of 21.7. The concentration of macro-, micro- and trace- plant nutrients in leaf was below critical level for normal growth with the exception of Mn concentration, which was found to be reportedly toxic to the plant. However, using chicken manure as a soil amendment with and without subsoiling gave the lowest Mn concentration in leaf, which generally coincided with the highest fresh tuber yield.

Subsoiling and soil amendments had the effect on the change of physical and chemical properties of soil within 30 cm depth except that of available phosphorus. Subsoiling or limestone dust application gave the soil higher hydraulic conductivity and better water aggregate stability than did without subsoiling and other two soil amendments. Chicken manuring had more effect on reducing soil acidity level and increasing plant nutrients stored in soil than did gypsum, limestone dust and no soil amendment.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ศุภิฌา ธนะจิตต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.อัญชลี สุทธิประการ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และความช่วยเหลือด้านการเรียน และการทำวิทยานิพนธ์อย่างดีมาโดยตลอด ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.เอิบ เขียวรื่นรมณ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ ทองแพ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

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

ขอขอบคุณพี่รฐนนท์ เจริญชาศรี พี่ชนิษฎา พันธุ์เมือง คุณอรพิน เกลี้ยกล่อม คุณภัทราประเสริฐสมบัติ คุณรัชณี ขำเดช คุณพหล รักสำรวจ คุณศิรินทรา ตะสาริกา และ คุณนริศรา สุขสวัสดิ์ รวมถึงพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ชาวปฐพีวิทยาทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา และมิตรภาพที่ดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ พ่อ แม่ และญาติพี่น้องทุกคน ที่ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจที่สำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีกำลังใจมาจนถึงทุกวันนี้

สัมฤทธิ์ ริยาพันธ์

เมษายน 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	19
อุปกรณ์	19
วิธีการ	20
ผลและวิจารณ์	28
สรุปและข้อเสนอแนะ	78
สรุป	78
ข้อเสนอแนะ	80
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	81
ภาคผนวก	94
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	122

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังและผลผลิตหัวมันสดเป็นรายภาคของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2551/52-2552/53	7
2	พื้นที่ปลูกและผลผลิตหัวมันสดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างปี พ.ศ. 2551/52	8
3	ผลการวิเคราะห์ดินบน (0-18/20) และ ดินล่าง (18/20-60) ก่อนทำการทดลอง	37
4	การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินบน (0-18/20 เซนติเมตร) และดินล่าง (18/20-60 เซนติเมตร) ก่อนทำการทดลอง	38

ตารางผนวกที่

1	ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของวัสดุปรับปรุงดิน	97
2	สมบัติทางกายภาพของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลองมันสำปะหลัง	98
3	สมบัติทางเคมีของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลองมันสำปะหลัง	99
4	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง น้ำหนักส่วนเหนือดิน และร้อยละของแป้งในหัวมันสด	100
5	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อจำนวนลำ จำนวนหัวมันสำปะหลัง และ อัตราการรอดตาย	101
6	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณการสะสมธาตุอาหารหลัก	102
7	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณการสะสมธาตุอาหารรอง	103
8	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณการสะสมจุลธาตุอาหาร	104
9	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อความหนาแน่นรวมของดิน	105

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
10	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อค่าสภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว	106
11	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อค่าความแข็งของดิน	107
12	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อร้อยละของเม็ดดินเสถียรน้ำ	108
13	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อพีเอช	109
14	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณอินทรียวัตถุ	110
15	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณไนโตรเจนรวม	111
16	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	112
17	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	113
18	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้	114
19	ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้	115
20	เกณฑ์ประเมินระดับของธาตุอาหารในใบมันสำปะหลัง	116
21	ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัดนครราชสีมา ปี 2552	117
22	การแบ่งกลุ่มของเนื้อดิน	118
23	เกณฑ์มาตรฐานในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน	119
24	ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางกายภาพของดิน	119
25	ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมีของดิน	120

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การแจกกระจายของปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัดนครราชสีมา	18
2	ลักษณะของแปลงทดลองและหน้าตัดดินของดินตัวแทนที่ใช้ในการศึกษา	29
3	การกระจายขนาดอนุภาคดินตามความลึก	30
4	ความแน่นรวม (ก) และสภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว(ข)	31
5	ค่าพีเอชของดินที่วัดในน้ำและในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1 โมลาร์	32
6	ปริมาณอินทรียวัตถุ (ก) ปริมาณไนโตรเจนรวม (ข) ปริมาณฟอสฟอรัส (ค)และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ง) ของดิน	33
7	ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียมที่สกัดได้ของดิน	34
8	สภาพกรดที่สกัดได้ (ก) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (ข) และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (ค) ของดิน	35
9	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อผลผิตหัวมันสด	40
10	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อน้ำหนักส่วนเหนือดิน	41
11	แสดงลักษณะการแทงของหัวมันสำปะหลัง	43
12	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อร้อยละการสะสมแป้ง	45
13	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อจำนวนลำต้นมันสำปะหลัง	46
14	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อจำนวนหัวมันสำปะหลังต่อต้น	48
15	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่ออัตรารอดตายของมันสำปะหลัง	49

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
16	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในใบมันสำปะหลัง	50
17	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารรองในใบมันสำปะหลัง	52
18	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อความเข้มข้นของเหล็ก สังกะสี และทองแดงในใบมันสำปะหลัง	54
19	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อความเข้มข้นของแมงกานีสในใบมันสำปะหลัง	55
20	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อความหนาแน่นรวมของดิน	57
21	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อสภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ	59
22	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อค่าความแข็งของดิน	61
23	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อร้อยละของเม็ดดินเสถียรน้ำ	63
24	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อพีเอชของดิน	65
25	ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อปริมาณอินทรียวัตถุของดิน	67

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

26 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อปริมาณไนโตรเจนรวมของดิน 69

27 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดิน 71

28 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดิน 73

29 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ของดิน 74

30 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ของดิน 76

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การแก้ไขปัญหาชั้นดานไถพรวนเพื่อการปลูกมันสำปะหลัง

Alleviation of Plough Pan Problem for Growing Cassava

คำนำ

มันสำปะหลังเป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งสามารถส่งออกและนำรายได้เข้าประเทศปีละประมาณ 30,000 ล้านบาท ปัจจุบันไทยเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังอันดับหนึ่งของโลก (ตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทย, 2550) และคาดว่าการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังของไทยจะยังคงขยายตัวเพิ่มขึ้น เนื่องจากความต้องการใช้ในตลาดโลกที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อันเป็นผลมาจากการขยายตัวของอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่อง เช่น อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมกระดาษ ซึ่งมีความต้องการใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบเพิ่มมากขึ้น ขณะที่อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ก็มีความต้องการใช้มันเส้นและมันอัดเม็ดเป็นจำนวนมากเพื่อเป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์ รวมทั้งการเติบโตของอุตสาหกรรมการผลิตเอธานอลซึ่งใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบในการผลิตเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันที่ราคามีแนวโน้มสูงขึ้นในปัจจุบัน

มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีการปรับตัวได้ดีในเกือบทุกสภาพแวดล้อมไม่ว่าจะเป็นดินทราย ดินร่วนปนทราย ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ พื้นที่แห้งแล้งที่ไม่สามารถปลูกพืชไร่ชนิดอื่นได้ เกษตรกรส่วนใหญ่จะทำการปลูกมันสำปะหลังอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการพักดินและการปรับปรุงบำรุงดินอย่างเหมาะสม มีผลทำให้ดินที่ปลูกมันสำปะหลังนั้นเสื่อมโทรมลง (ปิยะ, 2546) พันธุ์มันสำปะหลังที่ผ่านการคัดเลือกในปัจจุบันมีศักยภาพในการให้ผลผลิตถึง 5 -10 ตันต่อไร่ เมื่อมีการดูแลและจัดการที่ดี แต่ผลผลิตในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีเพียง 1-3 ตันต่อไร่ (วิจารณ์, 2546) เจริญศักดิ์ และคณะ (2547) ได้สรุปไว้ว่า การเสื่อมโทรมของดินทางกายภาพเป็นปัญหาอันดับหนึ่งของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง ซึ่งดินที่ใช้ในการปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่เป็นดินเนื้อหยาบ การเตรียมดินเพื่อปลูกมันสำปะหลังโดยทั่วไปจะทำการไถพรวนด้วยไถจานผาล 3 ตามด้วยผาล7 หรือผาล 7 ทั้งสองครั้งแล้วยกร่องปลูก (สมพงษ์ และ อนุชิต, 2547) ซึ่งจะมีการเตรียมดินในลักษณะนี้ติดต่อกันเป็นเวลานาน ร่วมกับการไถพรวนในขณะที่ดินมีความชื้นมากเกินไปเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดชั้นดานไถพรวนได้ในพื้นที่ที่ปลูกมันสำปะหลัง ชั้นดานนี้เป็นข้อจำกัดต่อการแทงหัวของมันสำปะหลังทำให้ได้หัวมันที่มีขนาดเล็ก และมีลักษณะคอด (อรุณี, 2547) มีผลต่อการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เคลื่อนย้ายอากาศและน้ำใต้ดิน หรืออาจทำให้เกิดชั้นน้ำใต้ดินชั่วคราวขึ้นในฤดูฝน (Coelho *et al.*, 2000) ซึ่งอาจส่งผลให้หัวมันสำปะหลังเน่าได้ (McDanial *et al.*, 2008)

แนวทางในการแก้ไขชั้นดานไถพรวน ได้แก่ วิธีการเชิงกล การใส่วัสดุปรับปรุงดิน และวิธีการทางชีวภาพ (Viator *et al.*, 2002; Miransari *et al.*, 2007) อย่างไรก็ตามการใช้ไถระเบิดดินล่างจะทำให้ชั้นดานแตกตัวแต่เป็นการแก้ไขได้เพียงช่วงเวลาสั้น ๆ เท่านั้น เนื่องจากดินเหล่านี้สามารถกลับมาอัดตัวแน่นเหมือนเดิมได้อีก (Hakanssan *et al.*, 1996; Van Doren and Triplett, 1979) สำหรับในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีการศึกษาพบว่า ชั้นดานไถพรวนพบได้อยู่ทั่วไปในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง (เอกราช, 2552; Anusontpornperm *et al.*, 2005; กรมพัฒนาที่ดิน, 2551) อย่างไรก็ตาม แนวทางการจัดการชั้นดานไถพรวนที่เหมาะสมเพื่อการปลูกมันสำปะหลังยังไม่มีมากนัก ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงน่าจะเป็นแนวทางสำหรับการแก้ไขปัญหาชั้นดานไถพรวนอย่างยั่งยืน เพื่อทำให้ดินกลับมาผลิตภาพดั้งเดิม และสามารถปลูกมันสำปะหลังให้ได้ผลผลิตเป็นที่น่าพึงพอใจสำหรับเกษตรกร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาเปรียบเทียบผลของการไถระเบิดดานต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดิน การเจริญเติบโต และผลผลิตหัวมันสำปะหลัง

2. ศึกษาอิทธิพลของวัสดุปรับปรุงดินต่อการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังเมื่อใช้ร่วมกับการไถระเบิดดาน และผลตกค้างที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของชั้นดาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. มันสำปะหลัง

1.1 ความสำคัญ

มันสำปะหลังเป็นพืชอาหารที่สำคัญเป็นอันดับ 5 ของโลก รองจากข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าว และมันฝรั่ง และเป็นพืชอาหารที่สำคัญของประเทศในเขตร้อน โดยเฉพาะประเทศต่าง ๆ ในทวีปแอฟริกาและอเมริกาใต้ ส่วนในทวีปเอเชีย ประเทศอินโดนีเซียและอินเดียมีการบริโภคมันสำปะหลังกันเป็นจำนวนมาก ปริมาณการผลิตในปี 2544 ทั่วโลกผลิตได้ 139.827 ล้านตัน ปริมาณผลผลิตที่ได้ในแต่ละปี ร้อยละ 60 ใช้เป็นอาหารของมนุษย์ ร้อยละ 27.5 ใช้ทำเป็นอาหารสัตว์ และร้อยละ 12.5 ใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ (จรุงสิทธิ์ และ อัจฉรา, 2547) นอกจากนี้มันสำปะหลังยังมีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เกษตรกรปลูกเป็นการค้ากระจายอยู่ทั่วไปทั้งภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ต่อมาได้ขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนับตั้งแต่ปี 2520 เป็นต้นมา ซึ่งในปี 2551 มีพื้นที่ปลูกรวมทั้งประเทศ 7,750,413 ไร่ และพื้นที่ที่มีการปลูกมากที่สุดคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีเนื้อที่เพาะปลูก 4,242,135 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551)

1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) มีชื่อสามัญแตกต่างกันไปตามภูมิภาคของโลก อาทิเช่น Cassava, Tapioca, Yuca, Mandioca หรือ Manioc เป็นไม้พุ่มยืนต้นมีอายุอยู่ได้หลายปี เมื่ออายุมากจะมีขนาดเท่าต้นไม้ใหญ่ขนาดเล็ก แต่การเพาะปลูกเกษตรกรจะเป็นการปลูกแบบพืชล้มลุก โดยมีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 8-12 เดือน อย่างไรก็ตามในสภาวะที่ราคาไม่ดีเกษตรกรอาจจะเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่อายุมากกว่าหนึ่งปีก็ได้

พันธุ์มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์จะมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ที่แตกต่างกันออกไป เช่น รูปทรงของต้น การแตกกิ่ง สีของลำต้น และก้านใบ ลักษณะและรูปร่างของใบใบ และสีของหัว ซึ่งลักษณะต่าง ๆ เหล่านี้เป็นลักษณะประจำพันธุ์ จึงสามารถใช้เพื่อจำแนกพันธุ์ต่าง ๆ ออกจากกันโดยไม่ต้องใช้เครื่องมือที่ซับซ้อน (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2537) ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1) ลำต้น

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

2) ใบ

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

สีของก้านใบก็เช่นเดียวกัน เช่น พันธุ์ระยอง 1 ก้านใบมีสีแดงเข้มทั้งก้าน พันธุ์ระยอง 1 ก้านใบมีสีเขียวปนม่วง ซึ่งสีของก้านใบนี้จะช่วยในการจำแนกพันธุ์ทั้งสองได้

3) รากและหัว

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

ปกติมันสำปะหลังต้นหนึ่งจะเกิดหัวไม่มากกว่า 10 หัว รากที่ไม่ได้สะสมแป้งก็เป็นรากธรรมดา ส่วนของหัวมันจะเป็นที่สะสมแป้งเท่านั้นไม่มีตา แต่ละพันธุ์จะมีรูปร่างของหัวที่แตกต่างกันออกไป เช่น บางพันธุ์หัวยาว บางหัวสั้น สีของหัวก็แตกต่างกัน เช่น สีขาว น้ำตาล พันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระยอง 1 จะมีเปลือกสีขาว ส่วนพันธุ์ระยอง 72 จะมีเปลือกสีน้ำตาล พันธุ์การค้าของไทยส่วนใหญ่มีสีน้ำตาลอ่อนหรือสีครีม ยกเว้นพันธุ์ระยอง 90 มีสีน้ำตาลเข้ม

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

4) ดอก ผล และเมล็ด

ดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกกันอยู่แต่ละดอกบนช่อเดียวกัน ดอกตัวผู้มีขนาดเล็กกว่าอยู่ตรงส่วนปลายของช่อ 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)

1.3 พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย

พื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย พบว่า สามารถปลูกได้ทั่วทั้งประเทศ โดยในปี 2551/52 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 8,009,425 ไร่ ผลผลิตหัวมันสดเฉลี่ยประมาณ 29,151,821 ตัน (ประมาณ 3.64 ตัน/ไร่) (มูลนิธิพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2552) โดยแหล่งที่ปลูกมันสำปะหลังที่ใหญ่ที่สุด ได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีพื้นที่ปลูกประมาณร้อยละ 54.5 ของพื้นที่ปลูกทั้งหมด รองลงมาเป็นภาคตะวันออกซึ่งมีพื้นที่ปลูกประมาณร้อยละ 21.5 (ตารางที่ 1)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

ภาค	พื้นที่ปลูก (ไร่)		ผลผลิตหัวมันสด			
			ตัน		ตัน/ไร่	
	2551/2552	2552/2553	2551/2552	2552/2553	2551/2552	2552/2553
เหนือ	1,407,607	1,380,238	5,286,579	5,281,006	3.76	3.83
ตะวันออกเฉียงเหนือ	4,360,695	4,063,599	15,570,655	14,200,385	3.57	3.49
ตะวันออก	1,728,938	1,602,518	6,348,634	5,771,335	3.67	3.60
กลางและตะวันตก	794,406	734,997	2,881,757	2,506,388	3.63	3.41
รวม	8,292,146	7,781352	30,088,025	27,759,114	3.63	3.57

ที่มา: มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย (2552ก)

แหล่งปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะอยู่บริเวณตอนล่างของภาค ครอบคลุมพื้นที่ 10 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ มหาสารคาม สุรินทร์ อุบลราชธานี ศรีสะเกษ ขอนแก่น ร้อยเอ็ด และกาฬสินธุ์ โดยมีพื้นที่ปลูกคิดเป็นร้อยละ 45 ของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั้งประเทศ (ตารางที่ 2) โดยสภาพพื้นที่เป็นแบบลูกคลื่นลอนลาดจนถึงราบเรียบหรือเกือบราบ ลักษณะภูมิอากาศเป็นแบบทุ่งหญ้าเขตร้อน มีฤดูแล้งหรือฤดูฝนแตกต่างกันอย่างชัดเจน มีปริมาณฝนตกเฉลี่ย 1,000-1,400 มิลลิเมตร เหตุที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างนิยมปลูกกันมากเนื่องจากพืชชนิดนี้เจริญเติบโตได้ในดินเกือบทุกชนิด และทนต่อสภาวะแห้งแล้ง การปลูกและการขยายพันธุ์ทำได้ง่าย ต้นทุนการผลิตไม่สูงมากนัก และมีโรงงานรับซื้อมันสำปะหลังกระจายอยู่ทั่วไป (ชุมพล และ ดำรงค์, 2533; ประสาท, 2538; ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2545)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 พื้นที่ปลูกและผลผลิตหัวมันสดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างปี พ.ศ. 2551/52

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

ที่มา: มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย (2552ข)

2. ปัญหาของการผลิตมันสำปะหลัง

ผลผลิตมันสำปะหลังเฉลี่ยยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำ แม้ว่าพื้นที่ปลูกของเกษตรกรจะเพิ่มขึ้น ซึ่งมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย (2552) ได้คาดการณ์ว่า ปี 2552/53 ประเทศไทยน่าจะมีพื้นที่เก็บเกี่ยวในฤดูการเพาะปลูกนี้เท่ากับ 7.781 ล้านไร่ ผลผลิตทั้งหมด 27.76 ล้านตัน ผลผลิตเฉลี่ย 3.57 ตันต่อไร่ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับปี 2551/52 พบว่าพื้นที่เก็บเกี่ยวลดลงถึงร้อยละ 6.16 ผลผลิตทั้งหมดลดลงร้อยละ 7.74 และผลผลิตต่อไร่ลดลงร้อยละ 1.68 (ตารางที่ 1) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการผลิตยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำ อาจเนื่องมาจากปัญหาดินเสื่อมโทรมลง ทั้งทางด้านโครงสร้าง เคมี กายภาพ และชีวภาพ ซึ่งมักเป็นผลจากการเขตกรรมที่ปลูกพืชกันอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการกร่อนดิน และขาดการจัดการดินที่เหมาะสม (Howeler, 1995; Wargiono *et al.*, 1992) อย่างไรก็ตามสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พื้นที่เพาะปลูกลดลง ก็เนื่องจากเกษตรกรหันไปปลูกพืชชนิดอื่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซึ่งให้ผลตอบแทนที่ดีกว่า ประกอบกับยังคงมีเพลี้ยแป้งระบาดในหลายจังหวัด (มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2552)

2.1 ฤดูกาลการปลูกมันสำปะหลัง

มันสำปะหลัง ควรปลูกในช่วงปลายฤดูฝน (กันยายน-ตุลาคม) หรือฤดูแล้ง (พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) เนื่องจากมันสำปะหลังจะสร้างหัวมันสดมากในระยะกลางและปลายของการเจริญเติบโต จึงควรกำหนดวันปลูกในช่วงปลายฤดูฝนหรือฤดูร้อนเพื่อให้ระยะกลางและปลายของการเจริญเติบโตอยู่ในช่วงฤดูฝน (สมนิมิตร และคณะ, 2551) ได้ทำการศึกษาความผันแปรความชื้นในดินบริเวณรากมันสำปะหลัง โดยใช้เครื่องวัดความชื้นในดินแบบ Time Domain Reflectometry (TDR) พบว่า ความผันแปรของความชื้นในดินรายเดือนตามช่วงฤดูกาลเพาะปลูก โดยพิจารณาที่ระดับความลึก 0-60 เซนติเมตร พบว่า ช่วงเก็บเกี่ยวมีปริมาณความชื้นในดินต่ำสุดและสูงสุดในช่วงระยะตั้งตัวและเริ่มลงหัว สำหรับการปลูกมันสำปะหลังในช่วงกลางฤดูฝน (มิถุนายน-สิงหาคม) ให้ผลผลิตต่ำ เนื่องจากอัตราการงอกของท่อนพันธุ์ต่ำและได้รับผลกระทบจากปัญหาวัชพืชมาก (CIAT, 1996) ซึ่งร้อยละความงอกของท่อนพันธุ์จะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของท่อนพันธุ์ (volume density) ท่อนพันธุ์ที่มีความหนาแน่นสูง จะมีอัตราร้อยละการงอกสูงด้วย โดยพบว่าท่อนพันธุ์ที่ตัดในช่วงกลางฤดูฝนจะมีคุณภาพต่ำกว่าการตัดท่อนพันธุ์ในช่วงฤดูแล้งและปลายฤดูฝน (Oka *et al.,* 1987)

2.2 ลักษณะดินที่เหมาะสมต่อปลูกมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังปลูกได้ในดินทุกชนิด แต่ชอบดินร่วนปนทรายเพราะจะลงหัวและสามารถเก็บเกี่ยวง่าย สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินที่ไม่มีสภาพน้ำท่วมขัง มันสำปะหลังทนต่อสภาพกรดที่มีค่าพีเอชดินต่ำถึง 4.5 ได้ดี อย่างไรดินที่มีค่าพีเอชมากกว่า 8 จะไม่เหมาะสำหรับปลูกมันสำปะหลัง อย่างไรก็ตาม ดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่จะมีการพัฒนาสูงและมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มักเป็นดินที่มีอนุภาคขนาดทรายเป็นองค์ประกอบหลักในดินชั้นบน มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ มีปริมาณธาตุอาหารต่ำ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ ทำให้ดินมีความชื้นสะสมอยู่น้อย และความเสถียรในการเกาะยึดตัวของเม็ดดินน้อย (สิริมาน, 2543; Howeler, 1981)

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) นอกจากนี้ในบางบริเวณที่เป็นที่ลุ่มและมีสภาพอากาศชื้นมาก มักพบว่ามันสำปะหลังบางพันธุ์ เช่น พันธุ์ระยอง 60 มีอาการลำต้นเน่า ซึ่งอาการจะลุกลามต่อไปทำให้เกิดอาการรากเน่าได้ ในกรณีนี้พบว่าเกิดจากเชื้อรา *Diplodia* spp. (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

Duangpatra (1988) และ สมพงษ์ และ อนุชิต (2547) รายงานไว้ว่า ดินที่ปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทยส่วนใหญ่จัดอยู่ในอันดับดินอัลทิซอลส์ (Ultisols) ถึงร้อยละ 75 รองลงมาได้แก่อันดับเอนทิซอลส์ (Entisols) ร้อยละ 14.5 เมื่อพิจารณาในระดับกลุ่มดินใหญ่ (Great group) ดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่สามารถจัดอยู่ในกลุ่มดิน Paleustults และ Quartzipsamments ดินทั้ง 2 กลุ่มนี้มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำ และพบในสภาพพื้นที่ที่เป็นลอนลูกคลื่น พื้นที่มีความลาดชันทำให้เกิดการสูญเสียดินเนื่องจากการกร่อนดินรุนแรง โดยร้อยละ 45 เป็นดินที่มีเนื้อดินเป็นดินทรายหรือดินร่วนปนทราย ได้แก่ ชุดดินยโสธร วาริน สตึก และโคราช เป็นต้น ซึ่งปัญหาดินเลว เช่น ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลงทุกปีเนื่องจากการปลูกพืชต่อเนื่องกันในระยะเวลานานโดยไม่มีการบำรุงดินที่เหมาะสม มีความสำคัญยิ่งต่อการผลิตมันสำปะหลัง นอกเหนือไปจากจากปัญหาฝนแล้งหรือตกไม่สม่ำเสมอที่เกษตรกรต้องประสบอยู่เสมอ (Mitsuchi *et al* .,1986)

3. ชั้นดานไถพรวน

3.1 ความหมาย

ชั้นดานไถพรวน หมายถึง ชั้นดินแน่นทึบเกิดจากการไถพรวน เนื่องจากน้ำหนักล้อรถแทรกเตอร์ที่เคลื่อนไปในร่องไถที่ระดับความลึกเดียวกันตลอด ทำให้ดินมีความหนาแน่นรวมสูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา, 2551; Deng *et.al*, 1999) รวมถึง การที่เกษตรกรไม่ค่อยจะพิจารณาถึงการปรับปรุงดินซึ่งการเตรียมดินโดยการไถพรวนอย่างต่อเนื่องที่ความลึกเดิม (Spoor, 2000)

3.2 สาเหตุที่ทำให้เกิดชั้นดานไถพรวน

ชั้นดานไถพรวนเกิดจากการไถพรวนอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานส่งเสริมให้ปริมาณอินทรียวัตถุสลายตัวเร็วและมีผลต่อโครงสร้างของดินถูกทำลายทำให้ดินมีความแน่นทึบ (Busscher *et al.,* 2007) รวมทั้งการใช้เครื่องจักรกลขนาดใหญ่เข้าไปในแปลงซึ่งเครื่องจักรกลที่มีน้ำหนักมากจะทำให้เกิดการกดอัดลงบนพื้นและกลายเป็นชั้นดินดาน การเขตกรรมที่ผิดวิธี ได้แก่ การไถพรวนในช่วงความชื้นไม่เหมาะสม และ การไถพรวนที่ระดับความลึกเดียวกันนาน ๆ หลายปีทำให้ดินล่าง (sub-surface soil) เกิดเป็นชั้นดินอัดแน่น ทำให้รากพืชไม่สามารถชอนไชลงไปได้ และหากเป็นพื้นที่ที่มีความลาดเอียงเมื่อฝนตกก็จะทำให้เกิดการสะสมน้ำที่ผิวดิน ก่อให้เกิดการไหลบ่าทำให้เกิดการกร่อนหน้าดิน (กลุ่มมาตรฐาน, 2544 ; Charles and Paul, 2003)

Tongglum *et al.* (2000) รายงานว่า เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในเขตจังหวัดนครราชสีมา และฉะเชิงเทรา ส่วนมากนิยมการเตรียมดินโดยการไถพรวนด้วยไถจานผาล 3 ตามด้วยไถผาล 7 และใช้เครื่องจักรกลที่ติดผาลไถสำหรับการยกร่องปลูก ผลของการเตรียมดินด้วยวิธีดังกล่าวช่วยให้ดินร่วนซุยปราศจากวัชพืชและง่ายต่อการปลูก แต่มีผลเสียคือหากมีการปฏิบัติต่อเนื่องในทุก ๆ ปี เป็นระยะเวลานาน จะก่อให้เกิดดินอัดตัวแน่นหรือเกิดชั้นดานไถพรวน (plough pan) ลึกลงไปจากหน้าดิน 20 เซนติเมตร ดินมีข้อจำกัดด้านการระบายน้ำเนื่องจากการกีดขวางโดยชั้นดานนี้ พื้นที่เหล่านี้จึงมักพบปัญหาการกร่อนดินสูง มันสำปะหลังที่ปลูกมักให้ผลผลิตต่ำเนื่องจากการเจริญเติบโตของรากถูกจำกัด ซึ่งตรงกับการศึกษาของ Anusontpornperm *et al.* (2005) ที่ได้ทำการสำรวจชั้นดานไถพรวนภายใต้การปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยศึกษาดิน 9 บริเวณ พบว่า ชั้นที่อยู่ข้างใต้ชั้นไถพรวนที่ระดับความลึกระหว่าง 30-50 เซนติเมตรจากผิวดิน ดินทุกบริเวณมีค่าความหนาแน่นรวมเพิ่มขึ้น ขณะที่ในชั้นดังกล่าว ความพรุนรวมมีค่าลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับชั้นดินบนและชั้นดินด้านล่าง และสัมพันธ์กับค่าสภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำของชั้นดังกล่าวก็มีค่าลดลงอย่างชัดเจน โดยในทุกดินชั้นนี้จะมีค่าน้อยกว่า 2 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ขณะที่ เอกราช (2552) ทำการศึกษาตามลำดับภูมิประเทศในชุดดินยโสธร วาริน และสตึกในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมา พบว่า ดินทุกบริเวณพบชั้นดาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไถพรวนที่ระดับความลึกระหว่าง 15-40 เซนติเมตร ทั้งนี้น่าจะเป็นผลมาจากการใช้เครื่องมือหนักในการเตรียมดินเป็นประจำได้แก่ การไถพรวนดินด้วยผาล 3 และผาล 7 ติดกันเป็นระยะเวลานาน ซึ่ง Sjoerd (2004) กล่าวว่า เครื่องจักรกลทางการเกษตรเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ดินมีความแน่นทึบ โดยทำการศึกษาน้ำหนักของล้อรถที่มีผลต่อการอัดแน่นของดิน พบว่า น้ำหนักของล้อรถที่มากกว่า 10 ตัน จะทำให้ดินอัดแน่นที่ระดับความลึกประมาณ 15-30 นิ้ว ในขณะที่น้ำหนักล้อที่น้อยกว่า 5 ตันจะทำให้เกิดการอัดแน่นของดินบนลงไปประมาณ 12 นิ้ว และชั้นดานไถพรวนจะเกิดได้ง่ายกับดินมีอนุภาคขนาดทรายละเอียดหรือทรายแป้งในปริมาณมากซึ่งจะง่ายต่อการถูกอัดตัว (Munkholm *et al.* , 2005)

Rojanaridpiced *et al.* (2002) ได้รายงานว่า มีการเพิ่มพื้นที่การเพาะปลูกมันสำปะหลังในระหว่างปี 2537-2544 มีเพิ่มถึง 431,987 ไร่ โดยศักยภาพของพันธุ์มันสำปะหลังในปัจจุบันนั้นสามารถให้ผลผลิตสูงถึง 5-10 ตันต่อไร่ ถ้ามีการดูแลและจัดการดี สาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตต่ำคือคุณภาพดินที่ปลูกมันสำปะหลัง ดินบางชนิดอาจจะไม่มีปัญหาทางด้านอินทรียวัตถุหรือปริมาณธาตุอาหารพืชในดินมากนัก แต่อาจมีปัญหาทางด้านเนื้อดินที่ไม่จับตัวกันเป็นก้อน ไม่อุ้มน้ำ เกิดการกร่อนดิน หรือผิวหน้าดินเกิดการแข็งตัวแน่นทึบ ฉะนั้นการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้จำเป็นต้องมีการใช้สารปรับปรุงดินร่วมด้วย

3.3 ลักษณะที่เป็นปัญหาต่อพืช

ปัญหาของชั้นดานไถพรวนขึ้นอยู่กับความลึกที่พบชั้นดาน เพราะชั้นดานจะขัดขวางการไหลซึมของน้ำและการถ่ายเทอากาศ เนื่องจากปริมาณช่องว่างในดินลดลง การซึมตามแนวดิ่งจะช้าลง เมื่อฝนตกจึงเกิดการสะสมของน้ำบนชั้นดาน ทำให้เกิดน้ำที่ไหลบ่าไปตามผิวดิน โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความลาดเทมีผลทำให้เกิดการกร่อนดินได้ง่าย (Charles and Paul, 2003) นอกจากนี้ เมื่อฝนทิ้งช่วงพืชก็อาจแสดงอาการเหี่ยว และตายเร็วกว่าปกติ เนื่องจากชั้นดานกั้นไม่ให้น้ำด้านล่างซึมขึ้นมาตามท่อแคพิลลารี (capillary rise) และชั้นดานยังอาจทำให้เกิดชั้นน้ำใต้ดินชั่วคราวขึ้นในฤดูฝนส่งผลเนื่องจากการระบายน้ำเกิดขึ้นได้ช้า มีผลทำให้รากพืชเน่าได้ง่าย โดยเฉพาะพืชหัว (อรุณี, 2547; Albaladejo, 1990)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชั้นดานจะจำกัดการเจริญเติบโตของและการชอนไชของรากพืช โดยพืชที่ปลูกจะมีระบบรากสะสมอยู่ในระดับตื้น ๆ อยู่เหนือชั้นดาน จึงทำให้พืชดูดกินธาตุอาหารและน้ำได้น้อยลง พืชจึงแคระแกรน ผลผลิตลดลง จึงจำเป็นต้องใช้ปุ๋ยมากกว่าปกติถ้าต้องการให้ได้ผลผลิตดี (John, 1983)

4 แนวทางการแก้ไขชั้นดานไถพรวน

4.1 วิธีเชิงกล

Hamza and Anderson (2003) ได้ทำการศึกษาวิธีการในการแก้ไขดินที่มีการอัดแน่นในระบบการปลูกพืชไร่ พบว่า การเตรียมดินด้วยวิธีที่มีการไถระเบิดดินล่าง (ที่ระดับความลึก 40 เซนติเมตร) ร่วมกับการใช้ยิปซัมอัตรา 2.5 ตันต่อเฮกตาร์ ทำให้อัตราการแทรกซึมน้ำในดินเร็วที่สุด (23.5 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง) เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ใส่ยิปซัมอย่างเดียว หรือการไถระเบิดดินล่างเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามการใช้วิธีไถระเบิดดินล่างร่วมกับการใช้ยิปซัมสามารถช่วยให้ความแข็งของดินลดลงและทำให้สภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยเพิ่มขึ้น (Clark and Humphreys, 1996; Moffat and Boswell, 1996; Bateman and Chanasyk, 2001)

Hassan *et al.* (2007) ทำการศึกษาผลของการอัดแน่นในดินล่างต่อผลผลิตข้าวสาลีในเขตกึ่งชื้น ประเทศปากีสถาน โดยในการทดลองนี้ทำให้ดินเกิดการอัดแน่นด้วยรถที่ติดตั้งลูกกลิ้งทรงกระบอกผิวหน้าเรียบ ซึ่งมีน้ำหนัก 7 ตัน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าจำนวนครั้งในการบดอัดที่เพิ่มขึ้นทำให้ดินล่างมีความหนาแน่นรวมของดินเพิ่มขึ้น ทำให้ความพรุนรวมและผลผลิตเมล็ดลดลง ผลเสียที่เกิดจากการอัดแน่นของดินขึ้นอยู่กับระดับของการอัดแน่น ดังนั้นควรจะควบคุมการวิ่งผ่านของเครื่องจักรกลทางการเกษตร ขนาดของผาลไถในการไถพรวนและควรจะดูถึงความลึกของระบบรากของพืชที่จะปลูก เพื่อป้องกันความเสียหายของการอัดแน่นในดินล่าง ซึ่งการศึกษาก่อนหน้านี้โดย Raper *et al.* (1998) ทำการศึกษา โดยการใช้รูปแบบการไถพรวนที่แตกต่างกัน ได้แก่ ไถพรวนดินบนร่วมกับการไถระเบิดชั้นดานแล้วปลูกพืช ไถพรวนดินบนเพียงอย่างเดียวแล้วปลูกพืช ไถระเบิดชั้นดานเพียงอย่างเดียวแล้วปลูกพืช จากนั้นนำรถเข้าไปบดอัดทับในพื้นที่เดิมอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งพบว่าค่าความอัดแน่นของดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าดินเหล่านั้นสามารถกลับมาอัดตัวแน่นเหมือนเดิม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัฒนะ และคณะ (2549) ได้รายงานว่ามันสำปะหลังที่ปลูกในประเทศไทยติดต่อกันเป็นเวลานานโดยทั่วไปใช้วิธีการเตรียมดินโดยการไถพรวนด้วยไถจานผาล 3 ตามด้วยการไถพรวนด้วยไถจานผาล 7 และยกร่องปลูก ดินจะร่วนซุยหลังจากที่มีการเตรียมดิน ไม่มีวัชพืช และง่ายต่อการปลูก อย่างไรก็ตามผลของการเตรียมดินด้วยการไถพรวนแบบนี้ทุกปีเป็นเวลานาน ทำให้เกิดดินอัดตัวแน่นหรือดินเกิดชั้นดานได้ (Hakanssan *et al.*, 1996) จากการทดลองด้วยวิธีการเตรียมดินแบบต่าง ๆ ที่มีต่อผลผลิตมันสำปะหลัง 4 พันธุ์ ทำการทดลอง 2 แห่ง ตั้งแต่ปี พ.ศ.2543 ถึง 2546 ผลการทดลอง 3 ปี ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนามันสำปะหลังของมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย พบว่าวิธีการเตรียมดินและพันธุ์มันสำปะหลังให้ผลผลิตแตกต่างทางสถิติ วิธีการเตรียมดินด้วยการไถระเบิดดินล่างตามด้วยการไถสิ่วให้ผลผลิตหัวสดสูงสุด 3.45 ตันต่อไร่ รองลงมาเป็นวิธีการไม่เตรียมดิน ให้ผลผลิตหัวสด 3.26 ตัน/ไร่ ส่วนที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พบว่า วิธีการเตรียมดินแบบต่าง ๆ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างทางสถิติ การเตรียมดินโดยการไถด้วยไถจานผาล 3 หนึ่งครั้ง ตามด้วยไถจานผาล 7 หนึ่งครั้ง และยกร่องขวางความลาดเทของพื้นที่ ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุด 5.15 ตันต่อไร่ เทียบกับวิธีการไม่เตรียมดิน ให้ผลผลิตหัวสด 4.22 ตันต่อไร่ อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างกันระหว่างมันสำปะหลังทั้ง 4 พันธุ์ สำหรับต้นทุนที่ศูนย์วิจัยและพัฒนามันสำปะหลังพบว่า การไม่เตรียมดินลงทุน 1,624 บาทต่อไร่ ให้กำไรสุทธิ 1,040 บาทต่อไร่ สำหรับที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน วิธีการไถระเบิดดินล่างตามด้วยไถจานผาล 3 ร่วมกับไถจานผาล 7 ลงทุน 2,685 บาทต่อไร่ ให้กำไรสุทธิ 2,112 บาท/ไร่

Jongruaysup *et al.* (2002) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบผลของการไถพรวนในแปลงมันสำปะหลัง พบว่า การเตรียมดินด้วยไถจานผาล 3 ตามด้วยไถจานผาล 7 ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุดเท่ากับ 5.9 ตันต่อไร่ แต่การเตรียมดินโดยไม่มีการไถพรวน (no-tillage) กลับให้ผลผลิตต่ำ ถึงแม้ว่าจะทำให้สมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองคือ ทำให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลง ความพรุนรวมของดินสูงขึ้น และสภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่มีการไถพรวนดินปลูกมันสำปะหลัง ซึ่งคล้ายคลึงกับการศึกษาของนัทธมน (2552) ที่เปรียบเทียบอิทธิพลของรูปแบบการไถพรวนต่อการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังและการเปลี่ยนแปลงสมบัติดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2 การใส่วัสดุปรับปรุงดิน

วัสดุปรับปรุงดินที่ใช้เพื่อการแก้ไขปัญหาชั้นดานไถพรวน ควรใช้วัสดุที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ เนื่องจากแคลเซียมเป็นแคตไอออนที่มีอำนาจในการแทนที่สูง ส่งผลให้อนุภาคเกิดการรวมตัวกัน ส่งเสริมโครงสร้างดินดีขึ้น ความหนาแน่นรวมลดลง ความพรุนรวมและ ความคงทนของเม็ดดินเพิ่มขึ้น ดินจะมีการซาบซึมดีขึ้นทำให้น้ำสามารถเคลื่อนที่ลงไปยังดินล่างได้ง่ายขึ้น และจากการที่ช่องว่างมีความเสถียรน้ำขึ้น ส่งผลให้รากพืชแทงลงไปในดินได้ลึกมากขึ้น (Brady and Weil, 2008)

Viator *et al.* (2002) ศึกษาผลของการใส่ยิปซัมอัตราต่าง ๆ และวิธีการใส่ปุ๋ยหมักต่อการเจริญเติบโตของรากอ้อย และผลผลิตที่ปลูกในดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง พบว่า การใส่ยิปซัมอัตราต่าง ๆ โดยการผสมลงไปในแถวที่ทำการปลูกอ้อยไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของราก และการใส่ยิปซัมในอัตราสูงมีแนวโน้มให้ความยาวของรากสั้นลงใกล้เคียงกับการไม่ใส่ยิปซัม สำหรับการใส่ปุ๋ยหมักส่งผลให้พื้นที่ผิวของรากลดลง ทั้งการใส่แบบใส่ในชั้นดินล่างและในแถวที่ปลูก แต่การใส่ปุ๋ยหมักไม่มีผลต่อความยาวและความกว้างของราก โดยการใส่แบบใส่ในชั้นดินล่างจะส่งผลให้รากอ้อยมีความยาวมากที่สุด แต่จากการศึกษาผลของยิปซัม ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยเคมีที่มีต่อผลผลิตหัวสด และปริมาณแป้งในหัวสดของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 และพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝนในดินร่วนปนทราย ที่ชั้นดินล่างมีความแน่นทึบที่ระดับความลึก 46 เซนติเมตร พบว่า การใส่ยิปซัม ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยเคมีอัตราต่าง ๆ นั้นมีผลทำให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นประมาณร้อยละ 13 ถึง 45 ตามลำดับ โดยการใส่ยิปซัมอัตรา 250 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 7.2 ตันต่อไร่ (ประภาส และคณะ, 2550)

4.3 การใช้พืช

การใช้วิธีทางชีวภาพในการแก้ไขชั้นดานไถพรวนถือว่าเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่นำมาใช้ประโยชน์ได้ซึ่งมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเชิงกล (Miransari *et al.*, 2007) กรมพัฒนาที่ดิน (2548) ได้ทำการศึกษาในแปลงเกษตรกร ที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทราย ซึ่งลักษณะดินเป็นทรายแป้ง ดินเหนียว และแร่ธาตุต่าง ๆ รวมตัวกันเป็นแผ่นแข็งคล้ายหินเป็นดานแข็ง ยากที่พืชจะเจริญเติบโตได้ เมื่อทำการปลูกหญ้าแฝกพบว่า หญ้าแฝกสามารถหยั่งลึกลงไปในเนื้อดินดาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทำให้ดินแตกร่วนขึ้น หน้าดินมีความชื้นมากขึ้น และแฝกยังช่วยดักตะกอนที่ไหลลงมาเป็นการสร้างชั้นดินให้หนาขึ้น ซึ่งดินตะกอนเหล่านี้ จะมีอินทรียวัตถุสูง หลังจากปลูกไปได้ 2 ปี สามารถปลูกไม้ผลชนิดต่าง ๆ ระหว่างแถวแฝกได้ดี เช่น กล้วย มะม่วง ลำไย ฝรั่ง ชมพู่ เป็นต้น

Kon and Lim (1991) ได้ทำการศึกษาการสูญเสียดินและการไหลบ่าของน้ำผิวดินได้ทำแปลงทดลองในประเทศมาเลเซียโดยเปรียบเทียบระหว่างแปลงที่ไม่มีวัสดุคลุมและแปลงที่ปลูกหญ้าแฝก 3 แถว ใช้เวลาในการทดลอง 6 เดือน ซึ่งมีปริมาณน้ำฝน 581 มิลลิเมตร ปรากฏว่าหญ้าแฝกสามารถป้องกันการไหลบ่าของน้ำได้ร้อยละ 75 และป้องกันการสูญเสียดินได้ร้อยละ 95 การทดลองนี้จะสอดคล้องกับ Greenfield (1992) ได้กล่าวว่าหญ้าแฝกเป็นพืชที่สามารถในการอนุรักษ์ดินได้ดีกว่าพืชชนิดอื่น

5. สภาพทั่วไปของจังหวัดนครราชสีมา

จังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งอยู่บนที่ราบสูงโคราช ระหว่างละติจูด 15 องศาเหนือ และลองจิจูด 102 องศาตะวันออก อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลางเฉลี่ย 187 เมตร ตัวจังหวัดอยู่ห่างจากกรุงเทพมหานคร โดยทางรถยนต์ 255 กิโลเมตร และโดยทางรถไฟ 264 กิโลเมตร มีพื้นที่ 20,493.964 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 12,808,728 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 12.12 ของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (สภาอุตสาหกรรมจังหวัด, 2552) มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียง ดังนี้

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.1 ลักษณะภูมิประเทศ

สภาพภูมิประเทศของจังหวัดมีทั้งที่เป็นภูเขาสูง ที่ราบลุ่ม พื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดและพื้นที่ลูกคลื่นลอนชัน ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 บริเวณ คือ

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

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

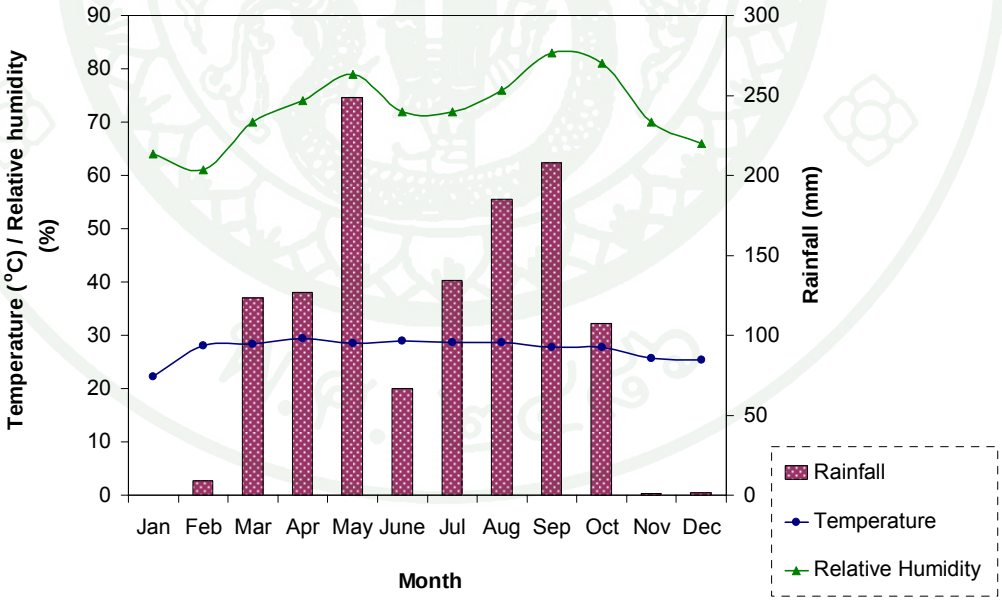
3) พื้นที่ลูกคลื่นทางตอนเหนือของจังหวัดมีความสูงจากระดับทะเลปานกลางประมาณ 200 เมตร อยู่ในเขตอำเภอขามสะแกแสง ตอนบนของอำเภอโนนไทย คง ทางทิศตะวันตกของอำเภอบัวใหญ่ บ้านเหลื่อม ห้วยแถลง ชุมพวง และอำเภอลำทะเมนชัย มีลักษณะเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดที่สูงสลับที่นา บางตอนเป็นพื้นที่ราบลุ่มบริเวณริมฝั่งแม่น้ำลำเชียงไกร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

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2 ลักษณะภูมิอากาศ

ลักษณะอากาศทั่วไปของจังหวัดนครราชสีมาอยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุม 2 ชนิด คือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เริ่มตั้งแต่ประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์) มรสุมนี้มีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกเหนือแถบประเทศมองโกเลียและจีน ซึ่งพัดพาเอามวลอากาศเย็นและแห้งจากแหล่งกำเนิดเข้ามาปกคลุมประเทศไทย ทำให้บริเวณจังหวัดนครราชสีมาประสบกับภาวะอากาศหนาวเย็นและแห้งแล้งโดยทั่วไป ส่วนมรสุมอีกชนิดหนึ่งคือ มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม) มรสุมนี้มีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกใต้ บริเวณมหาสมุทรอินเดีย ซึ่งพัดออกจากศูนย์กลางเป็นลมตะวันออกเฉียงใต้และเปลี่ยนเป็นลมตะวันตกเฉียงใต้ เมื่อพัดข้ามเส้นศูนย์สูตร พัดพาเอามวลอากาศชื้นจากมหาสมุทรอินเดียมาสู่ประเทศไทย ทำให้บริเวณจังหวัดนครราชสีมา มีเมฆมากและฝนตกชุกโดยที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1212.5 มิลลิเมตรต่อปี (ฝนตกมากที่สุดในเดือนพฤษภาคม) อุณหภูมิเฉลี่ย 27.5 องศาเซลเซียสต่อปี ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละต่อปี เท่ากับ 72.3 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2552) (ภาพที่ 1 และตารางผนวกที่ 21)



ภาพที่ 1 การแจกกระจายของปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัดนครราชสีมา

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2552)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องจักรกลทางการเกษตรที่ติดตั้งไถระเบิดดาน (ripper) ไถจานผาล 3 และไถจานผาล 7

2. พืชที่ใช้ในการทดลอง

มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์ระยอง 5 กับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 เป็นพันธุ์ที่มีแป้งเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 27.3 ซึ่งสูงกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และพันธุ์ห้วยบง 60 ส่วนผลผลิตหัวสดใกล้เคียงกับพันธุ์ห้วยบง 60 แต่สูงกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ลักษณะประจำพันธุ์จะมีทรงต้นสูงและแตกกิ่งน้อย สะดวกต่อการเก็บเกี่ยวและขนส่งท่อนพันธุ์ สามารถนำไปปลูกโดยใช้ระยะปลูกถี่ได้ ยอดมีสีเขียวอ่อน เปลือกนอกของหัวมีสีน้ำตาลอ่อน ผลผลิตตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมได้สูง (มูลนิธิพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2551ข)

3. วัสดุปรับปรุงดินที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ยิปซัม หินฝุ่น และ มูลไก่

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบ พบว่า ยิปซัมประกอบด้วยแคลเซียม และกำมะถันเท่ากับร้อยละ 25.3 และ 18.0 หินฝุ่นมีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียม เท่ากับร้อยละ 35.9 และ 2.64 ตามลำดับ และมูลไก่มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมด เท่ากับร้อยละ 4.69, 0.76 และ2.62 ตามลำดับ และมีปริมาณจุลธาตุอาหารอื่น ๆ เล็กน้อย (ตารางผนวกที่ 1)

4. ปุ๋ยและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 สารเคมีกำจัดวัชพืช และสารเคมีชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อป้องกันเพลี้ยแป้งและสำหรับฉีดกำจัดเพื่อป้องกันการระบาด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างดิน และเครื่องมือการสำรวจดินภาคสนามมาตรฐาน (เอิบ, 2542; Soil Survey Division Staff, 1993)

6. อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ

7. เคมีภัณฑ์สำหรับการวิเคราะห์ดินและพืช

8. อุปกรณ์ เครื่องแก้วและสารเคมีสำหรับการทดลอง

วิธีการ

1. การคัดเลือกพื้นที่

การคัดเลือกพื้นที่เพื่อทำแปลงทดลองได้ใช้ข้อมูลจากการศึกษาของเอกราช (2552) ที่ทำการสำรวจชั้นดานไถพรวนโดยใช้เครื่องวัดความต้านทานการแทงทะลุของดิน (penetrometer) และพบว่า พื้นที่บริเวณบ้านกุดม่วง ตำบลตะเคียน อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา มีชั้นดานไถพรวนอยู่ข้างใต้ชั้นดินบนในทุกบริเวณตามลำดับภูมิประเทศ ที่มีระดับความสูงจากระดับทะเลปานกลางเฉลี่ยระหว่าง 313-345 เมตร ดังนั้น จึงคัดเลือกพื้นที่ดังกล่าวเพื่อดำเนินการทดลอง โดยพื้นที่เป็นแบบที่ราบที่ถูกกร่อน มีลักษณะผิวหน้าแบบลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชันร้อยละ 3

2. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ split-plot in randomized complete block จำนวน 4 ซ้ำโดยแปลงหลัก (main plot) ประกอบด้วยการไถระเบิดดาน (ripper) ก่อนการเตรียมดินแบบปกติที่ใช้ในการปลูกมันสำปะหลัง (P1) และไม่มีการไถระเบิดดาน (P2) และในแต่ละแปลงหลัก ประกอบด้วยตำรับการทดลองจำนวน 4 ตำรับ ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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) การใส่มูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

แปลงทดลองย่อยมีขนาด 20×10 เมตร ระยะห่างระหว่างแปลงย่อย เท่ากับ 1 เมตร ดังแสดงในผังการทดลองด้านล่าง

	Ripper				No Ripper			
R4	T1	T2	T3	T4	T2	T1	T4	T3
R3	T1	T3	T2	T4	T1	T2	T3	T4
R2	T4	T3	T2	T1	T2	T4	T1	T3
R1	T3	T2	T1	T4	T2	T4	T1	T4

3. การเตรียมแปลงทดลอง

การทดลองเริ่มในเดือนมีนาคม และทำการปลูกมันสำปะหลังต้นเดือนพฤษภาคม ปี 2552 การเตรียมแปลงทดลอง ทำการแบ่งพื้นที่เป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน เพื่อเป็นแปลงทดลองหลัก โดยส่วนที่หนึ่งทำการไถพรวนดินด้วยไถระเบิดดาน ลึกประมาณ 50 เซนติเมตร ในขณะที่ดินแห้ง และไม่มีการจัดการใด ๆ กับส่วนที่สอง หลังจากนั้นในแปลงทดลองหลักทั้งสองแปลงจะทำการไถพลิกดินด้วยรถไถที่ติดตั้งจานไถผาล 3 จากนั้นตากดินประมาณ 2 สัปดาห์ แล้วทำการใส่วัสดุปรับปรุงดินตามตำรับการทดลองในแต่ละแปลงทดลองย่อย จากนั้นไถพรวนดินด้วยรถไถที่ติดตั้งจานไถผาล 7 ปล่อยทิ้งไว้อีกประมาณ 7 วัน ทำการยกร่องขวางความลาดเทที่มีระยะห่างระหว่างร่องเท่ากับ 120 เซนติเมตร ทำการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 บนสันร่อง มีใช้ระยะปลูกระหว่างต้นเท่ากับ 80 เซนติเมตร

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 (Site characterization)

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 18-20 เซนติเมตร และดินล่างตั้งแต่ตอนล่างของชั้นไถพรวนจนถึงระดับความลึก 60 เซนติเมตร โดยใช้สว่านเก็บตัวอย่างดิน จากนั้นนำตัวอย่างในแต่ละชั้นความลึกมาผสมคลุกเคล้าแล้วสุ่มเก็บตัวอย่างออกไปประมาณ 1 กิโลกรัม เพื่อใช้ในการวิเคราะห์

5.2 การเก็บตัวอย่างดินก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลังประมาณ 1 เดือน โดยทำการเก็บในทุกแปลงย่อย ประกอบด้วย

5.2.1 ตัวอย่างดินที่ถูกรบกวน (disturbed soil sample) เก็บที่ 5 ระดับความลึก ได้แก่ 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 และ 40-50 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

6. การเก็บตัวอย่างพืช

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างใบมันสำปะหลังในแต่ละแปลงย่อย โดยทำการเก็บใบที่ 5 นับจากใบที่คลี่เต็มที่แล้วจากส่วนยอด (young mature leave; YML) เมื่อมันสำปะหลังอายุ 6 เดือน

7. การเก็บข้อมูลผลผลิตพืช

ทำการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเมื่ออายุครบ 10 เดือน โดยพื้นที่ในการเก็บเกี่ยวมีขนาด 95 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 แล้วนำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หัวมันสำปะหลังส่วนนี้มาชั่งในน้ำ อ่านค่าปริมาณแป้งในหัวมันสดจาก scale เลขที่อ่านได้เป็นร้อยละของแป้งในหัวมันสด

7.6 การศึกษาเชิงคุณภาพ (qualitative study) ของลักษณะการแทงหัวของมันสำปะหลัง (root profile) เปรียบเทียบระหว่างแปลงที่มีการระเบิดดินดานและแปลงที่ไม่มีการระเบิดดินดานก่อนปลูกมันสำปะหลัง ดำเนินการโดยทำการขุดดินบริเวณโคนต้นเพียงด้านเดียว (เริ่มจากท้องร่อง) แล้วใช้น้ำฉีดล้างให้เหลือแต่หัวมันสำปะหลัง วัดความลึกและทิศทางหรือมุมของการแทงหัว และทำการถ่ายรูปเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ

7.7 อัตราการรอดตายของมันสำปะหลัง โดยใช้สูตร

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

เมื่อ a = จำนวนต้นที่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ในพื้นที่เก็บเกี่ยว

b = จำนวนต้นทั้งหมดในพื้นที่เก็บเกี่ยว ที่มีระยะปลูกเท่ากับ 1.20 × 0.80 เมตร (99 ต้น)

8. การวิเคราะห์ดิน

8.1 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

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)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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.,* 1996)

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

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; Walkley, 1935; Nelson and Sommers, 1996) จากนั้นนำไปคำนวณหาปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (organic matter) โดยใช้สูตรดังนี้

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

3) ปริมาณไนโตรเจนรวม (Total nitrogen) โดยวิธี Kjeldahl method (Jackson, 1965)

4) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorus) โดยวิธี Bray II (Bray and Kurzt, 1945) แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง spectrophotometer

5) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available potassium) โดยวิธีการสกัดด้วยสารละลาย 1M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7) (Pratt, 1987) แล้ววัดปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

7) ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (Extractable bases) ประกอบด้วย แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม โดยวิธีการสกัดด้วยสารละลาย 1M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7) (Thomas, 1982) แล้ววัดปริมาณเบสด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

8) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation exchange capacity: CEC) โดยการชะละลายแคตไอออนด้วยสารละลาย 1M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7) และแทนที่แอมโมเนียมไอออนด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 10% ในสภาพที่เป็นกรด กลั่นหาแอมโมเนียมไอออน แล้วคำนวณหาค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (Chapman, 1965; Summer and Miller, 1996)

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

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

9. การวิเคราะห์พืช

นำใบพืชมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 3 วัน จนตัวอย่างแห้งสนิท บดใบพืชที่ได้ให้ละเอียด จากนั้นนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วย

1) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยการย่อยตัวอย่างพืชด้วย H_2SO_4-Na_2SO_4-Se (digestion mixture) แล้ววัดปริมาณของไนโตรเจนด้วยเครื่อง Nitrogen distillate

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3) ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด โดยการย่อยตัวอย่างด้วย H_2SO_4-Na_2SO_4-Se (digestion mixture) แล้ววัดปริมาณของธาตุโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

4) ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี แมงกานีส และ ทองแดง โดยการย่อยตัวอย่างพืชด้วย HNO_3-$HClO_4$ (acid mixture) แล้ววัดปริมาณด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

10. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

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

11. สถานที่และระยะเวลาที่ทำการทดลอง

11.1 สถานที่ทำการทดลอง

แปลงเกษตรกรบ้านกุดม่วง ตำบลตะเคียน อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา

การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ใช้ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืชของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ

11.2 ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

ตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2552 ถึงเดือน เมษายน พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. ลักษณะและสมบัติดินตัวแทนที่ใช้ในการทดลอง

1.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาสนามของดิน

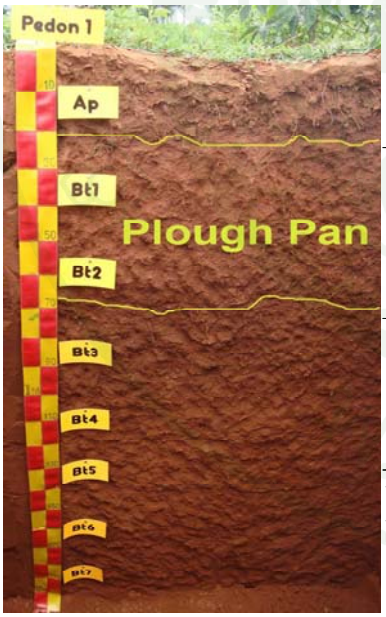
ดินที่ทำการศึกษาอยู่บนสภาพพื้นที่ที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชันร้อยละ 3 มีวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นวัสดุตกค้างของหินทรายสีแดง เป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี และมีการสะสมดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก มีพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น Ap-Bt พบระดับน้ำใต้ดินลึกกว่า 2 เมตรในช่วงฤดูแล้ง (ภาพที่ 2)

ดินบนหนา 20 เซนติเมตร มีสีแดงปนเหลืองจนถึงสีแดง เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย และดินเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5) โครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับอ่อนปานกลาง

สำหรับดินล่างลึกตั้งแต่ 20-200 เซนติเมตร ดินมีสีแดง เนื้อดินอยู่ในพิสัยดินร่วนปนทราย ถึงดินร่วนเหนียวปนทราย แสดงให้เห็นว่ามีการเคลื่อนที่ของอนุภาคขนาดละเอียดตามความลึก สำหรับโครงสร้างของดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดถึงปานกลางและมีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับปานกลาง ดินเป็นกรดจัดถึงมาก (pH 4.2-4.0) พบการเคลือบของดินเหนียวบริเวณผิวหน้าของเม็ดดินและผนังช่องว่างอย่างชัดเจนและมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามความลึก

นอกจากนี้พบชั้นดานไถพรวนที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตร และชั้นนี้มีความหนาประมาณ 50 เซนติเมตร โดยในชั้นนี้มีสีแดง เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย โครงสร้างดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดปานกลางถึงใหญ่ และมีความคงทนของโครงสร้างปานกลาง การยึดตัวเมื่อแห้งจะแข็งมากกว่าชั้นดินบนและชั้นดินที่อยู่ด้านล่าง และการแจกกระจายของรากพืชในชั้นนี้มีปริมาณลดลงจากดินชั้นบนอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าชั้นดังกล่าวสามารถจำกัดการชอนไชของรากพืชได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



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

Soil structure: 1 = weak, 2 = moderate; f = fine, m = medium, c = coarse, SAB = sub angular structure

Soil consistency: Dry: SH = slightly hard, H = hard; Moist: SF = Slightly friable, Fri = friable; Wet: NS = non sticky, SS = slightly sticky, NP = non plastic, SP = slightly plastic, MP = moderately plastic

Root: 1 = few, 2 = common, 3 = many; vf = very fine, f = fine

ภาพที่ 2 ลักษณะของแปลงทดลองและหน้าตัดดินของดินตัวแทนที่ใช้ในการศึกษา

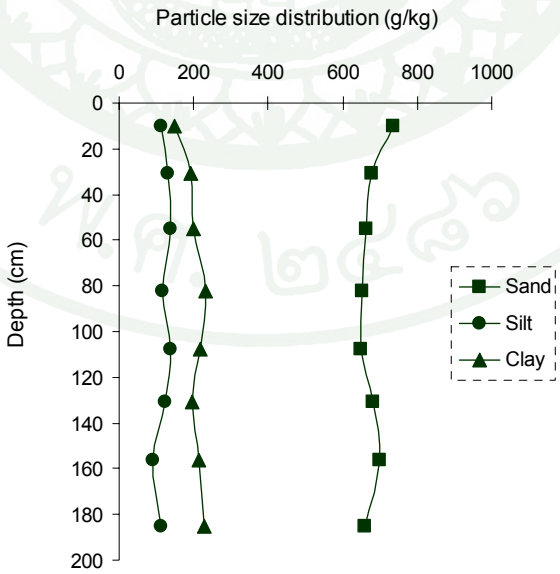
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 สมบัติทางกายภาพ

ดินมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายจนถึงดินร่วนเหนียวปนทราย โดยมีปริมาณอนุภาคทรายอยู่ในพิสัย 647-736 กรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณทรายแป้งอยู่ในพิสัย 89-137 กรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณดินเหนียวอยู่ในพิสัย 150-233 กรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 3)

โดยภาพรวมพบว่า มีการกระจายอนุภาคขนาดทรายในชั้นดินบนมากกว่าในชั้นดินล่าง และมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยตามความลึก ซึ่งมีลักษณะตรงกันข้ามกับการกระจายของอนุภาคดินเหนียวที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก สำหรับอนุภาคขนาดทรายแป้ง พบว่า มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นบริเวณใต้ชั้นไถพรวนได้แก่ ในชั้น Bt1 และ Bt2 อย่างชัดเจน จากนั้นมีแนวโน้มลดลง แสดงให้เห็นว่าชั้นดินดังกล่าวจะง่ายต่อการอัดตัวเนื่องจากแรงกดทับ (Munkholm *et al.*, 2005) จึงทำให้เกิดชั้นดานไถพรวนขึ้นที่ระดับความลึกประมาณ 20-60 เซนติเมตร

ดินมีความหนาแน่นรวมอยู่ในพิสัย 1.80-1.57 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและมีแนวโน้มลดลงตามความลึก อย่างไรก็ตามพบว่าในชั้นดานไถพรวนที่ระดับความลึกประมาณ 20-60 เซนติเมตร จะมีความหนาแน่นรวมสูงประมาณ 1.8 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งสูงกว่าชั้นดินตอนบนและชั้นดินที่อยู่ตอนล่างอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับค่าสภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ



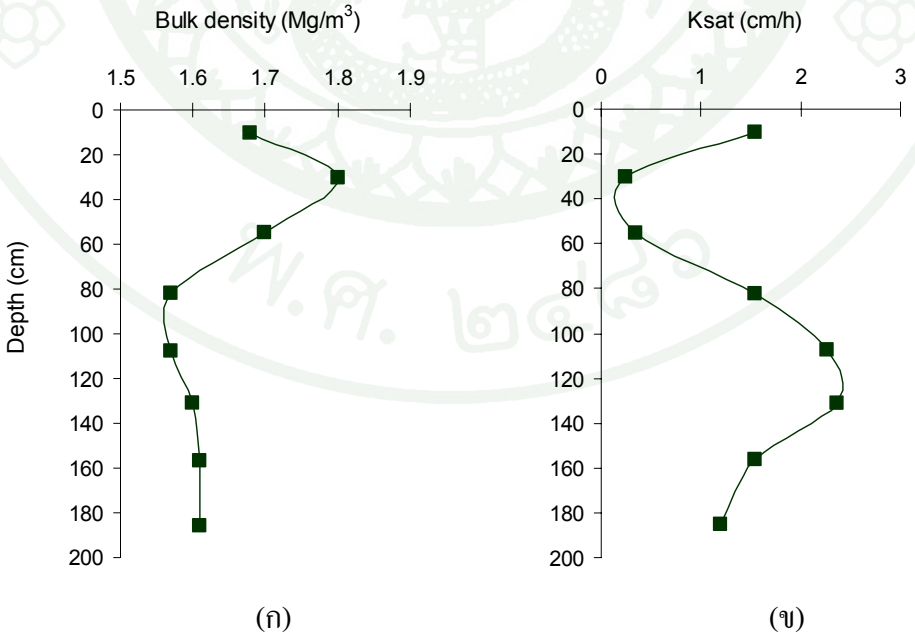
ภาพที่ 3 การกระจายขนาดอนุภาคดินตามความลึก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่อยู่ในระดับที่ช้ามาก โดยมีค่าน้อยกว่า 1 เซนติเมตรต่อชั่วโมง (ภาพที่ 4) แสดงให้เห็นว่าชั้นดังกล่าวนี้ อาจจะจำกัดการเคลื่อนที่ขึ้นของน้ำใต้ดิน โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งส่งผลให้พืชขาดน้ำได้ง่าย และยังจำกัดการเคลื่อนที่น้ำในหน้าตัดดินอาจส่งผลให้เกิดน้ำใต้ดินชั่วคราวโดยเฉพาะในช่วงที่มีฝนตกหนัก (Charles and Paul, 2003) รวมทั้งจะจำกัดการชอนไชและการเจริญเติบโตของรากพืช (Tongglum *et al.*, 2000; Charles and Paul, 2003) ซึ่งจะส่งผลต่อการแทงหัวของมันสำปะหลังได้

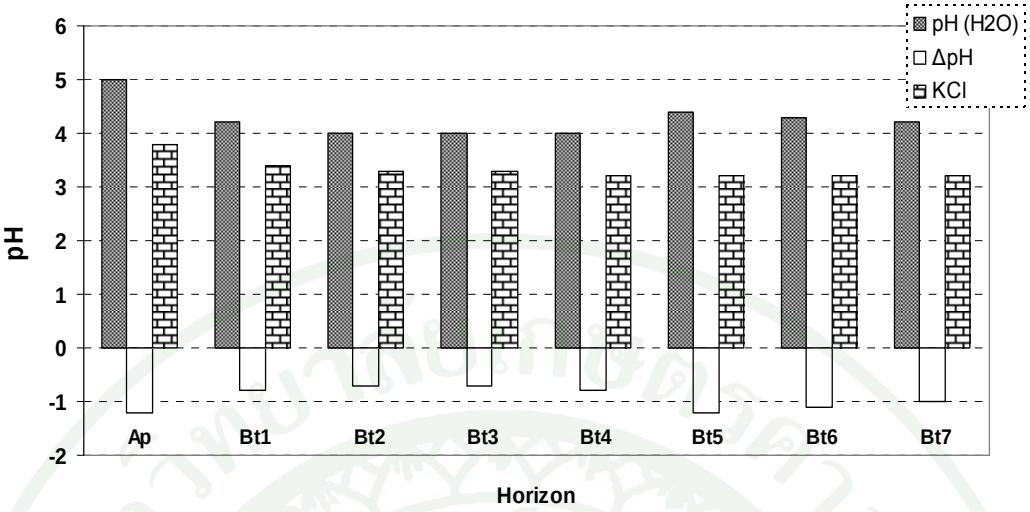
1.3 สมบัติทางเคมี

ดินเป็นกรดจัดถึงกรดรุนแรงมากโดยมีพีเอชอยู่ในพิสัย 4.0-5.0 ซึ่งมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดหน้าตัดดิน (ภาพที่ 5) แสดงให้เห็นว่าดินมีพัฒนาการสูง เกิดกระบวนการชะละลายรุนแรง เบสต่าง ๆ จึงเคลื่อนย้ายออกไปจากหน้าตัดดิน (Zhang *et al.*, 2006) ค่าพีเอชดินที่วัดในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ มีค่าอยู่ในพิสัย 3.2-3.8 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าพีเอชที่วัดด้วยน้ำประมาณ 1 หน่วย แสดงให้เห็นว่า ดินมีประจุสุทธิเป็นลบ ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับแคตไอออนได้ดีกว่าแอนไอออน เป็นลักษณะของดินเขตร้อนส่วนใหญ่ที่มีพัฒนาการสูง มีออกไซด์ของเหล็กและอะลูมินัมและแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ (วิโรจ, 2531: Cindy *et al.*, 2008)



ภาพที่ 4 ความแน่นรวม (ก) และสภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (ข)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

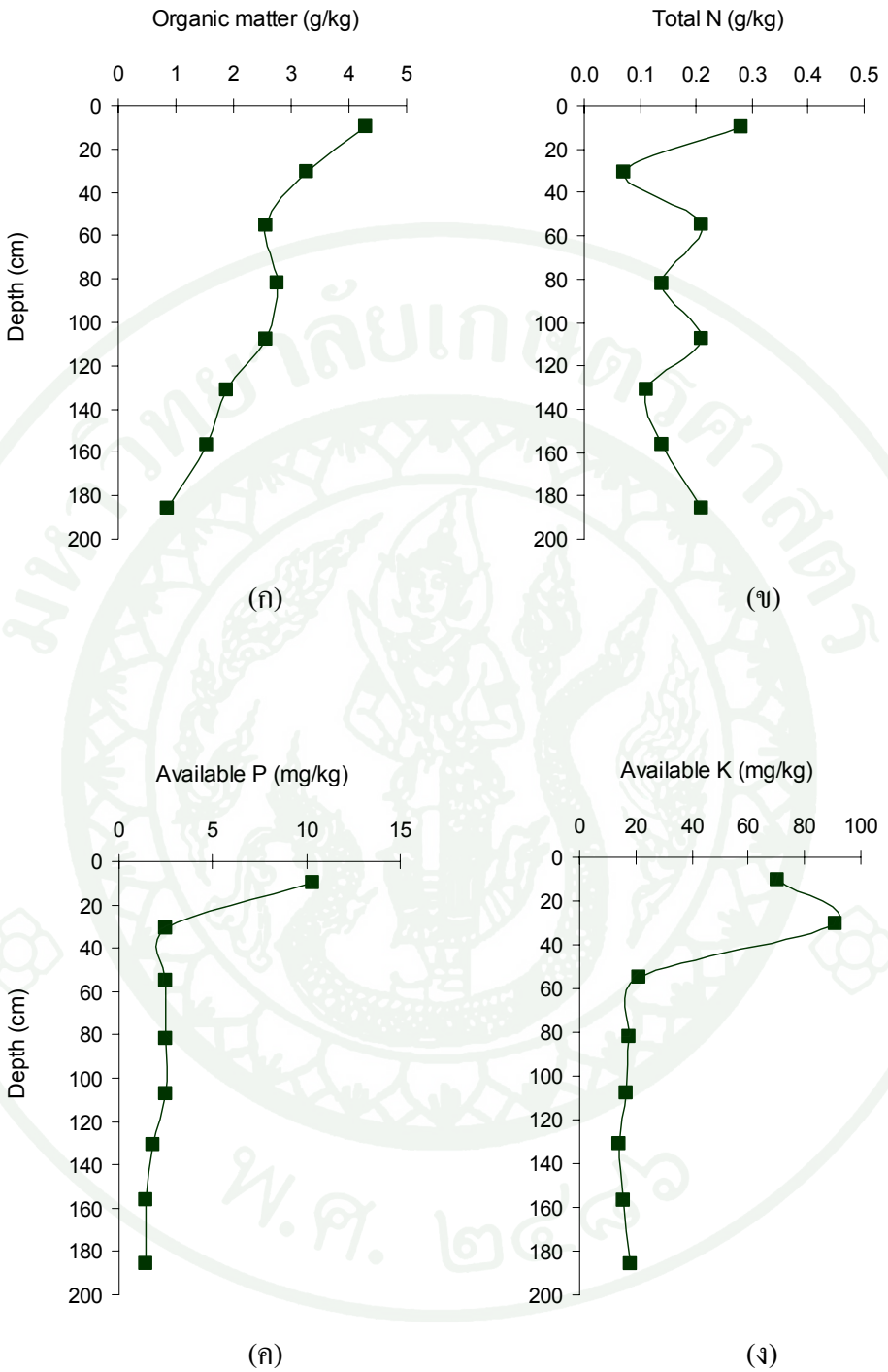


ภาพที่ 5 ค่าพีเอชของดินที่วัดในน้ำและในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1 โมลาร์

ปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่ทำการศึกษาแสดงไว้ในภาพที่ 6 พบว่า ทั้งชั้นดินบนและดินล่างมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 0.86-4.29 กรัมต่อกิโลกรัมและมีแนวโน้มลดลงตามความลึก เนื่องจากชั้นดินบนเป็นชั้นที่มีการทับถมหรือสะสมของเศษพืช (Thompson and Troeh, 1978) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจนรวม ที่มีปริมาณอยู่ในระดับต่ำมากเช่นเดียวกัน โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.07-0.28 กรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 6) ทั้งนี้เนื่องจากไนโตรเจนในดินส่วนใหญ่จะได้มาจากการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน (ไพบูลย์, 2528; Brady and Weil, 2008)

ปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำมาก และสูงถึงต่ำมาก ตามลำดับ (10.36-1.43 และ 90.76-14.30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ) และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก (ภาพที่ 6) อาจเป็นผลมาจากย่อยสลายของอินทรียวัตถุในดิน จึงปลดปล่อยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมบางส่วนให้แก่ดิน (Brady and Weil, 2008) หรืออาจเป็นผลตกค้างมาจากการจัดการในพื้นที่ โดยเฉพาะฟอสฟอรัส เพราะเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้น้อยในดิน จึงมักจะสะสมอยู่ในดินโดยเฉพาะในดินชั้นบน (Tisdale *et al.,* 1993) และจากการที่ดินเป็นกรดรุนแรง โดยเฉพาะในดินล่าง ฟอสฟอรัสในดินส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปสารเชิงซ้อนของเหล็กและอะลูมินัมที่ละลายน้ำยาก ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จึงต่ำ (Von Uexkull, 1986) นอกจากนี้ ดินมีการชะละลายรุนแรง แร่ดินเหนียวส่วนใหญ่มีกิจกรรมต่ำ จึงทำให้โพแทสเซียมถูกชะละลายออกไปจากหน้าตัดดินได้ง่าย โพแทสเซียมจึงมีปริมาณต่ำ (Buol *et al.,* 2003; Zhang *et al*., 2006; Akande *et al*., 2010)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

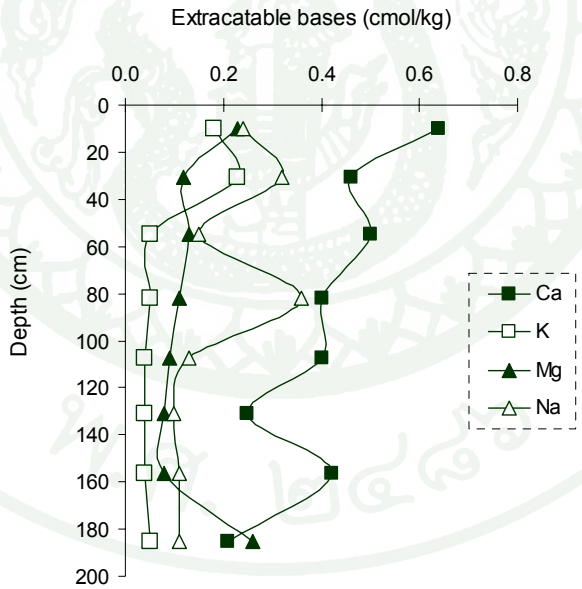


ภาพที่ 6 ปริมาณอินทรียวัตถุ (ก) ปริมาณไนโตรเจนรวม (ข) ปริมาณฟอสฟอรัส (ค) และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ง) ของดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

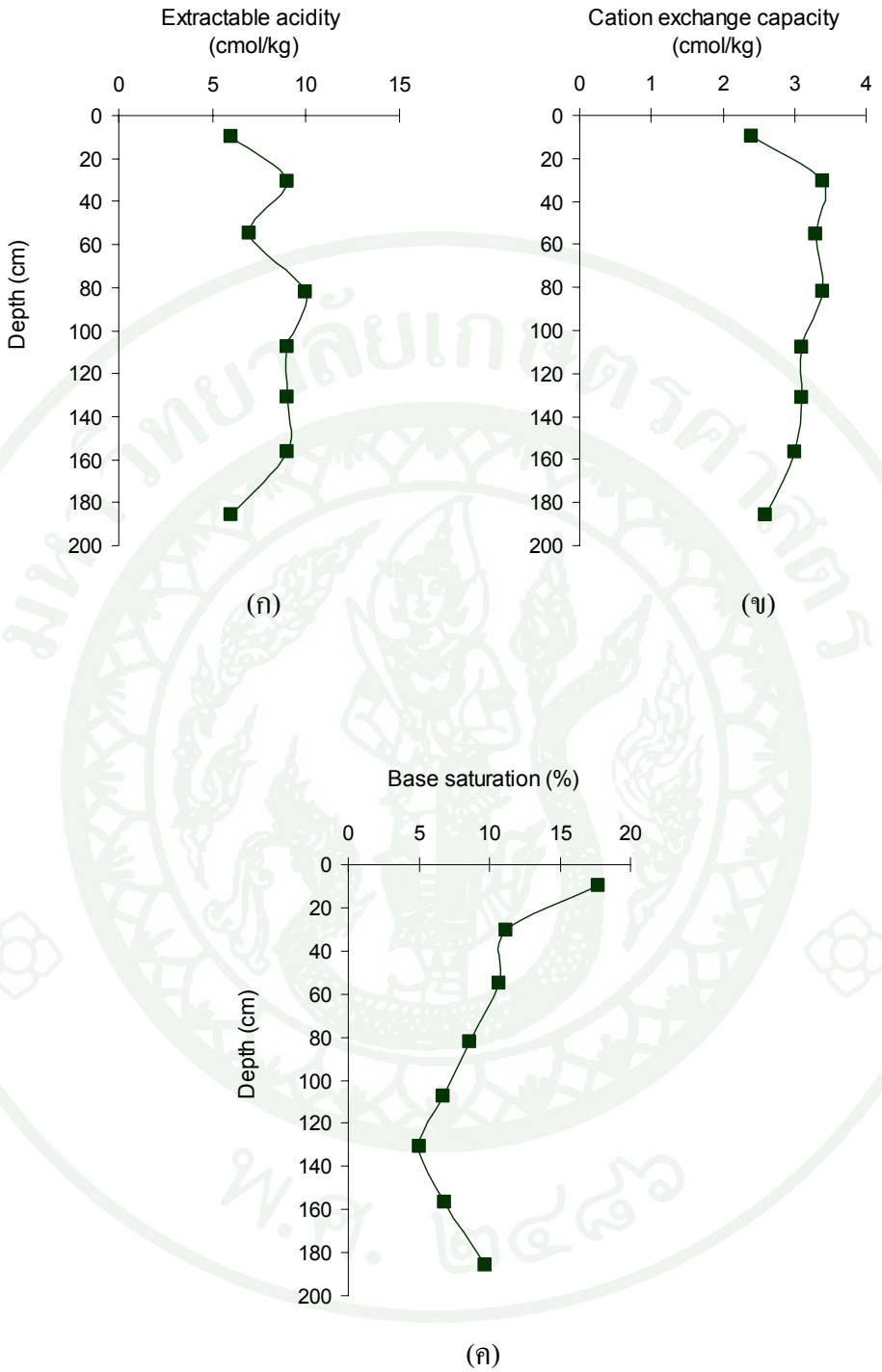
เมื่อพิจารณาถึงปริมาณเบสที่สกัดได้ พบว่า ดินมีปริมาณแคลเซียม โพแทสเซียม โซเดียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำมาก โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.21-0.64, 0.04-0.23, 0.10-0.36 และ 0.08-0.26 เซนติโมลต่อกิโลกรัมตามลำดับ และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก (ภาพที่ 7) ซึ่งสอดคล้องกับร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบสของดินที่อยู่ในระดับต่ำ โดยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 5.0-17.7 ตลอดหน้าตัดดิน (ภาพที่ 8) และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนที่อยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 6.6-10.9 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก (ภาพที่ 8) ในขณะที่สภาพกรดที่สกัดได้ของดินอยู่ในระดับค่อนข้างสูง โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 5.0-10.0 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 8)

จากผลการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น แสดงให้เห็นว่าดินที่ทำการศึกษานี้มีพัฒนาการสูง และมีการชะละลายที่รุนแรง (Singh, 1991) โดยไฮโดรเจนไอออนและอะลูมินัมไอออนได้เข้าไปแทนที่เบสที่ดูดซับอยู่บริเวณผิวของอนุภาคดินเหนียว ส่งผลให้เบสเหล่านี้ถูกเคลื่อนย้ายให้ไปอยู่ในสารละลายดิน ซึ่งจะถูกชะละลายออกไปจากหน้าตัดดินได้ง่าย (Akande *et al.*, 2010)



ภาพที่ 7 ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียมที่สกัดได้ของดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 สภาพกรดที่สกัดได้ (ก) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (ข) และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (ค) ของดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.5 หน่วยการจำแนกดิน

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

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

พื้นที่มีปริมาณฝนค่อนข้างต่ำ ทำให้ดินมีความชื้นจำกัด จึงจัดเข้าในระบอบความชื้นดินแบบอัสติก (ustic soil moisture regium) ทำให้ดินนี้อยู่ในอันดับดินย่อย Ustult และพบว่าปริมาณดินเหนียวไม่ลดลงมากกว่าร้อยละ 20 จากชั้นที่มีการสะสมมากที่สุด ภายในระดับความลึก 150 เซนติเมตรจากผิวดิน จึงสามารถจำแนกในระดับกลุ่มดินใหญ่ (great group) ได้เป็น Paleustult

นอกจากนี้ ดินไม่มีลักษณะและคุณสมบัติอื่นใดที่แตกต่างไปจากลักษณะเด่นของกลุ่มดินใหญ่ ดังนั้นดินตัวแทนที่ทำการศึกษาครั้งนี้จัดจำแนกในระดับกลุ่มดินย่อยได้เป็น Typic Paleustult

2. สมบัติดินก่อนการทดลอง

2.1 ดินบน

ดินบนที่ระดับความลึก 18-20 เซนติเมตร พบว่า ดินเป็นกรดจัด พีเอชเท่ากับ 5.1 มีปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนรวม โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ และปริมาณเบสรวมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำมาก โดยมีค่าเท่ากับ 4.15 กรัมต่อกิโลกรัม 0.28 กรัมต่อกิโลกรัม 25.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 2.32 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับต่ำ โดยมีค่าเท่ากับ 3.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 3.6 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ดินบน (0-18/20) และ ดินล่าง (18/20-60) ก่อนทำการทดลอง

Soil properties	Topsoils	Subsoils
pH	5.10	4.65
Organic matter (g kg^{-1})	4.2	3.3
Total N (g kg^{-1})	0.28	0.39
Available P (mg kg^{-1})	3.60	4.91
Available K (mg kg^{-1})	25.4	24.8
Extractable Ca (cmol kg^{-1})	1.38	1.62
Extractable Mg (cmol kg^{-1})	0.22	0.17
Extractable K (cmol kg^{-1})	0.26	0.25
Extractable Na (cmol kg^{-1})	0.46	0.38
Sum bases (cmol kg^{-1})	2.32	2.42
CEC ($cmol_c$ kg^{-1})	3.6	4.3

2.2 ดินล่าง

ดินล่างที่ระดับความลึกประมาณ 21-60 เซนติเมตร ดินเป็นกรดจัดมาก (pH = 4.6) มีปริมาณอินทรียวัตถุ (3.3 กรัมต่อกิโลกรัม) ไนโตรเจนรวม (0.39 กรัมต่อกิโลกรัม) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (24.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (2.42 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) มีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ (4.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับต่ำ (4.3 เซนติโมลต่อกิโลกรัม)

ดินล่างมีสมบัติดินคล้ายคลึงกับสมบัติของชั้นดินบน โดยมีปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุอาหารหลักน้อยกว่าดินชั้นบน แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลเนื่องจากการจัดการของเกษตรกรในพื้นที่ ที่ยังตกค้างอยู่ในดินชั้นบน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน

การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินตามหลักเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน (กองสำรวจดิน, 2523; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) โดยใช้ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส พบว่า ดินที่ทำการศึกษาทั้งดินบน (0-18/20 เซนติเมตร) และดินล่าง (18/20-60 เซนติเมตร) มีปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสอยู่ในระดับต่ำ (ตารางที่ 4) แสดงให้เห็นว่าดินที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

ตารางที่ 4 การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินบน (0-18/20 ซม.) และดินล่าง (18/20-60 ซม.) 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
0-18/20	4.2 (1)	3.6 (1)	25.4 (1)	3.6 (1)	13.2 (1)	5	low
18/20-60	3.3 (1)	4.9 (1)	24.8 (1)	4.3 (1)	24.3 (1)	5	low

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

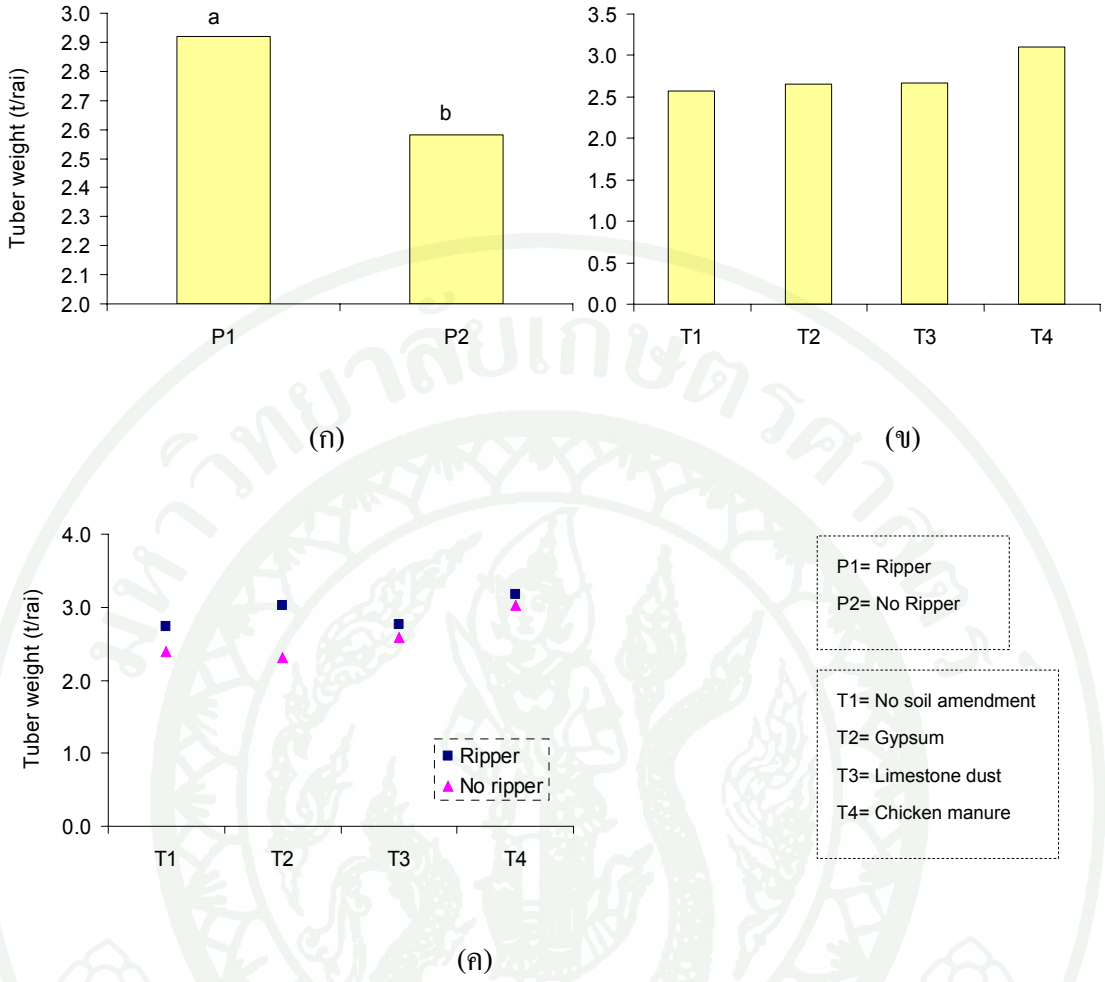
3.1 ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด

การไถระเบิดดานส่งผลให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงกว่าการไม่ไถระเบิดดานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 9) โดยให้ผลผลิตเท่ากับ 2.92 และ 2.58 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการไถระเบิดดานจะช่วยในการทำลายชั้นดาน ทำให้ดินโปร่งร่วนซุย น้ำใช้ประโยชน์ได้ในดินเพิ่มขึ้น รากพืชจึงสามารถชอนไชไปหาอาหารและน้ำได้ลึกขึ้น จึงช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตผลผลิตจึงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้การไหลซึมของน้ำและการถ่ายเทอากาศในดินดีขึ้น ส่งผลให้ช่องว่างในดินมีความต่อเนื่องมากขึ้น การเคลื่อนที่ของน้ำในแนวดิ่งของหน้าตัดดินเพิ่มมากขึ้นทั้งการเคลื่อนที่ขึ้นและการเคลื่อนที่ลง เช่นเดียวกับในกรณีที่มีฝนตกหนัก จะช่วยลดการสะสมของน้ำบริเวณชั้นดินบน และน้ำไหลบ่าหน้าผิวดิน (Charles and Paul, 2003)

ในขณะที่ชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด แต่อย่างไรก็ตาม การใส่มูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงที่สุดเท่ากับ 3.10 ตันต่อไร่ รองลงมาได้แก่ การใส่หินฝุ่นอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ยิปซัมอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเท่ากับ 2.67 และ 2.66 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนตำรับที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินมีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดต่ำสุดเท่ากับ 2.57 ตันต่อไร่ (ภาพที่ 9)

เมื่อพิจารณาถึงผลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานกับการใส่วัสดุปรับปรุงดิน พบว่า ไม่มีผลต่อผลผลิตหัวมันสด แต่อย่างไรก็ตาม การใส่มูลไก่ร่วมกับการไถระเบิดดาน มีแนวโน้มทำให้ผลผลิตหัวมันสดสูงที่สุดเท่ากับ 3.17 ตันต่อไร่ ขณะที่การใส่ยิปซัมร่วมกับการไม่ไถระเบิดดานมีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดต่ำสุดเท่ากับ 2.31 ตันต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มต่ำกว่าตำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินและไม่มีการไถระเบิดดาน (2.39 ตันต่อไร่) ตามลำดับ (ภาพที่ 9)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

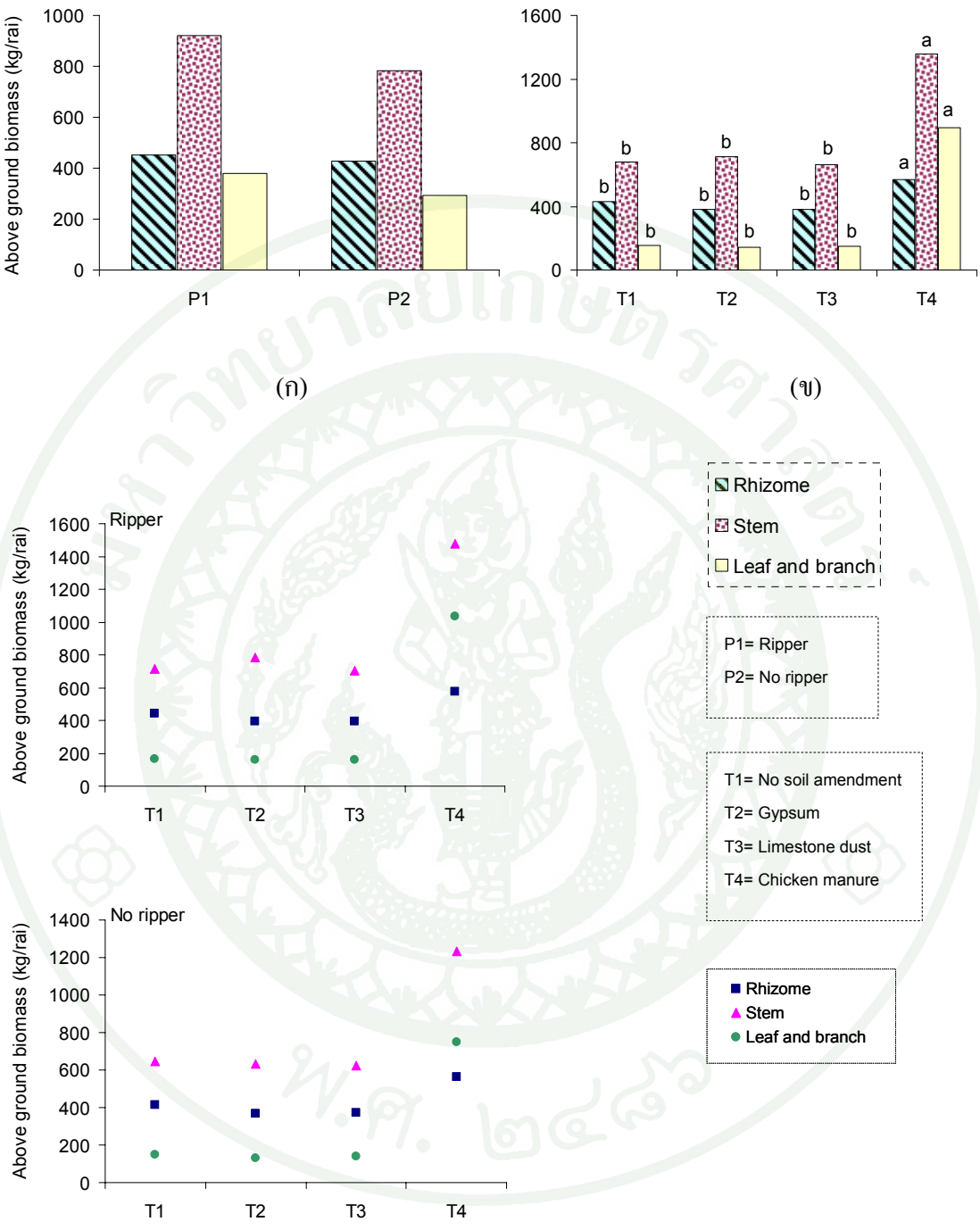


ภาพที่ 9 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อผลผลิตหัวมันสด

3.2 น้ำหนักส่วนเหนือดิน

น้ำหนักสดของส่วนเหนือดินทั้งหมดประกอบด้วย น้ำหนักเหง้าสด น้ำหนักลำต้นสด และน้ำหนักใบสดมันสำปะหลัง ผลการศึกษา พบว่า การไถระเบิดดานส่งผลน้ำหนักสดของส่วนเหนือดินทั้งหมดให้มีความแตกต่างจากการไม่ไถระเบิดดานอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 10) ซึ่งการไถระเบิดดานส่งผลให้น้ำหนักเหง้าสด น้ำหนักลำต้นสด และน้ำหนักใบสดมันสำปะหลังส่วนเหนือดินมีค่าเท่ากับ 452, 920 และ 380 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าการไม่ไถระเบิดดาน โดยมีค่าเท่ากับ 429, 782 และ 292 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับน้ำหนักเหง้า ลำต้น และใบ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



The different letters in graph are significantly different at P<0.01.

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การใส่วัสดุปรับปรุงดินส่งผลให้น้ำหนักสดของส่วนเหนือดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 10) โดยการใส่มูลไก่ อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้น้ำหนักเหง้าสด น้ำหนักลำต้นสด และน้ำหนักใบสดมันสำปะหลังสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 570, 1,355 และ 894 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ ในขณะที่การใส่ยิปซัม การใส่หินฝุ่น และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินให้ผลไม่แตกต่างกัน โดยการใส่ยิปซัมมีแนวโน้มให้น้ำหนักเหง้า และใบต่ำที่สุด (379 และ 143 กิโลกรัมต่อไร่) ขณะที่การใส่หินฝุ่นมีแนวโน้มให้น้ำหนักลำต้นต่ำที่สุด (633 กิโลกรัมต่อไร่) แต่เมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่า การไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินมีแนวโน้มให้น้ำหนักส่วนเหนือดินทั้งหมดต่ำที่สุดเท่ากับ 3,830 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางผนวกที่ 4)

เมื่อพิจารณาถึงผลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานและไม่ไถระเบิดดานร่วมกับการใส่วัสดุปรับปรุงดิน พบว่า ไม่มีผลต่อน้ำหนักส่วนเหนือดิน แต่อย่างไรก็ตาม การใส่มูลไก่ร่วมกับการไถระเบิดดาน มีแนวโน้มทำให้น้ำหนักเหง้า ลำต้น และใบสูงที่สุดเท่ากับ 578, 1,478 และ 1,036 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยการใส่ยิปซัมร่วมกับการไม่ไถระเบิดดานมีแนวโน้มให้น้ำหนักส่วนเหนือดินต่ำสุดเท่ากับ 367, 632 และ128 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับน้ำหนักเหง้า ลำต้น และใบตามลำดับ (ภาพที่ 10)

โดยภาพรวม พบว่า การใส่มูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มให้น้ำหนักส่วนเหนือดินทั้งหมดสูงสุดไม่ว่าจะมีการไถระเบิดดานหรือไม่ก็ตาม โดยจะให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินสูงกว่าการใส่วัสดุปรับปรุงดินอื่น ๆ อย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับผลผลิตหัวมันสดที่ได้ก็สูงที่สุดด้วย ทั้งนี้น่าจะเป็นเหตุผลมาจากมูลไก่มีปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ โดยเฉพาะจุลธาตุอาหารสูงกว่าวัสดุปรับปรุงดินชนิดอื่น ๆ จึงช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง (Materechera and Mkhabela, 2002) แต่อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่าหากให้มูลไก่ในอัตราสูงจะส่งผลให้มันสำปะหลังเจริญเติบโตทางลำต้น มากกว่าที่สร้างหัวมัน (ประภาส และคณะ, 2550)

3.3 การแทงหัวของมันสำปะหลัง

ลักษณะการแทงของหัวมันสำประหลังแสดงในภาพที่ 11 แสดงให้เห็นถึงผลของการไถระเบิดดานและชนิดของวัสดุปรับปรุงดินที่มีต่อการแทงหัวไม่ชัดเจน ในกรณีที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน พบว่า หัวมันสำปะหลังในแปลงที่มีการไถและไม่ไถระเบิดดานจะมีขนาดของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 11 แสดงลักษณะการแทงของหัวมันสำปะหลัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หัวมันสำปะหลังค่อนข้างเล็ก และเรียวยาว มีทิศทางการแทงของหัวมันสำปะหลังขนานกับพื้นมากกว่าในแนวดิ่ง แต่อย่างไรตาม หัวมันสำปะหลังในแปลงที่ไม่มีการระเบิดดินดานทิศทางของการแทงหัวจะขนานกับพื้นดินมากกว่าในกรณีของการไถระเบิดดิน นอกจากนี้ยังพบลักษณะหัวมันคอด แสดงให้เห็นลักษณะอาการขาดน้ำของมันสำปะหลัง (ปรีชา, 2542; อรุณี, 2547)

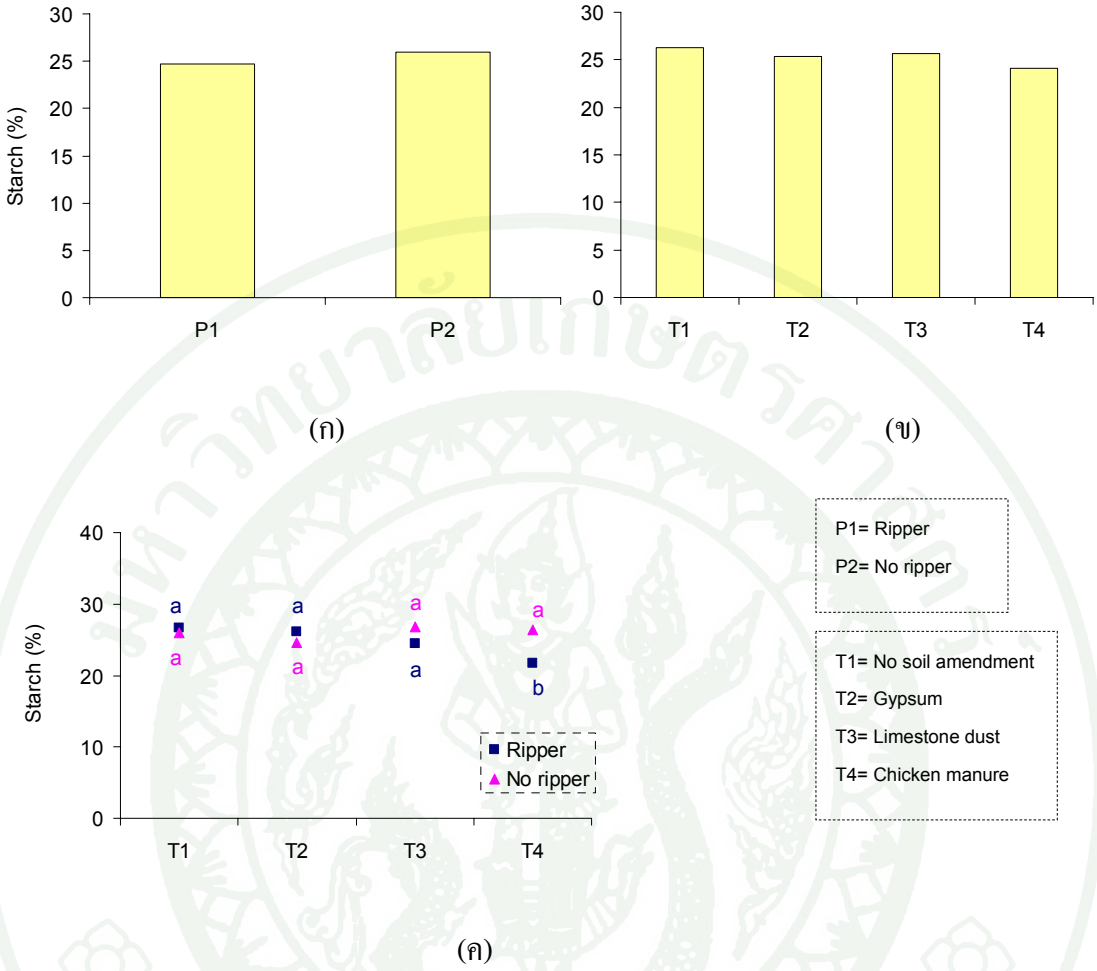
เมื่อพิจารณาถึงชนิดวัสดุปรับปรุงดินที่มีต่อการแทงของหัวมันสำปะหลัง ในกรณีที่มีการไถระเบิดดาน การแทงหัวของมันสำปะหลังเป็นไปในแนวดิ่งมากกว่าในแนวขนานกับพื้นดิน โดยพบว่า การใส่มูลไก่ หรือหินฝุ่น จะส่งผลให้มันสำปะหลังแทงหัวได้ดียิ่งขึ้น ในขณะที่การใส่ยิปซัมมีแนวโน้มให้ลักษณะของหัวมันและการแทงหัวคล้ายคลึงกับการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ในขณะที่แปลงที่ไม่มีการไถระเบิดดาน แสดงให้เห็นว่าการแทงหัวมันสำปะหลังส่วนใหญ่ขนานกับผิวดิน ยกเว้นยิปซัม แต่อย่างไรก็ตามการใส่วัสดุปรับปรุงดินโดยเฉพาะการใส่มูลไก่มีแนวโน้มให้หัวมันสำปะหลังมีขนาดใหญ่กว่าการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน

3.4 ค่าร้อยละการสะสมแป้ง

การไถระเบิดดานไม่มีผลต่อการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลัง (ภาพที่ 12) อย่างไรก็ตาม มันสำปะหลังภายใต้การไถระเบิดดานมีร้อยละการสะสมแป้งเท่ากับ 24.7 ซึ่งน้อยกว่าการไม่มีการไถระเบิดดาน (25.9 %) เช่นเดียวกันกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินที่ไม่มีผลต่อการสะสมแป้งในหัวมันสด (ภาพที่ 12) โดยตำรับที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินมีแนวโน้มให้มีการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 26.3 ส่วนการใส่มูลไก่ส่งผลให้มีการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 24.1

แต่อย่างไรก็ตาม ผลร่วมของการไถระเบิดดานร่วมกับการใส่วัสดุปรับปรุงดิน มีผลให้ร้อยละการสะสมแป้งในหัวมันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 12) โดยพบว่า การไถระเบิดดานร่วมกับการใส่มูลไก่ส่งผลให้มีการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 21.7 ทั้งนี้น่าจะมีเหตุผลมาจากมูลไก่มีปริมาณไนโตรเจนสูง ซึ่งมีรายงานว่าเมื่อมันสำปะหลังได้รับไนโตรเจนมากเกินไป จะทำให้เกิดการเจริญเติบโตทางลำต้นมากกว่าการสะสมแป้งในราก จึงส่งผลให้น้ำหนักส่วนเหนือดินทั้งหมดของมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นแต่การสะสมแป้งจะต่ำลง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

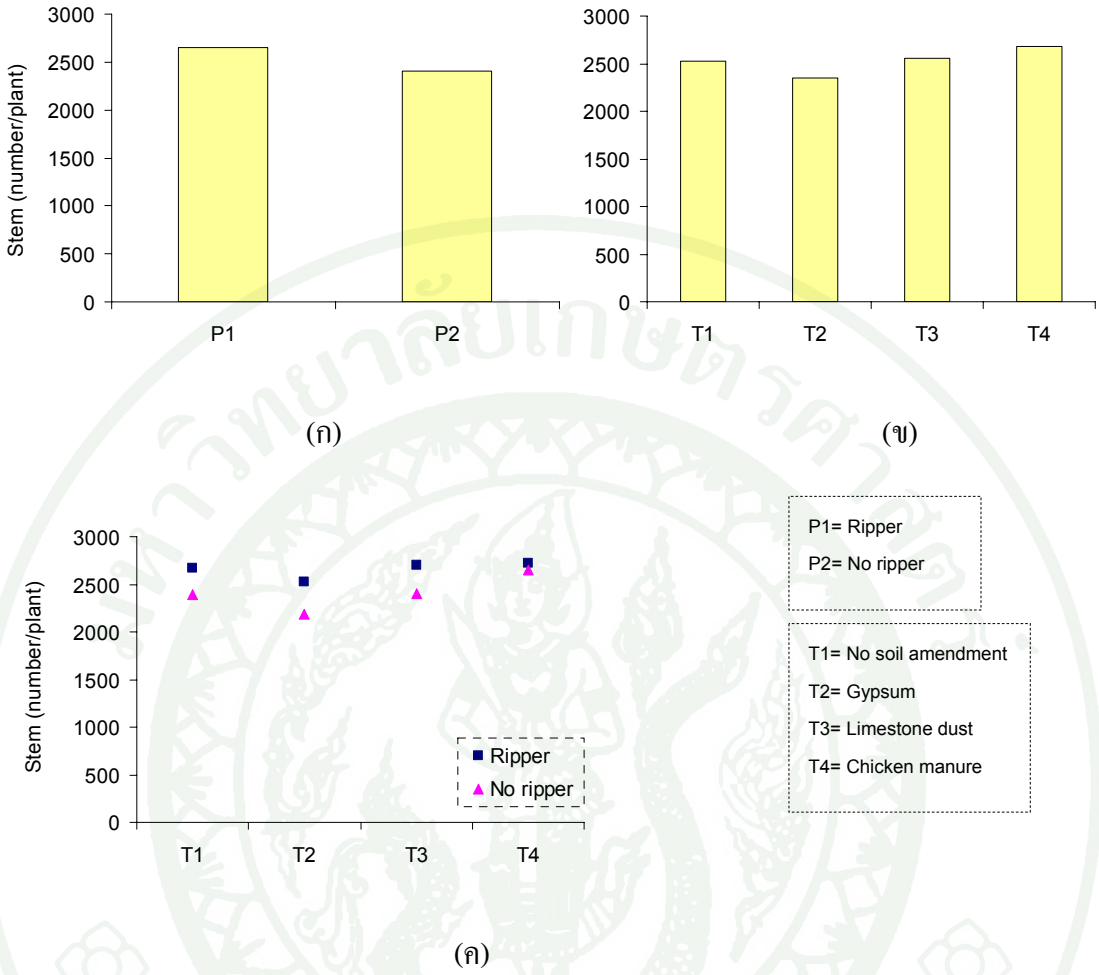


ภาพที่ 12 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อร้อยละการสะสมของแป้ง

3.4 จำนวนลำต้นมันสำปะหลัง

ผลการศึกษาพบว่า การไถระเบิดดาน ชนิดของวัสดุปรับปรุงดินและอิทธิพลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อจำนวนลำต้นมันสำปะหลัง (ภาพที่ 13) โดยการไถระเบิดดานมีแนวโน้มให้จำนวนลำต้นมันสำปะหลังมากกว่าการไม่ไถระเบิดดาน โดยมีจำนวนเท่ากับ 2,651 และ 2,407 ลำต่อไร่ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



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

การใส่มูลไก่มีแนวโน้มให้จำนวนลำต่อไร่สูงสุดเท่ากับ 2,682 ลำต่อไร่ รองลงมาได้แก่ การใส่หินฝุ่นให้จำนวนลำต่อไร่เท่ากับ 2,552 ลำต่อไร่ ส่วนการใส่ยิปซัม และ ตำรับที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินให้จำนวนลำต่อไร่ต่ำสุดเท่ากับ 2,355 และ 2,528 ลำต่อไร่ ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาถึงผลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานและไม่ไถระเบิดดานร่วมกับการใส่วัสดุปรับปรุงดิน พบว่า ไม่มีผลต่อจำนวนลำต้นมันสำปะหลัง (ภาพที่ 13) แต่อย่างไรก็ตาม การไถระเบิดดานร่วมกับการใส่มูลไก่มีแนวโน้มทำให้จำนวนลำต้นมันสำปะหลังสูงที่สุดเท่ากับ 2,717 ลำต่อไร่ และเมื่อใส่หินฝุ่นร่วมจะให้จำนวนลำต้นมันสำปะหลังรองลงมาเท่ากับ 2,702 ลำต่อไร่ และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การไม่ไถระเบิดดานร่วมกับการใส่ยิปซัมมีแนวโน้มให้จำนวนลำต้นมันสำปะหลังต่ำที่สุด (2,189 ลำต่อไร่)

3.5 จำนวนหัวมันสำปะหลังต่อต้น

การไถระเบิดดาน ชนิดของวัสดุปรับปรุงดินและอิทธิพลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อจำนวนหัวมันสำปะหลังต่อต้น โดยจำนวนหัวเฉลี่ยมีปริมาณใกล้เคียงกันในแต่ละตำรับ ซึ่งมีค่าอยู่ในพิสัยแคบ ๆ เท่ากับ 12-13 หัวต่อต้น ซึ่งการไถระเบิดดานมีแนวโน้มให้จำนวนหัวเฉลี่ยสูงกว่าการไม่ไถระเบิดดาน (ภาพที่ 14) และเมื่อพิจารณาถึงชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน พบว่า ยิปซัมมีแนวโน้มให้จำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ยต่อต้นสูงสุด (13 หัวต่อต้น) ในขณะที่วัสดุปรับปรุงดินชนิดอื่น ๆ ให้จำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ยเท่ากัน และเท่ากับการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน (12 หัวต่อต้น)

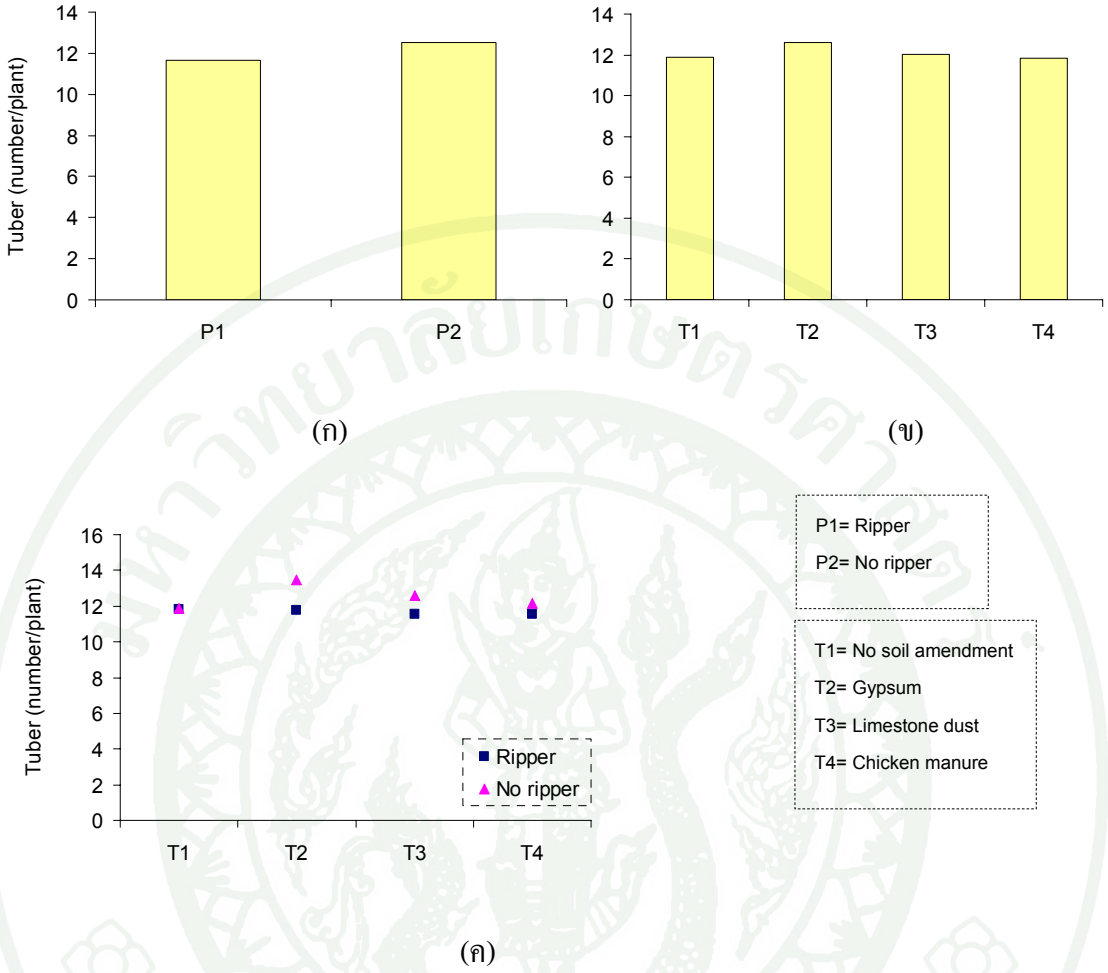
เมื่อพิจารณาถึงผลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานและไม่ไถระเบิดดานร่วมกับการใส่วัสดุปรับปรุงดิน พบว่า การไม่ไถระเบิดดานร่วมกับการใส่หินฝุ่น หรือการใส่ยิปซัม มีแนวโน้มให้จำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 13 หัวต่อต้น ในขณะที่ตำรับการทดลองอื่น ๆ ให้จำนวนหัวมันสำปะหลังต่อต้นเท่ากัน (12 หัวต่อต้น) (ภาพที่ 14)

3.6 อัตรารอดตายของมันสำปะหลัง

ผลการศึกษา พบว่า มันสำปะหลังในแปลงที่มีการไถระเบิดดาน อัตราการรอดตายสูงกว่าการไม่ไถระเบิดดานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีอัตรารอดตายของมันสำปะหลังเท่ากับร้อยละ 89.1 และ 82.8 ตามลำดับ (ภาพที่ 15)

ชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่ออัตรารอดตายของมันสำปะหลัง การใส่ยิปซัม มีแนวโน้มให้อัตรารอดตายสูงสุดเท่ากับร้อยละ 88.8 รองลงมา ได้แก่การไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน การใส่หินฝุ่น และการใส่มูลไก่ตามลำดับ โดยมีอัตรารอดตายของมันสำปะหลังเท่ากับร้อยละ 87.8, 85.3 และ 82.0 ตามลำดับ (ภาพที่ 15)

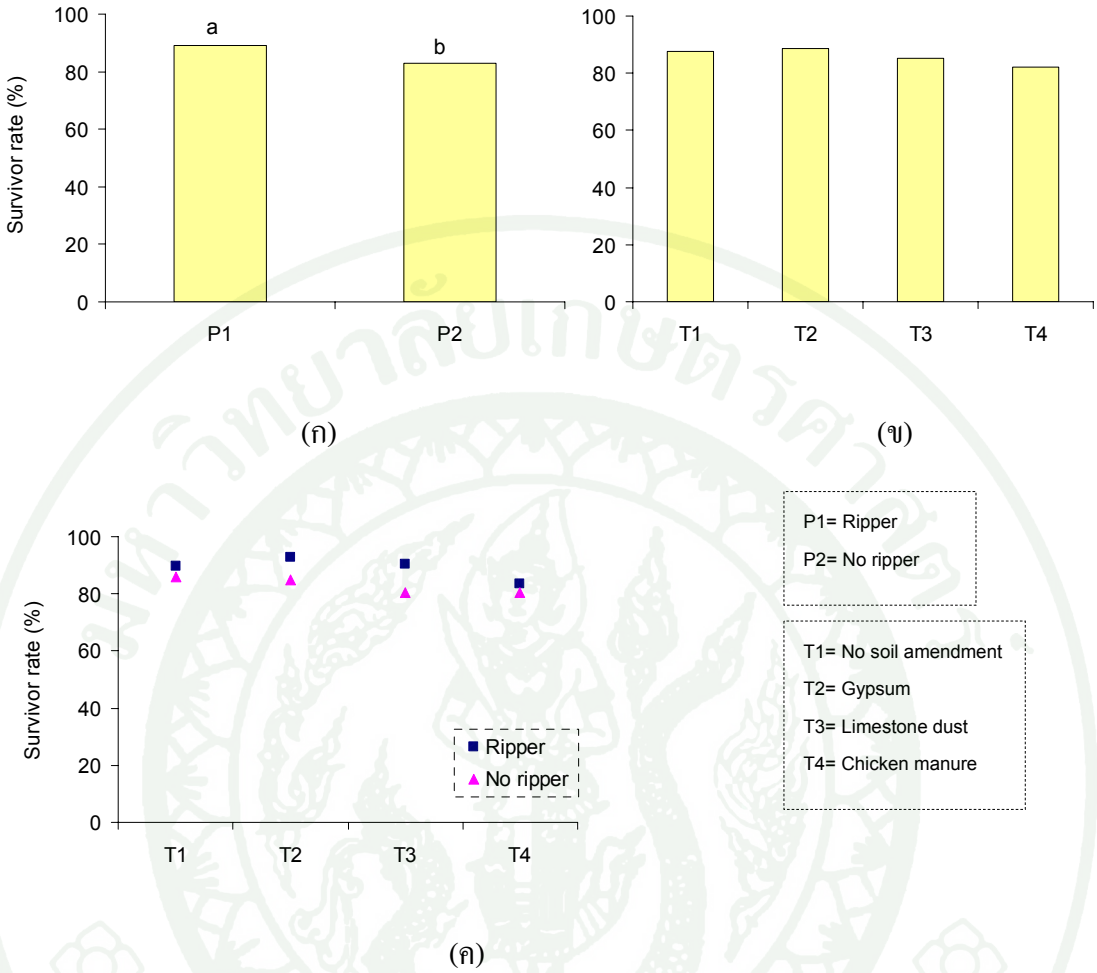
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



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

เช่นเดียวกันกับผลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานร่วมกับการใส่วัสดุปรับปรุงดินที่ไม่มีผลต่ออัตรารอดตายของมันสำปะหลัง ซึ่งการไถระเบิดดานร่วมกับการใส่ยิปซัมมีแนวโน้มให้อัตรารอดตายสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 92.8 ซึ่งใกล้เคียงกับการไถระเบิดดานร่วมกับการใส่หินฝุ่น (90.3 %) และการไม่ไถระเบิดดานร่วมกับการใส่หินฝุ่นมีแนวโน้มให้อัตรารอดตายของมันสำปะหลังต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 80.3 (ภาพที่ 15)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



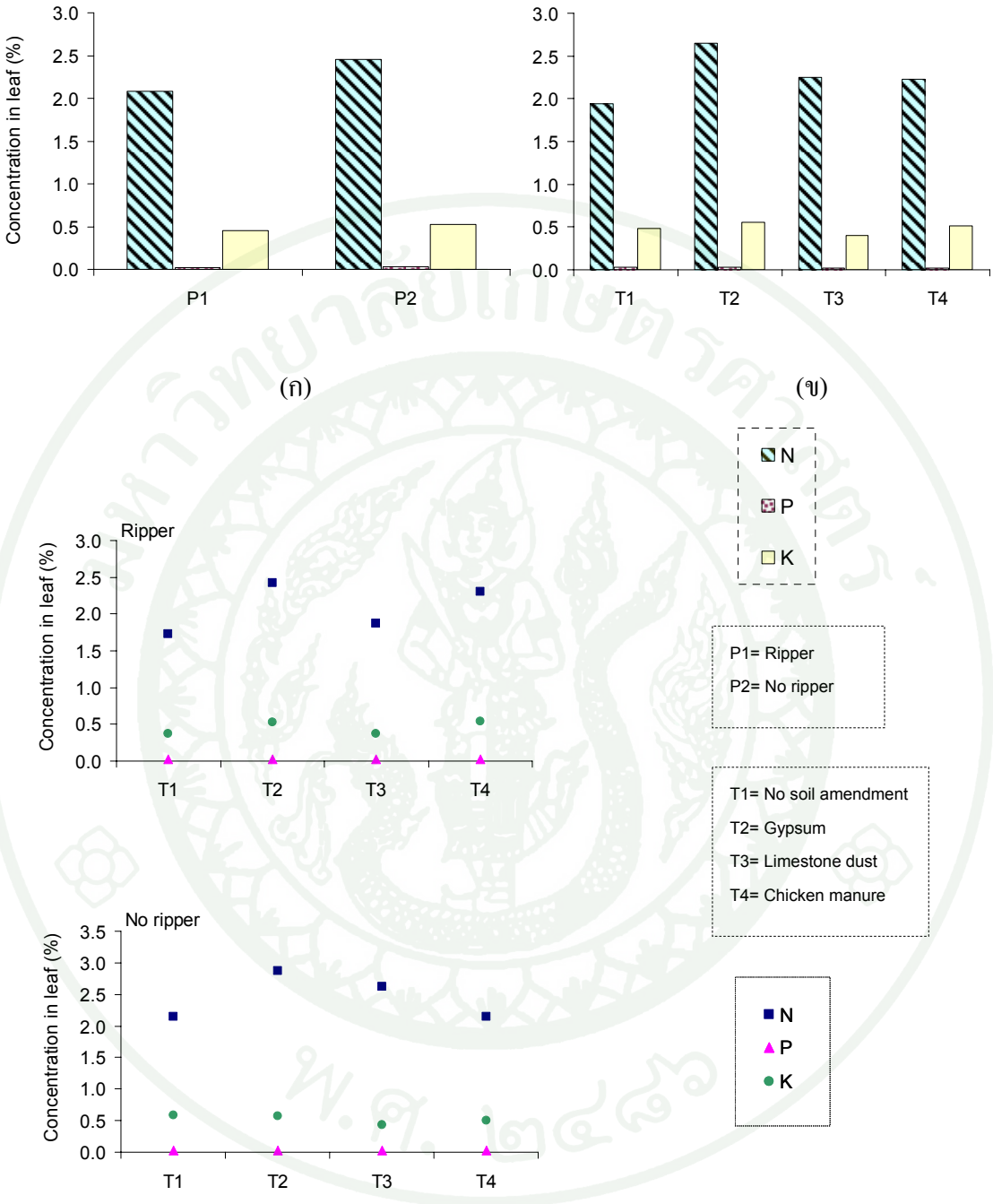
ภาพที่ 15 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่ออัตรารอดตายของมันสำปะหลัง

3.7 ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในใบมันสำปะหลังที่อายุ 6 เดือน

1) ความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในใบ

ผลการศึกษา พบว่า การไถระเบิดดาน ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน และอิทธิพลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลัง (ภาพที่ 16)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 16 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในใบมันสำปะหลัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การไม่ไถระเบิดดานส่งผลให้ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในใบเท่ากับร้อยละ 2.45, 0.03 และ 0.52 ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มสูงกว่าการไถระเบิดดาน โดยมีความเข้มข้นเท่ากับร้อยละ 2.08, 0.02 และ 0.46 ตามลำดับ การใส่ยิปซัมมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในใบมันสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 2.65, 0.03 และ 0.56 ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ การใส่หินฝุ่น และการใส่มูลไก่ และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินมีแนวโน้มให้มีความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในใบต่ำที่สุด

การไม่ไถระเบิดดานร่วมกับการใส่ยิปซัมมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในใบสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 2.88, 0.03 และ 0.58 ตามลำดับ ขณะที่ตำรับที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินร่วมกับการไถระเบิดดานส่งผลให้ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 1.73, 0.02 และ 0.38 ตามลำดับ

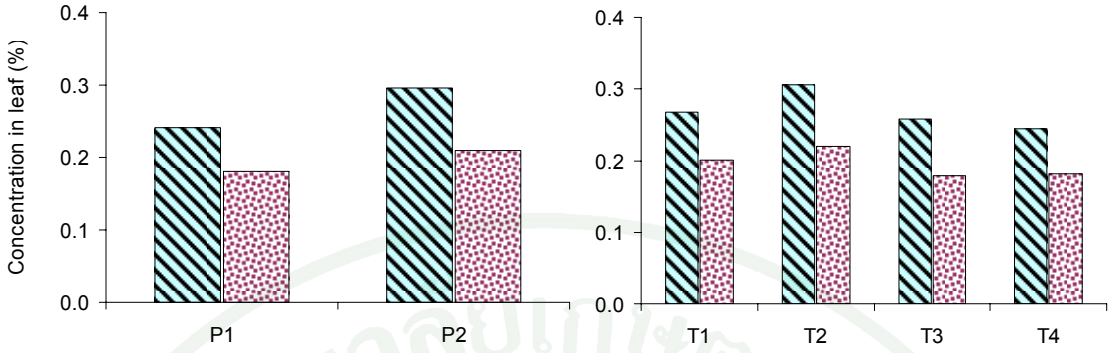
เมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่า ความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในใบไม่สอดคล้องกับปริมาณผลผลิต ซึ่งการใส่มูลไก่ทั้งที่มีการไถและไม่ไถระเบิดดานมีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงที่สุด (3.17 และ 3.03 ตันต่อไร่ สำหรับการไถและไม่ไถระเบิดดาน ตามลำดับ) แต่กลับมีความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในใบต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุปรับปรุงดินอีก 2 ชนิด ทั้งนี้เนื่องจากการใส่มูลไก่ส่งผลให้น้ำหนักส่วนเหนือดินสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าปริมาณการสะสมธาตุอาหารหลักไม่ได้มีการสะสมเฉพาะที่เป็นใบ แต่อาจสะสมอยู่ในส่วนที่เป็นกิ่งก้าน หรือ ลำต้นมากกว่า (Johnson *et al.,* 2000) ดังนั้นความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบจึงต่ำ

อย่างไรก็ตาม ในทุกตำรับการทดลอง มีความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในใบอยู่ในระดับต่ำมาก (ตารางผนวกที่ 20) โดยมีอยู่ในพิสัยร้อยละ 1.73-2.88, 0.02-0.03 และ 0.38-0.58 สำหรับไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมตามลำดับ ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของมันสำปะหลัง (Howeler, 1985)

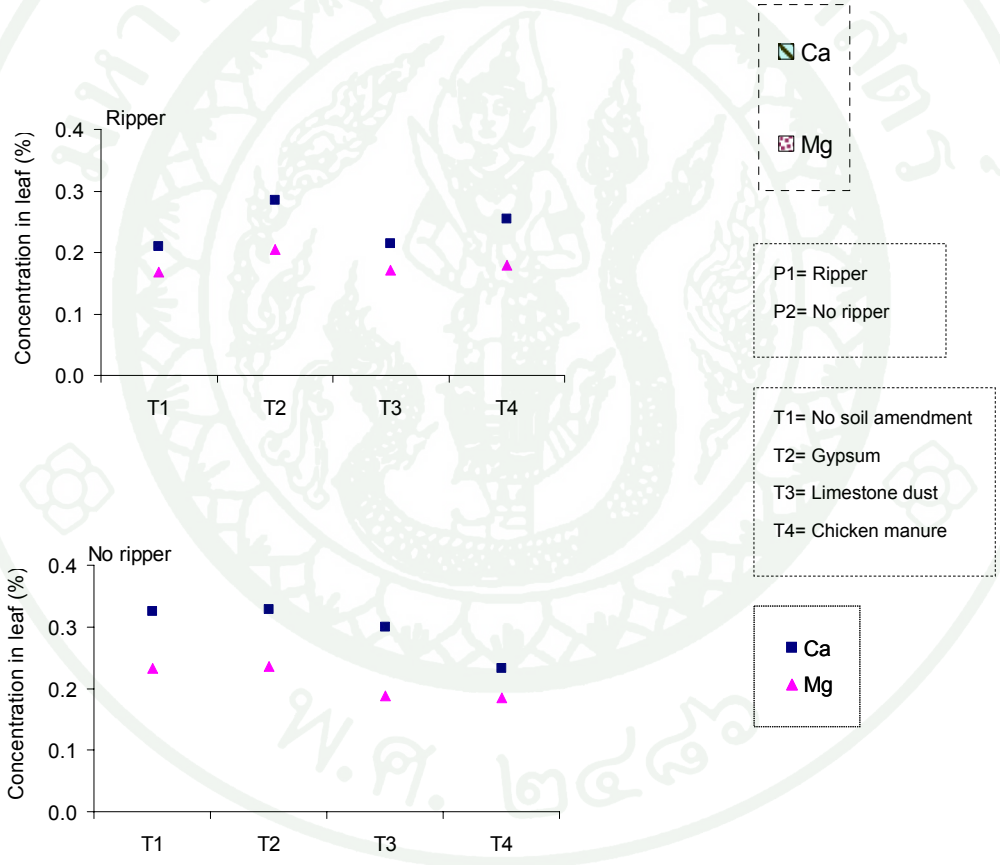
2) ความเข้มข้นของธาตุอาหารรองในใบ

เมื่อพิจารณาถึงความเข้มข้นของธาตุอาหารรองในใบมันสำปะหลัง พบว่าให้ผลไปทิศทางเดียวกันกับความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในใบ (ภาพที่ 17)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



(ก) (ข)



(ค)

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยการใส่ยิปซัมมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมในใบมันสำปะหลังสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 0.31 และ 0.22 ตามลำดับ ในขณะที่หินฝุ่น มูลไก่ และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินมีแนวโน้มผลให้ความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมในใบมันสำปะหลังมีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.24-0.27 และ 0.18-0.20 สำหรับ แคลเซียมและแมกนีเซียม ตามลำดับ ทั้งนี้น่าจะเป็นผลมาจากวัสดุทั้งสองมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบสูงจึงปลดปล่อยแคลเซียมออกมาในดินให้พืชดูดใช้ (Favaretto *et al.,* 2006) แต่อย่างไรก็ตาม มูลไก่มีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของแคลเซียมในใบต่ำที่สุด (ภาพที่ 17)

อย่างไรก็ตาม ในทุกตำรับการทดลอง ความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมในใบมันสำปะหลังอยู่ในระดับต่ำมากซึ่งไม่เพียงพอกับความต้องการของมันสำปะหลัง (Howeler, 1985) (ตารางผนวกที่ 20) โดยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.24-0.31 และ 0.18-0.22 สำหรับแคลเซียมและแมกนีเซียม ตามลำดับ

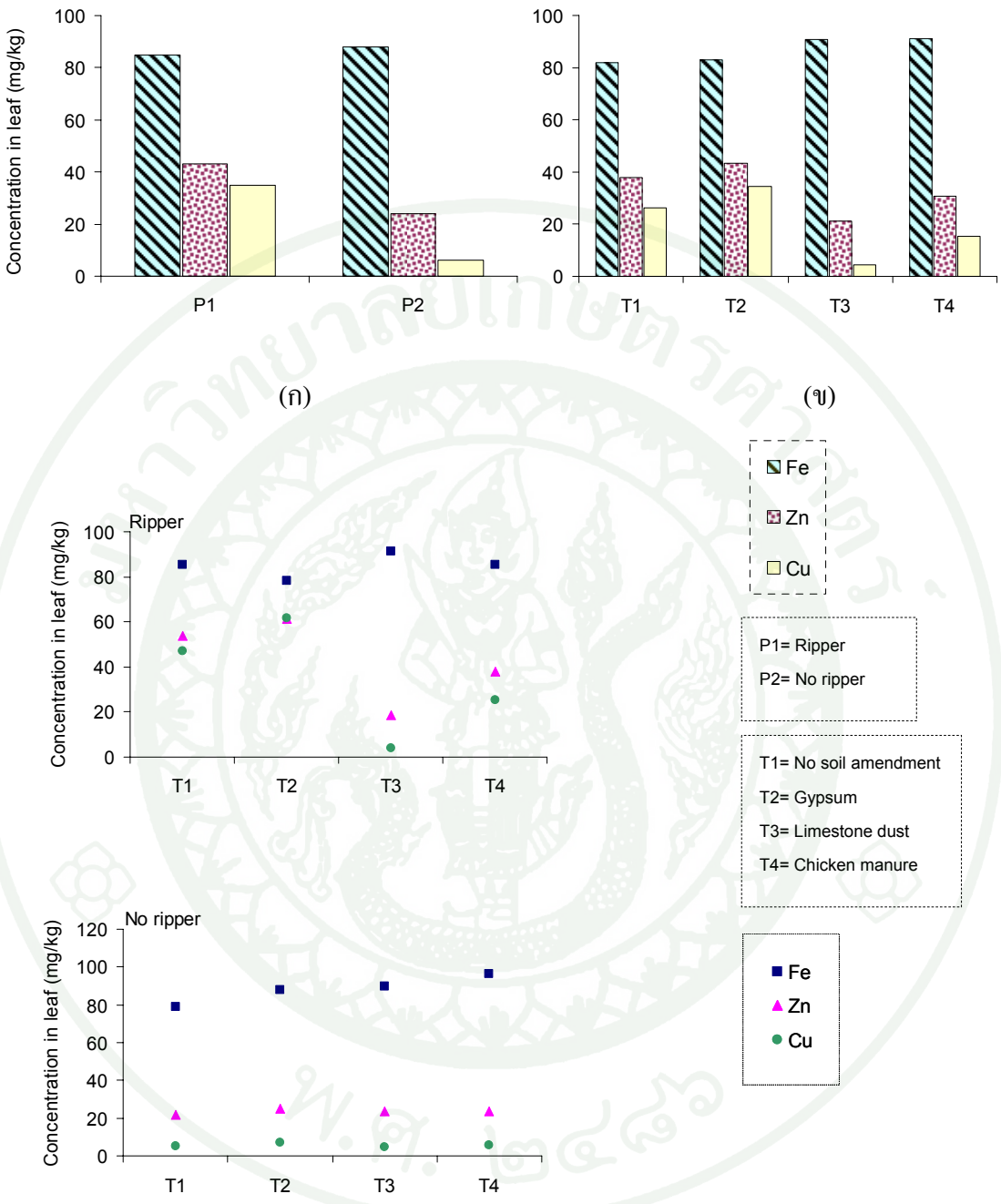
3) ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารในใบ

การไถระเบิดดานไม่มีผลต่อความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารในใบมันสำปะหลังโดยการไม่ไถระเบิดดานมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีสในใบสูงกว่า แต่มีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของสังกะสีและทองแดงต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการไถระเบิดดาน (ภาพที่ 18 และ 19)

วัสดุปรับปรุงดิน และอิทธิพลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินมีผลให้ความเข้มข้นของแมงกานีสในใบมีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ไม่ส่งผลต่อความเข้มข้นของเหล็ก สังกะสี และทองแดงในใบ (ภาพที่ 18 และ 19)

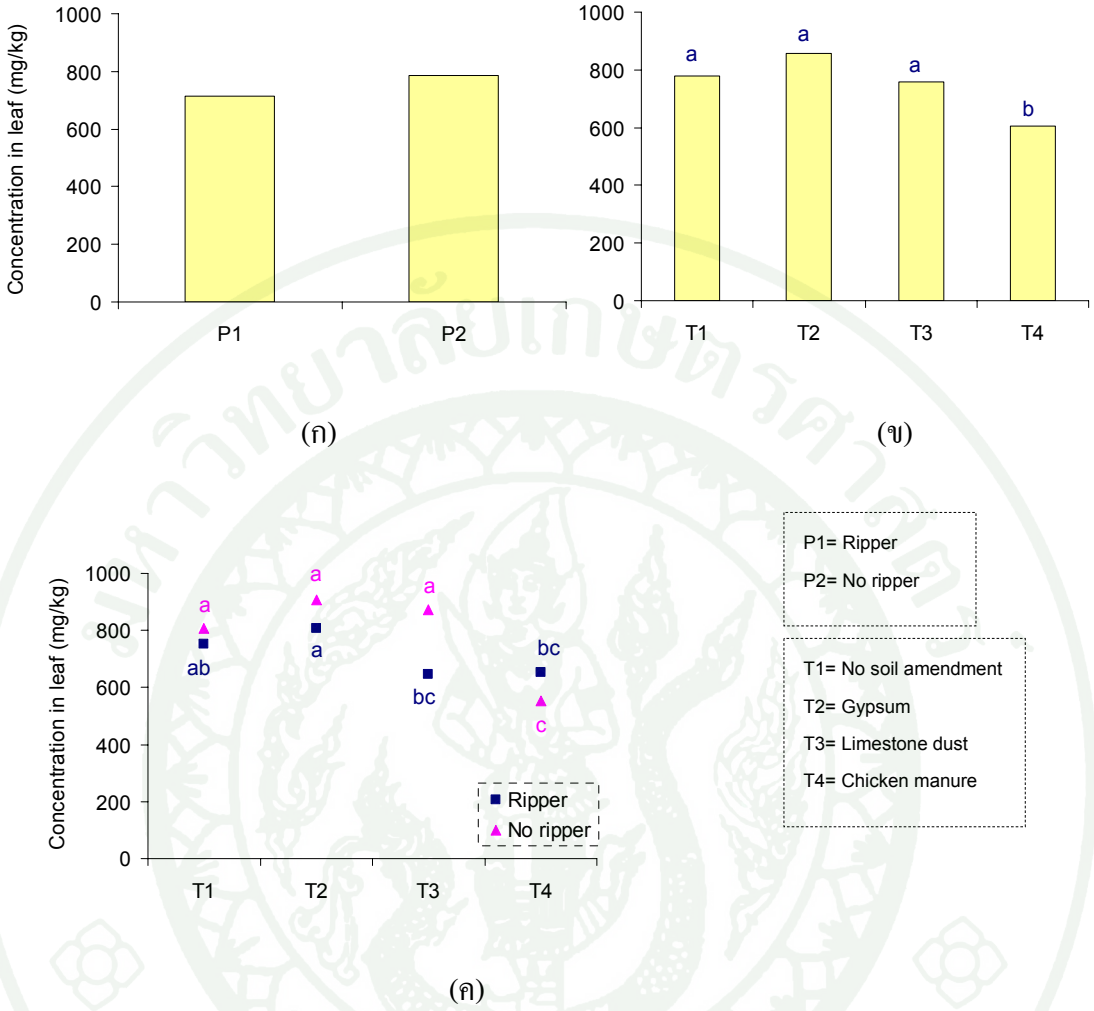
โดยยิปซัม หินฝุ่น และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินส่งผลให้ความเข้มข้นของแมงกานีสในใบไม่แตกต่างกัน ซึ่งยิปซัมมีแนวโน้มให้การสะสมแมงกานีสในใบสูงที่สุดเท่ากับ 857 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และการใส่มูลไก่จะให้ความเข้มข้นของแมงกานีสต่ำที่สุด (604 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) อาจเป็นไปได้ว่ามูลไก่มีพีเอชค่อนข้างสูง และมีปริมาณของอินทรียวัตถุสูง ส่วนหนึ่งจึงช่วยลดการละลายของธาตุนี้ หรืออาจเกิดการรวมตัวกลายเป็นสารประกอบอินทรีย์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 18 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อความเข้มข้นของเหล็ก สังกะสี และทองแดงในใบมันสำปะหลัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



The different letters in graph are significantly different at P<0.05 for the case of soil amendment effect and 0.01 for the interaction effect.

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

เชิงซ้อน นอกจากนี้แมงกานีสยังมีปฏิกิริยาสัมพันธ์กับธาตุสังกะสี เหล็ก และ ทองแดงที่มีสะสมอยู่ในมูลไก่ ซึ่งมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของแมงกานีสในดิน จึงมีแนวโน้มให้พืชสะสมแมงกานีสในใบลดลง (Stevenson, 1986; Brady and Weil, 2008)

การไถระเบิดดานร่วมกับการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน หรือการใส่ยิปซัม และการไม่ไถระเบิดดานร่วมกับการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน หรือการใส่ยิปซัม หรือการใส่หินฝุ่น ส่งผลให้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความเข้มข้นของแมงกานีสในใบไม่แตกต่างกัน โดยการไม่ไถระเบิดดานร่วมกับการใส่ยิปซัมมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของแมงกานีสในใบสูงที่สุด เท่ากับ 906 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ขณะที่การใส่มูลไก่ร่วมกับการไม่ไถระเบิดดานส่งผลให้ความเข้มข้นของแมงกานีสในใบต่ำที่สุดเท่ากับ 554 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

แต่อย่างไรก็ตามในทุกตำรับการทดลอง ความเข้มข้นของแมงกานีสในใบมันสำปะหลังอยู่ในระดับที่เป็นพิษแก่พืช (Howeler, 1985) (ตารางผนวกที่ 20) แสดงให้เห็นว่าดินในพื้นที่ทำการศึกษา ซึ่งมีพีเอชอยู่ในพิสัย 4.2-5.0 แมงกานีสจะอยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดใช้ได้ จึงมีผลให้ความเข้มข้นของแมงกานีสในใบสูงจนอยู่ในระดับที่เป็นพิษ อย่างไรก็ตาม การใส่มูลไก่มีผลทำให้พืชสะสมธาตุนี้ในใบน้อยกว่าการจัดการรูปแบบอื่น ๆ ตามเหตุผลที่กล่าวมาแล้ว จึงมีความเป็นไปได้ว่าผลผลิตที่สูงกว่าตำรับอื่น ๆ น่าจะเกิดจากอิทธิพลของการสะสมแมงกานีสในใบที่ลดน้อยลง

4. ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดิน

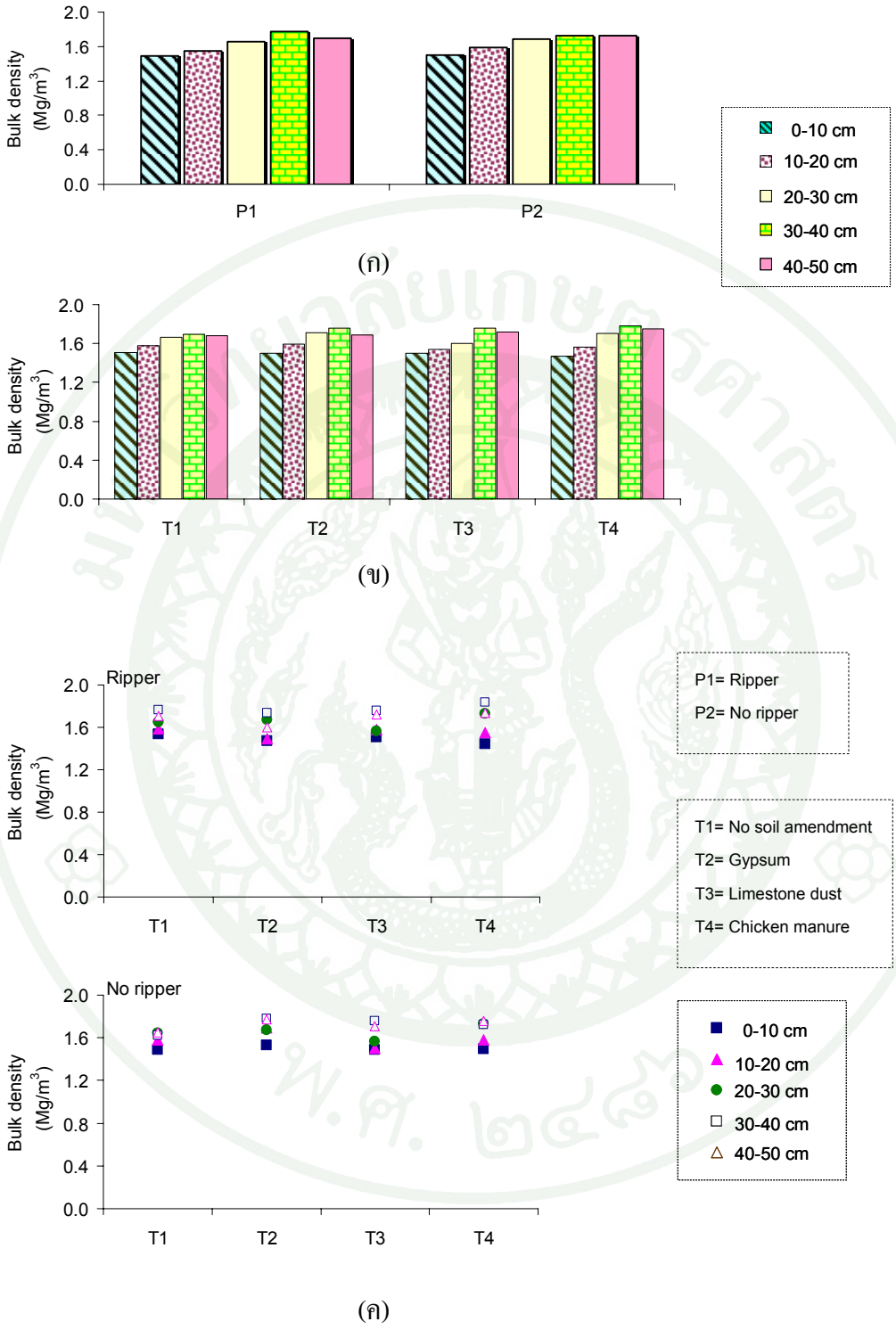
4.1 สมบัติทางกายภาพ

4.1.1 ความหนาแน่นรวมของดิน

ผลการศึกษา พบว่า การไถระเบิดดาน ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน และอิทธิพลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อความหนาแน่นรวมของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ ตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร

การไถระเบิดดานมีแนวโน้มให้ความหนาแน่นรวมของดินต่ำกว่าการไม่มีการไถระเบิดดาน โดยมีความหนาแน่นรวมอยู่ในพิสัย 1.49-1.77 และ 1.50-1.72 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับดินภายใต้การไถระเบิดดาน และไม่ไถระเบิดดาน ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ความหนาแน่นรวมของดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามความลึกในทั้งสองกรณี (ภาพที่ 20) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของ Raper *et al.* (1998) ที่รายงานว่าความหนาแน่นรวมของดินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติภายใต้การไถพรวนดินบนร่วมกับการไถระเบิดชั้นดาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ส่งผลให้ดินมีความหนาแน่นรวมอยู่ในพิสัย 1.47-1.78 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามความลึก อย่างไรก็ตาม การใส่หินฝุ่นมีแนวโน้มให้ความหนาแน่นรวมต่ำที่สุดมีค่าอยู่ในพิสัย 1.50-1.72 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยเฉพาะที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร อย่างไรก็ตาม การใส่มูลไก่ การใส่ยิปซัม และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินส่งผลให้ความหนาแน่นรวมมีค่าอยู่ในพิสัย 1.47-1.75, 1.50-1.76 และ 1.51-1.69 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 20)

อิทธิพลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน ส่งผลให้ดินมีความหนาแน่นรวมอยู่ในพิสัย 1.44-1.84 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามความลึก โดยการใส่ยิปซัมร่วมกับการไถระเบิดดานมีแนวโน้มให้ความหนาแน่นรวมต่ำที่สุดมีค่าอยู่ในพิสัย 1.47-1.74 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

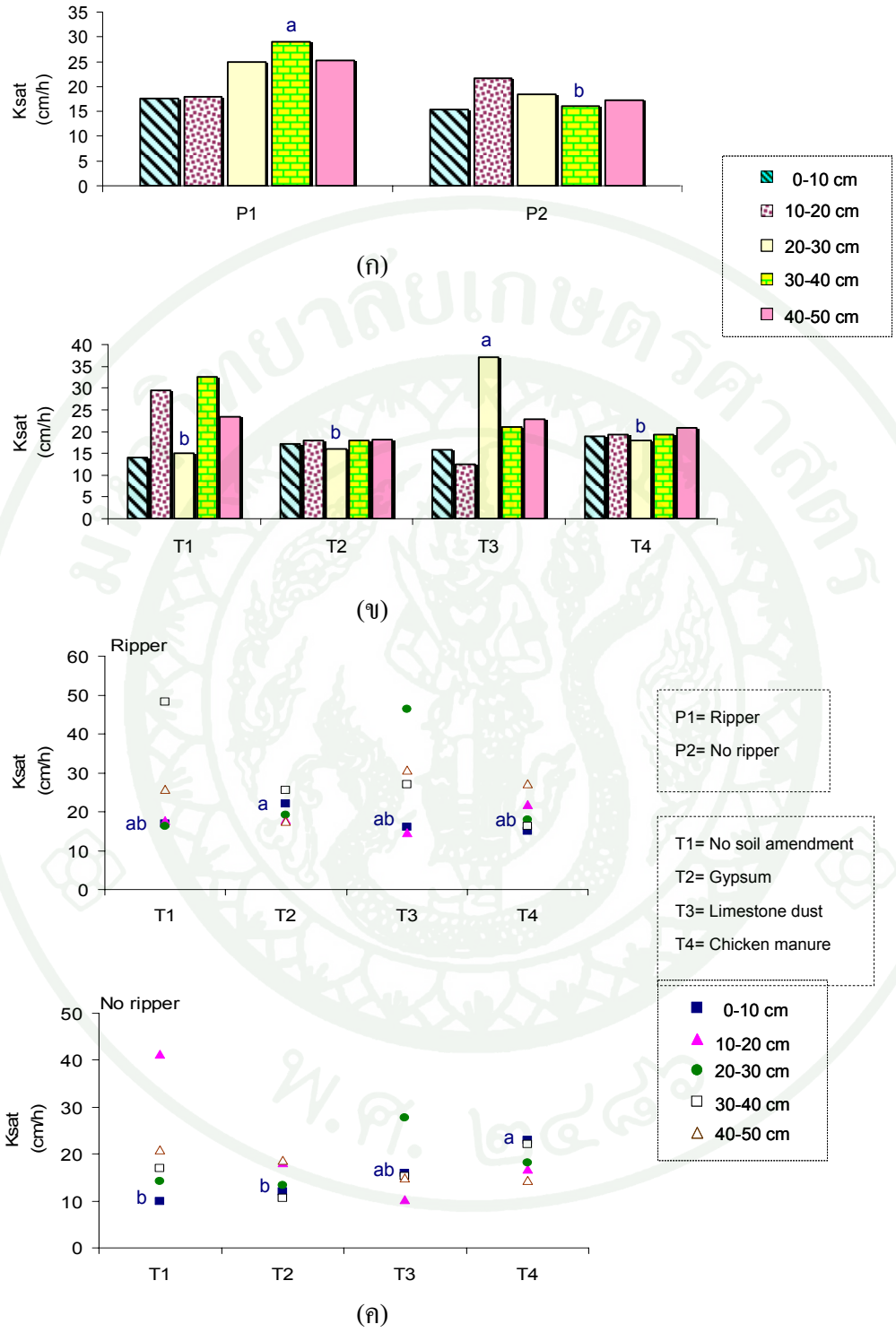
4.1.2 สภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ

ผลการศึกษา พบว่า การไถระเบิดดานส่งผลต่อค่าสภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำที่ระดับความลึก 30-40 เซนติเมตร (ภาพที่ 21) และชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน และอิทธิพลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินมีผลต่อค่าสภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำที่ระดับความลึก 20-30 และ 0-10 เซนติเมตรตามลำดับ (ภาพที่ 21)

การไถระเบิดดานมีแนวโน้มให้ค่าสภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำเร็วกว่าการไม่มีการไถระเบิดดาน โดยมีค่าสภาพการนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำอยู่ในพิสัย 25-37 และ 20-31 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ของดินภายใต้การไถระเบิดดาน และไม่ไถระเบิดดาน ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการไถระเบิดดานช่วยเพิ่มความต่อเนื่องของช่องว่างจึงส่งเสริมให้น้ำในดินเคลื่อนที่ในแนวดิ่งได้ดีขึ้น (Clark and Humphreys, 1996; Moffat and Boswell, 1996; Bateman and Chanasyk, 2001)

การใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ส่งผลให้ค่าสภาพนำน้ำของดินที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำอยู่ในพิสัย 16.91-53.82 เซนติเมตรต่อชั่วโมง และมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยตามความลึก (ภาพที่ 21)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



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

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การใส่หินฝุ่นจะให้ค่าสภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำสูงที่สุดที่ระดับความลึก 20-30 เซนติเมตร (37 เซนติเมตรต่อชั่วโมง) และการใส่ยิปซัม การใส่มูลไก่ และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินให้ค่าสภาพนำน้ำของดินที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำไม่แตกต่าง โดยมีค่าในพิสัย 15-18 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากหินฝุ่นมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ และสามารถปลดปล่อยออกมาในสารละลายดิน แคลเซียมเป็นแคตไอออนที่มีอำนาจในการแทนที่สูง และส่งผลให้อนุภาคเกิดการรวมตัวกันส่งเสริมโครงสร้างดินดีขึ้น ความหนาแน่นรวมลดลง ความพรุนและความคงทนของเม็ดดินเพิ่มขึ้น การซาบซึมน้ำดีขึ้น ส่งเสริมให้น้ำเคลื่อนที่ลงไปในชั้นดินล่างได้ง่ายขึ้น (Brady and Weil, 2008)

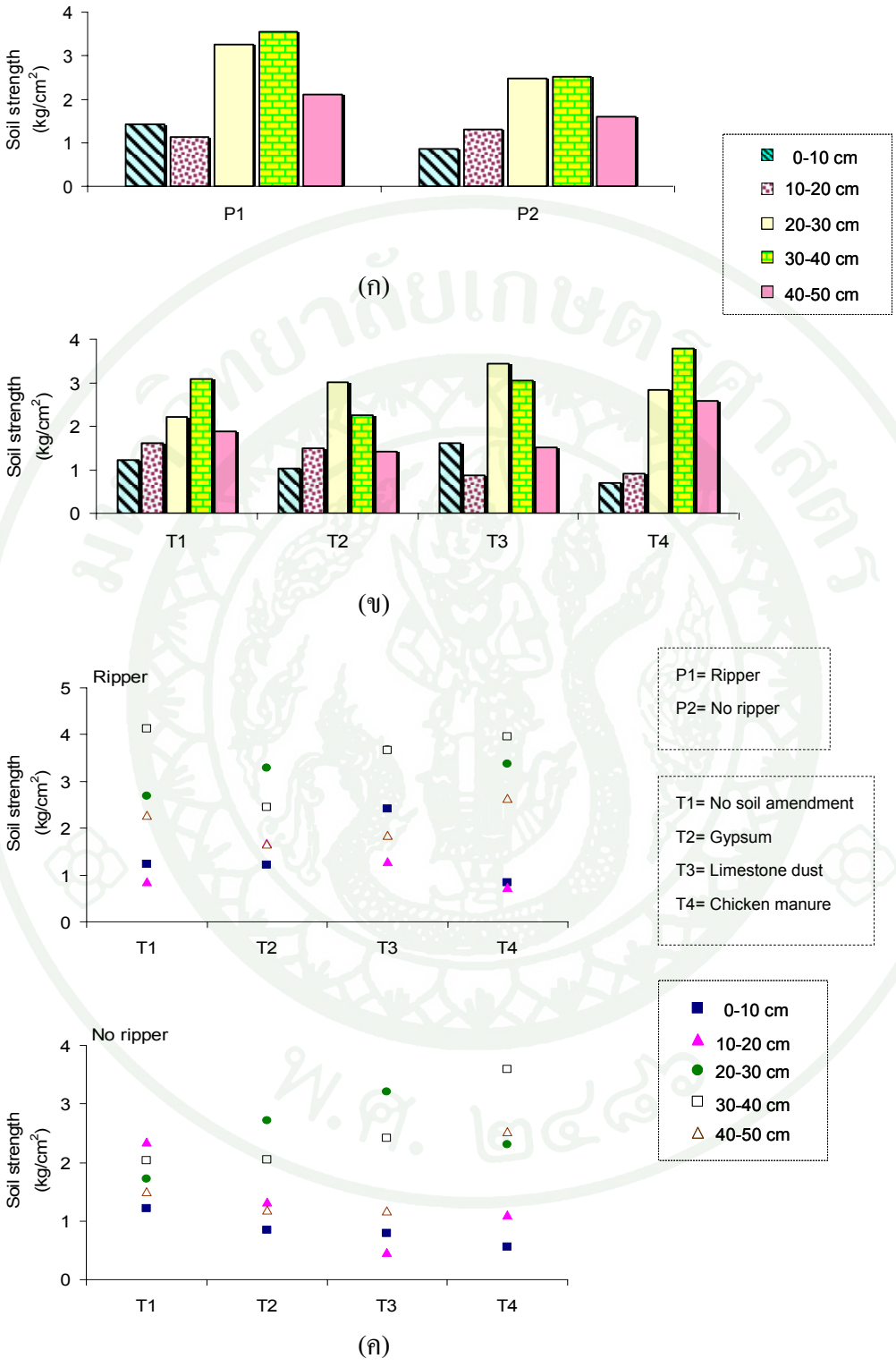
อิทธิพลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน ส่งผลให้ค่าสภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำอยู่ในพิสัย 14-55 เซนติเมตรต่อชั่วโมง และมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยตามความลึก

ที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร พบว่า การไถระเบิดดานหรือไม่ไถระเบิดดานที่มีการใส่ยิปซัม หินฝุ่น หรือมูลไก่ จะให้ผลไม่แตกต่างกัน โดยการระเบิดดานร่วมกับการการใส่ยิปซัม และการไม่ไถระเบิดดานร่วมกับการใส่มูลไก่ มีแนวโน้มให้ค่าสภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำสูงที่สุด ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของ Hamza and Anderson (2003) ที่ได้ทำการทดลองวิธีการในการแก้ไขปัญหาการอัดแน่นของดินในการปลูกพืชไร่ พบว่า การเตรียมดินด้วยวิธีที่มีการไถระเบิดดินล่าง ร่วมกับการใช้ยิปซัมอัตรา 2.5 ตันต่อเฮกตาร์ จะทำให้อัตราการแทรกซึมน้ำในดินเร็วที่สุด

4.1.3 ความแข็งของดิน

ผลการศึกษา พบว่า การไถระเบิดดาน ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน และอิทธิพลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อค่าความแข็งของดินเมื่อวัดในขณะที่ดินไม่มีความชื้นเหลืออยู่ ที่ระดับความลึกต่าง ๆ ตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร (ภาพที่ 22)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การไถระเบิดดานมีแนวโน้มให้ค่าความแข็งของดินเมื่อวัดในขณะที่ดินไม่มีความชื้นเหลืออยู่สูงกว่าการไม่มีการไถระเบิดดาน โดยมีค่าความแข็งของดินอยู่ในพิสัย 1.14-3.55 และ 0.85-2.52 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 22)

การใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ให้ค่าความแข็งของดินเมื่อวัดในขณะที่ดินไม่มีความชื้นเหลืออยู่ อยู่ในพิสัย 0.70-3.78 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก (ภาพที่ 22) โดยการใส่มูลไก่มีแนวโน้มให้ค่าความแข็งของดินเมื่อวัดในขณะที่ดินไม่มีความชื้นเหลืออยู่ต่ำที่สุดมีค่าอยู่ในพิสัย 0.70-3.78 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร รองลงมาได้แก่ การใส่ยิปซัม การใส่หินฝุ่น และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ตามลำดับ โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 1.03-3.00, 0.88-3.45 และ 1.22-3.08 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ

อิทธิพลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินส่งผลให้ความแข็งของดินเมื่อวัดในขณะที่ดินไม่มีความชื้นเหลืออยู่ มีค่าอยู่ในพิสัย 0.73-3.96 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามความลึก (ภาพที่ 22) โดยการใส่มูลไก่ร่วมกับการไถระเบิดดานจะส่งผลให้ค่าความแข็งของดินเมื่อวัดในขณะที่ดินไม่มีความชื้นเหลืออยู่ต่ำที่สุดมีค่าอยู่ในพิสัย 0.73-3.96 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

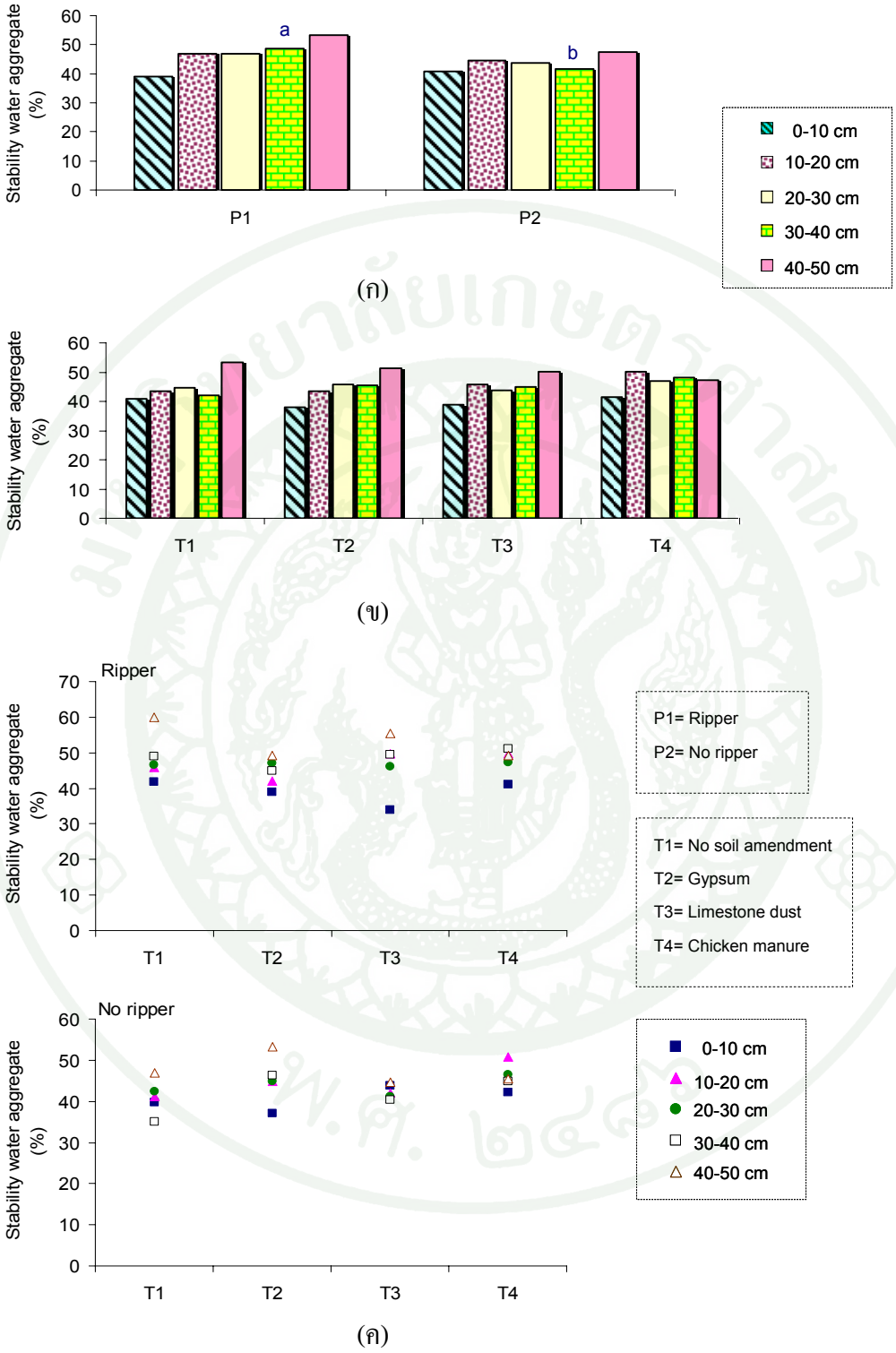
อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่า ในทุกตำรับทดลองดินเหล่านี้มีความแข็งอยู่ในพิสัยค่อนข้างสูง โดยเฉพาะที่ระดับความลึกประมาณ 20-40 เซนติเมตร ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการแทงหัวของมันสำปะหลังให้ไปในทิศทางที่ขนานกับพื้นมากกว่าการแทงลงในแนวดิ่งได้

4.1.4 ค่าร้อยละของเม็ดดินเสถียรน้ำ

ผลการศึกษา พบว่า การไถระเบิดดานส่งผลต่อค่าร้อยละของเม็ดดินเสถียรน้ำที่ระดับความลึก 30-40 เซนติเมตร ให้มีความแตกต่างทางสถิติ (ภาพที่ 23)

การไถระเบิดดานมีแนวโน้มให้ค่าร้อยละของเม็ดดินเสถียรน้ำสูงกว่าการไม่มีการไถระเบิดดานในทุกระดับความลึก ยกเว้นที่ผิวดิน (0-10 เซนติเมตร) โดยมีค่าร้อยละของเม็ดดินเสถียรน้ำอยู่ในพิสัยร้อยละ 38.9-53.4 และ 40.7-47.6 ตามลำดับ (ภาพที่ 23)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



The different letters in graph are significantly different at P<0.01.

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อร้อยละของเม็ดดินที่เสถียรน้ำ (ภาพที่ 23) โดยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 38.0-51.2 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามความลึก โดยการใส่มูลไก่มีแนวโน้มให้ค่าร้อยละของเม็ดดินเสถียรน้ำสูงที่สุด (ร้อยละ 41.6-50.2) รองลงมาได้แก่การใส่ยิปซัม การใส่หินฝุ่นและการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินตามลำดับ โดยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 38.0-51.2, 38.9-50.0 และ 40.7-53.4 ตามลำดับ

เช่นเดียวกันกับอิทธิพลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินที่ไม่มีผลต่อร้อยละของเม็ดดินเสถียรน้ำ (ภาพที่ 23) โดยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 33.9-60.0 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก โดยการใส่มูลไก่ทั้งที่มีการไถหรือไม่ไถระเบิดดาน มีแนวโน้มให้ร้อยละเม็ดดินเสถียรน้ำสูงที่สุด ทั้งนี้อาจจะเป็นผลเนื่องจากมูลไก่เป็นแหล่งของอินทรียวัตถุ ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้เม็ดดินมีความคงทนเพิ่มมากขึ้น (Havlin *et al.*, 1999)

4.2 สมบัติทางเคมีของดิน

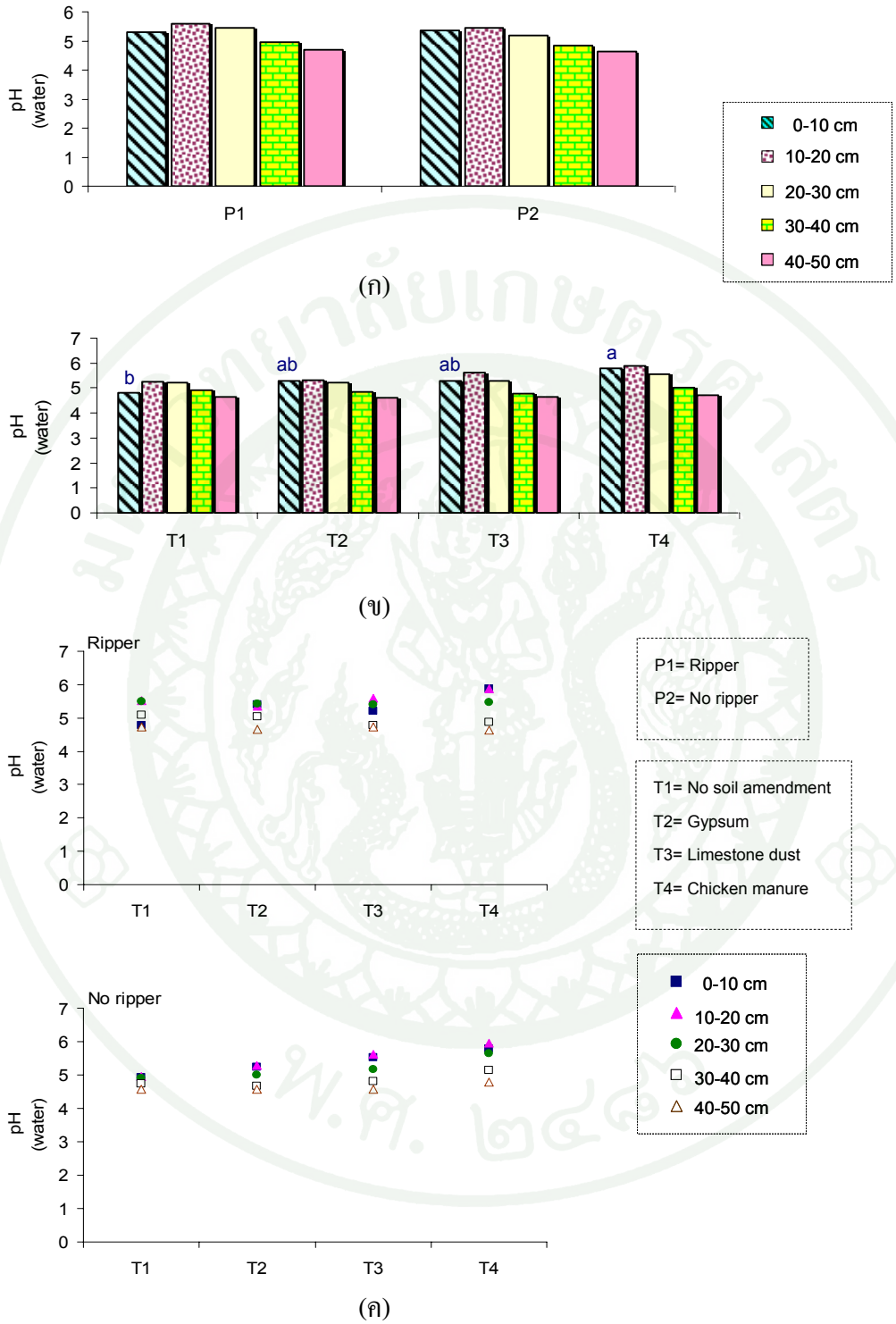
4.2.1 พีเอช

การไถระเบิดดาน และอิทธิพลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อค่าพีเอชดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ ตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร แต่ชนิดของวัสดุปรับปรุงดินส่งผลให้พีเอชดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 24)

อย่างไรก็ตามการไถระเบิดดานมีแนวโน้มให้ค่าพีเอชดินสูงกว่าการไม่ไถระเบิดดาน โดยมีค่าพีเอชอยู่ในพิสัย 4.7-5.6 และ 4.6-5.4 ของดินภายใต้การไถระเบิดดาน และไม่ไถระเบิดดาน ตามลำดับ (ภาพที่ 24) และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก

การใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ส่งผลให้พีเอชดินมีค่าอยู่ในพิสัย 4.6-5.9 และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก อย่างไรก็ตามอิทธิพลของวัสดุปรับปรุงดินจะส่งผลชัดเจนที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร เท่านั้น โดยการใส่มูลไก่ การใส่ยิปซัมและการใส่หินฝุ่นส่งผลให้พีเอชดินไม่แตกต่างกัน และการใส่มูลไก่มีแนวโน้มให้ค่าพีเอชสูงที่สุด (pH 5.8) การไม่ใส่วัสดุ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



The different letters in graph are significantly different at P<0.01.

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรับปรุงดิน จะให้ค่าพีเอชดินต่ำที่สุด (pH 4.8) ทั้งนี้น่าจะเป็นผลมาจากมูลไก่มีพีเอชค่อนข้างสูง และใส่ในอัตราสูงกว่าวัสดุปรับปรุงดินอีกสองชนิด อย่างไรก็ตามหินฝุ่นจัดเป็นปูนประเภทหนึ่งซึ่งสามารถยกระดับพีเอชของดินได้เช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามค่าพีเอชที่เพิ่มขึ้นมีค่าไม่มากนักทั้งนี้น่าจะเป็นผลมาจากตัวดินเองที่มีเนื้อดินค่อนข้างหยาบและมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ จึงส่งผลให้แคตไอออนที่เป็นเบสถูกชะละลายออกไปจากหน้าตัดดินได้ง่าย (Von Uexkull, 1986; Brady and Weil, 2008)

อิทธิพลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อพีเอชดินโดยมีค่าอยู่ในพิสัย 4.6-5.9 และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก การไถระเบิดดานร่วมกับการใส่มูลไก่มีแนวโน้มให้ค่าพีเอชสูงที่สุดมีค่าอยู่ในพิสัย 4.6-5.9 (ภาพที่ 24)

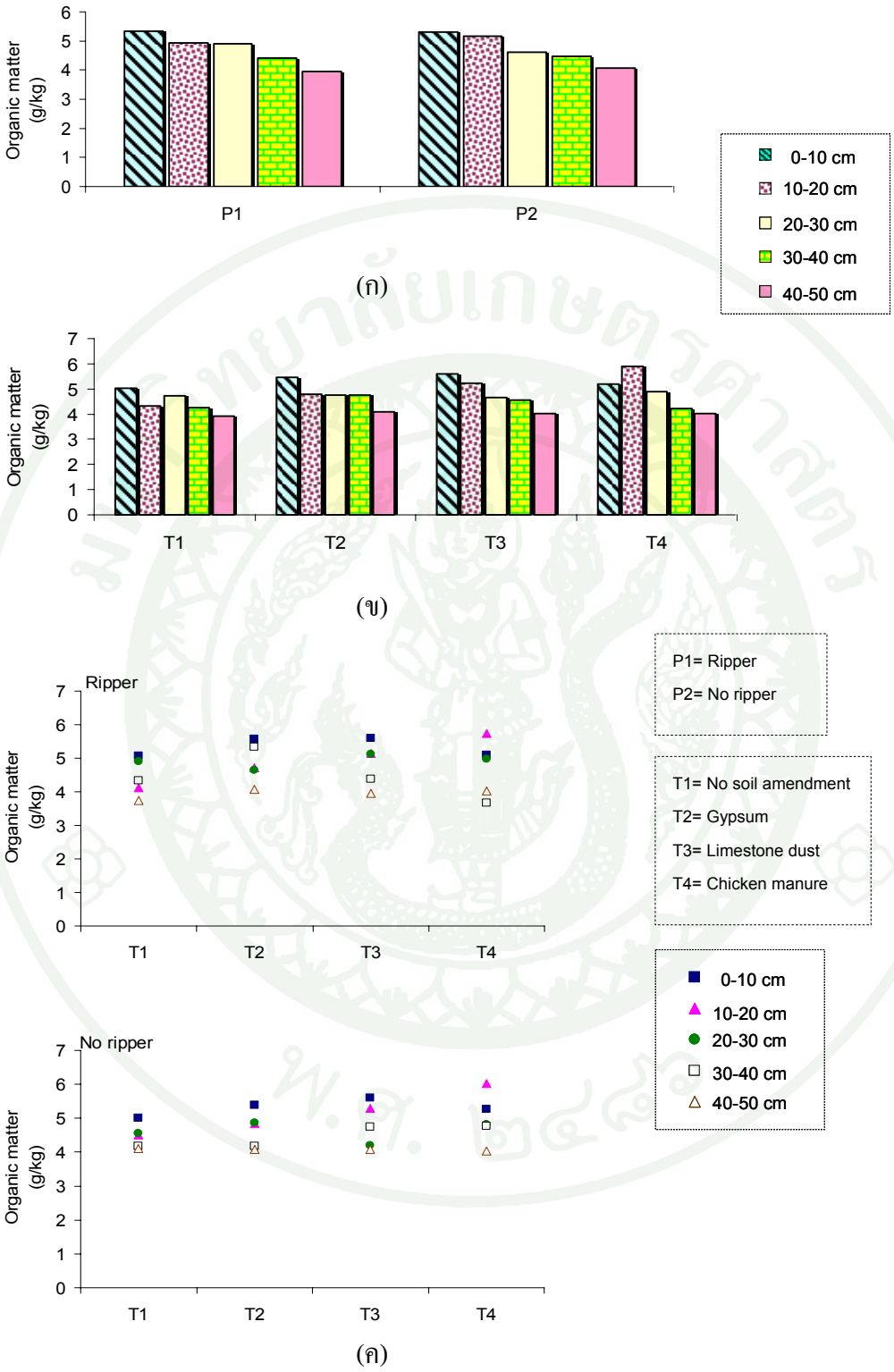
4.2.2 ปริมาณอินทรียวัตถุ

ผลการศึกษา พบว่า การไถระเบิดดาน ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน และอิทธิพลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อปริมาณอินทรียวัตถุของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ ตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร (ภาพที่ 25)

การไถระเบิดดานมีแนวโน้มให้ปริมาณอินทรียวัตถุของดินต่ำกว่าการไม่มีการไถระเบิดดาน โดยมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในพิสัย 3.95-5.33 และ 4.07-5.32 กรัมต่อกิโลกรัม ของดินภายใต้การไถระเบิดดาน และไม่ไถระเบิดดานตามลำดับ

การใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ส่งผลให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในพิสัย 3.93-5.89 กรัมต่อกิโลกรัม และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก โดยการใส่มูลไก่จะส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุดมีค่าอยู่ในพิสัย 4.03-5.89 รองลงมาได้แก่ การใส่หินฝุ่น การใส่ยิปซัม และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ตามลำดับ โดยมีค่าในพิสัย 4.02-5.60, 3.93-5.04 และ 4.08-5.47 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เนื่องจากมูลไก่มีปริมาณอินทรียวัตถุในระดับสูงมาก (ตารางผนวกที่ 1) เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุปรับปรุงดินอีก 2 ชนิด จึงช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้แก่ดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อิทธิพลร่วมระหว่างการไม่ไถระเบิดดานร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน ส่งผลให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในพิสัย 4.04-6.02 กรัมต่อกิโลกรัม และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก โดยการใส่มูลไก่ร่วมกับการไม่ไถระเบิดดานจะส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุดมีค่าอยู่ในพิสัย 4.04-6.02 กรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 25)

4.2.3 ปริมาณไนโตรเจนรวม

ผลการศึกษา พบว่า การไถระเบิดดาน ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน และอิทธิพลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนรวมของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ (ภาพที่ 26)

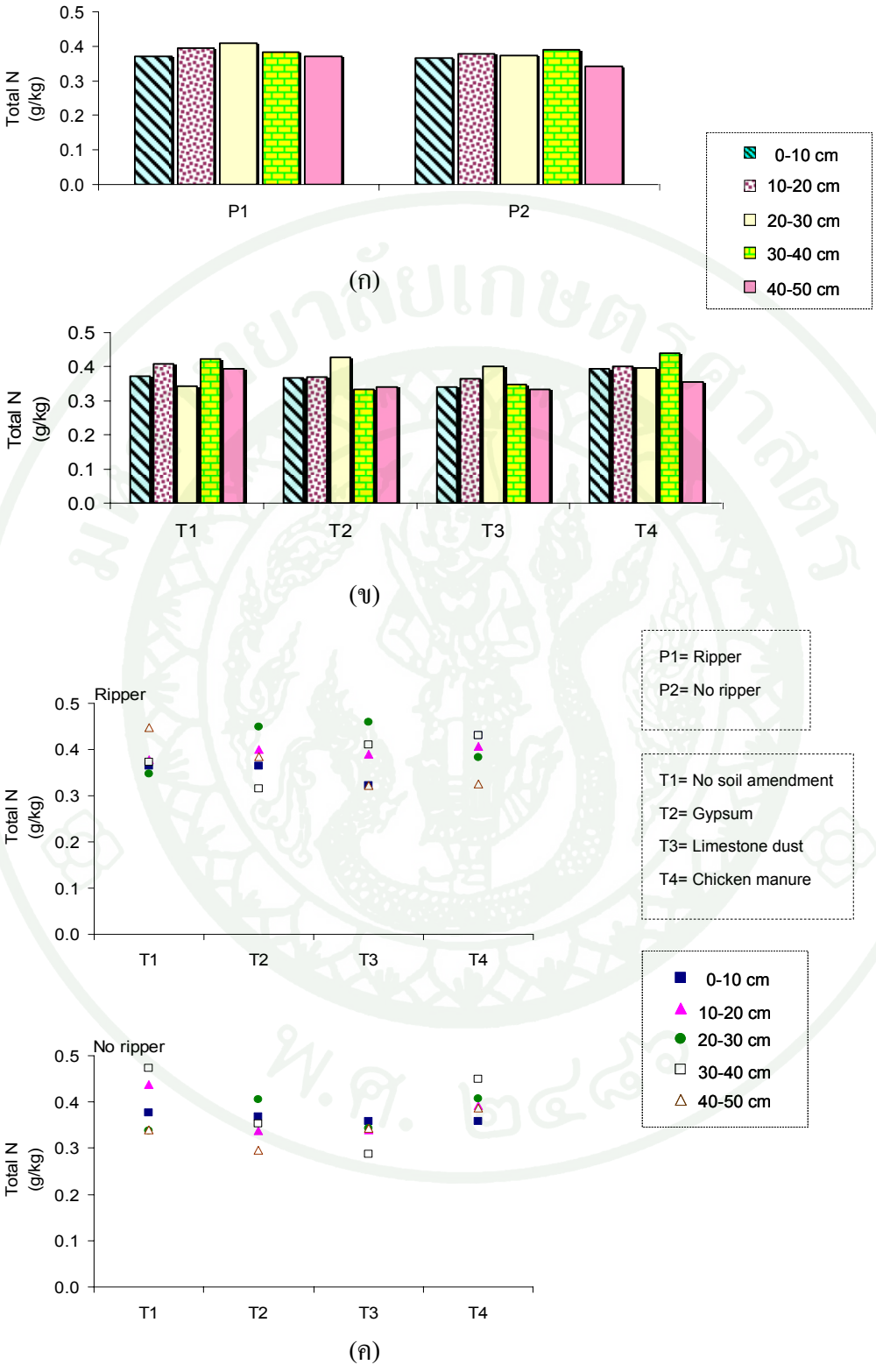
ปริมาณไนโตรเจนรวมของดินภายใต้การไถระเบิดดานและไม่ไถระเบิดดานมีปริมาณใกล้เคียงกันและอยู่ในระดับต่ำมาก โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.37-0.41 และ 0.34-0.39 กรัมต่อกิโลกรัม สำหรับการไถและไม่ไถระเบิดดานตามลำดับ (ภาพที่ 26)

การใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ส่งผลให้ดินมีปริมาณไนโตรเจนรวมของดินอยู่ในพิสัย 0.33-0.44 กรัมต่อกิโลกรัม และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก โดยการใส่มูลไก่มีแนวโน้มปริมาณไนโตรเจนรวมของดินสูงที่สุด (0.36-0.44 กรัมต่อกิโลกรัม) รองลงมาได้แก่การไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน การใส่ยิปซัม และหินฝุ่น ตามลำดับ ทั้งนี้มูลไก่มีปริมาณไนโตรเจนสูงถึงร้อยละ 4.69 และมีปริมาณอินทรียวัตถุสูง (ตารางผนวกที่ 1) เมื่อสลายตัวจึงมีแนวโน้มที่จะปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาได้มากที่สุด

อิทธิพลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน ปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ในพิสัย 0.32-0.46 กรัมต่อกิโลกรัม และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก โดยการใส่มูลไก่ร่วมกับการไถระเบิดดานมีแนวโน้มให้ปริมาณไนโตรเจนรวมสูงที่สุดมีค่าอยู่ในพิสัย 0.33-0.43 กรัมต่อกิโลกรัม

แต่อย่างไรก็ตามไนโตรเจนส่วนใหญ่จะเกิดการสูญหายได้ง่าย โดยเฉพาะจากกระบวนการชะละลาย ประกอบกับลักษณะโดยทั่วไปของเขตร้อนจะส่งเสริมให้อินทรียวัตถุสลายตัวอย่างรวดเร็ว จึงส่งผลให้ไนโตรเจนหลงเหลืออยู่ในดินต่ำ (Okamoto and Okada, 2007)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2.4 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

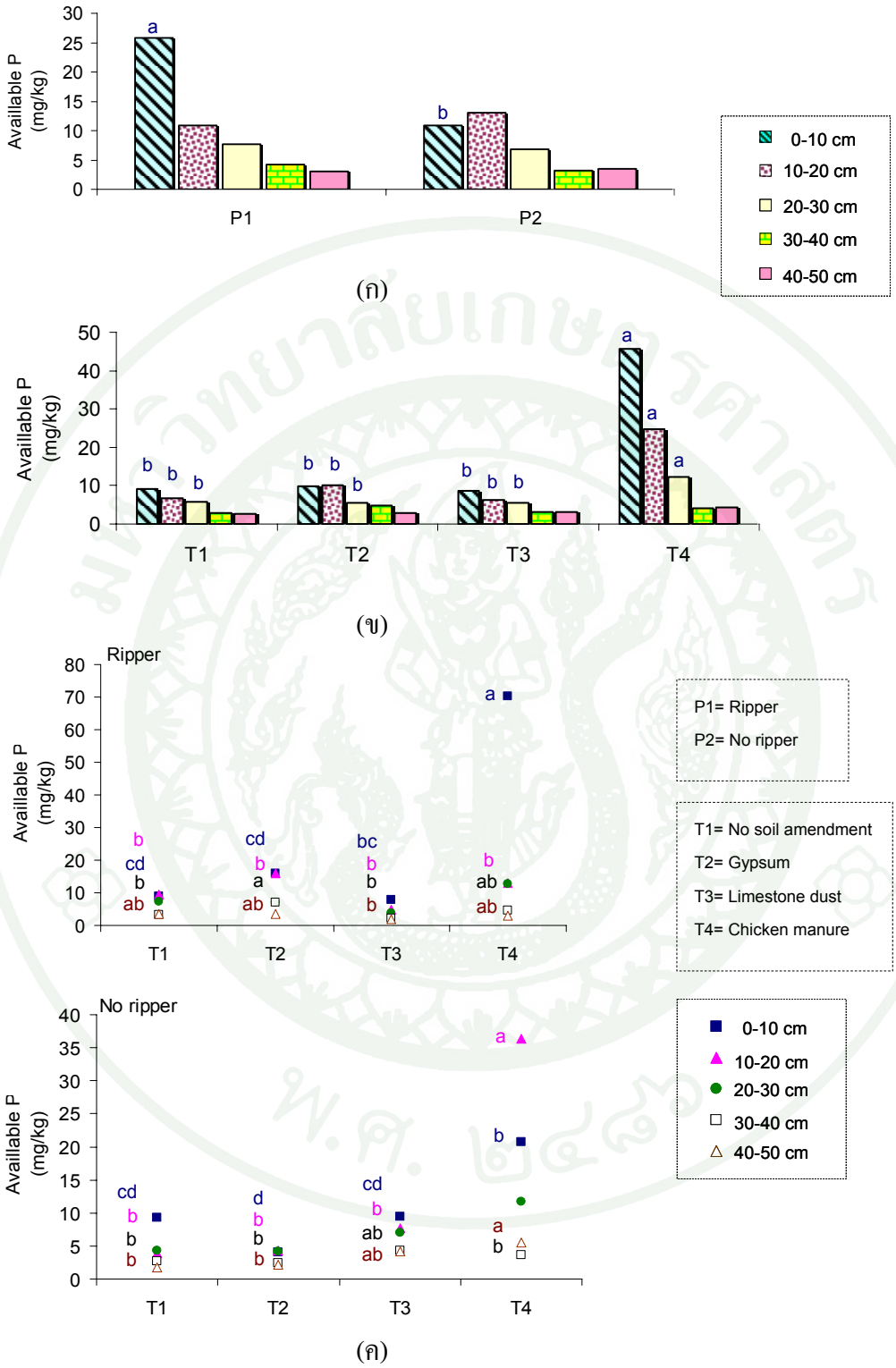
การไถระเบิดดานให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร สูงกว่าการไม่ไถระเบิดดานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 25.8 และ 10.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ในทางตรงกันข้ามที่ระดับความลึกอื่น ๆ กลับพบว่า การไถระเบิดดานมีแนวโน้มให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่าการไม่ไถระเบิดดาน โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 3.0-10.8 และ 3.4-13.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 27)

ชนิดของวัสดุปรับปรุงดินส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่มูลไก่ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงที่สุดทั้งสามระดับความลึกเท่ากับ 45.6, 24.7 และ 12.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ในขณะที่การใส่ยิปซัม การใส่หินฝุ่น และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน จะให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่าและมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในพิสัย (6.5-7.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งมูลไก่ที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดร้อยละ 0.76 และมีปริมาณอินทรียวัตถุทั้งหมดสูงถึงร้อยละ 41 (ตารางผนวกที่ 1) แสดงให้เห็นว่า ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะได้มาจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์จากอินทรีย์ฟอสเฟตให้อยู่ในรูปอนินทรีย์ฟอสเฟต ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ (Glendinning, 2000)

สำหรับอิทธิพลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในทุกระดับความลึก ยกเว้นที่ระดับความลึก 20-30 เซนติเมตร โดยการใส่มูลไก่ทั้งในกรณีของการไถระเบิดดาน และไม่ไถระเบิดดินดานมีแนวโน้มให้มีการสะสมฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงที่สุด รองลงมาได้แก่ การใส่ยิปซัม การใส่หินฝุ่น และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน

ทั้งนี้อาจเนื่องจากแคลเซียมที่ได้มาจากหินฝุ่นและยิปซัมอาจจะช่วยลดบทบาทของเหล็กและอะลูมินัมในดิน จึงช่วยลดการตรึงฟอสฟอรัสในรูปของเหล็กฟอสเฟต หรือ อะลูมินัมฟอสเฟตลง แต่อาจทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของแคลเซียมฟอสเฟตแทน แต่อย่างไรก็ตามสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟตจะละลายน้ำได้ง่ายกว่าสารประกอบเหล็กฟอสเฟต หรือ อะลูมินัมฟอสเฟต (Glendinning, 2000)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



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

ภาพที่ 27 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2.5 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์

ผลการศึกษา พบว่า การไถระเบิดดาน ส่งผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการไถระเบิดดานส่งผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงที่สุดเท่ากับ 112, 80 และ 65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระดับความลึก 0-10, 10-20 และ 20-30 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 28)

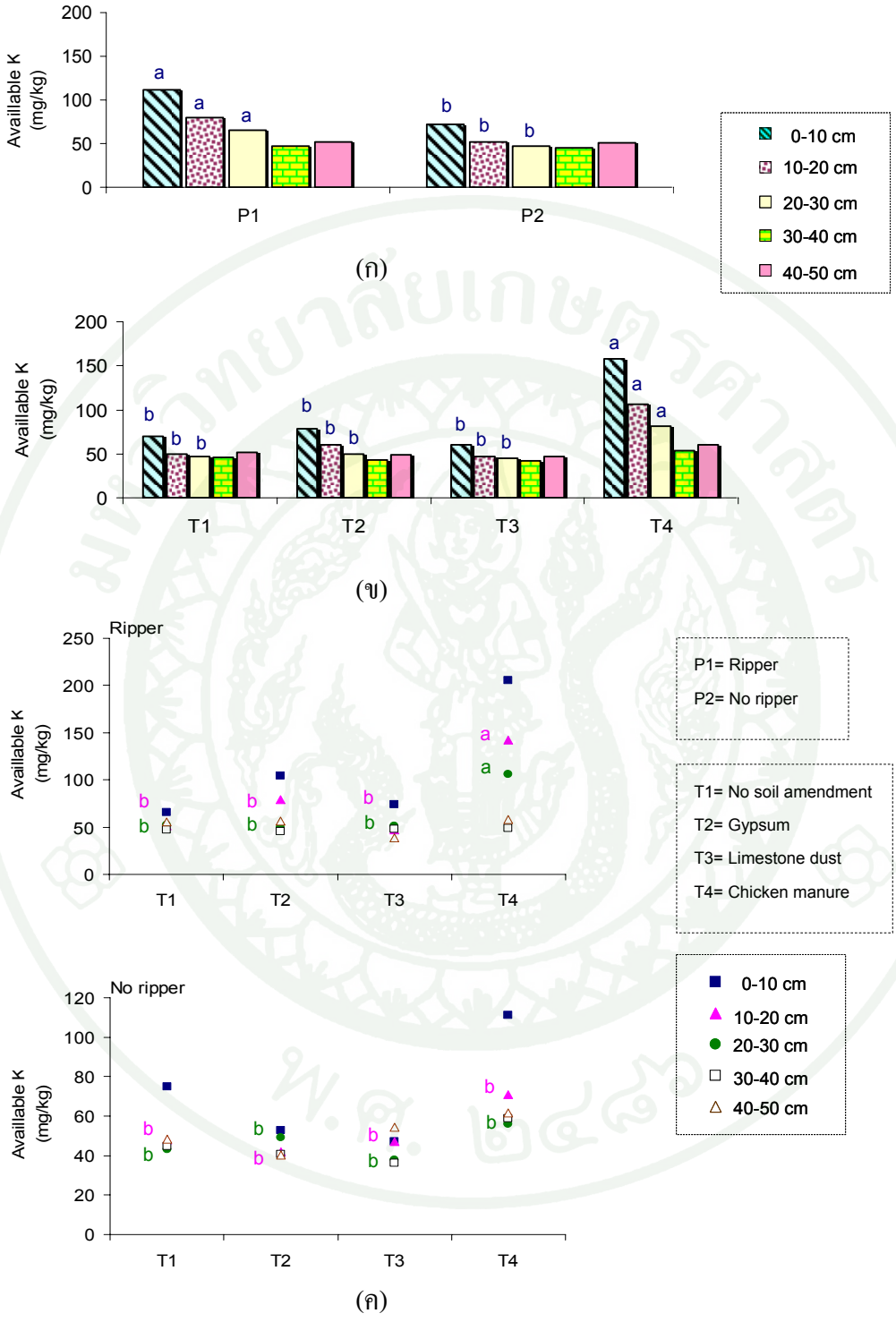
ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน ส่งผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ระดับความลึก 0-10, 10-20 และ 20-30 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่มูลไก่ส่งผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินที่สามระดับความลึกสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 158, 106 และ 81 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่ใส่ยิปซัม การใส่หินฝุ่น และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน จะให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างกัน และต่ำกว่าในกรณีของการใส่มูลไก่ โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 50-78, 45-60 และ 48-70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 28) เนื่องจากในมูลไก่นั้นมีประจุลบอยู่มากซึ่งมีความสามารถในการดูดซับแคตไอออนได้ดีกว่าแอนไอออน เมื่อใส่ลงไปในดินจึงช่วยในการดูดซับโพแทสเซียมไอออนไว้ ทำให้เกิดสูญหายจากอิทธิพลของการชะละลายลดน้อยลง ขณะที่ยิปซัมและหินฝุ่นนั้นมีแคลเซียม และแมกนีเซียมซึ่งมีอำนาจในการไล่ที่ จึงเข้าไปแทนที่โพแทสเซียม ทำให้โพแทสเซียมไอออนไปอยู่ในสารละลายดิน ซึ่งง่ายต่อการสูญหายโดยการชะลายของน้ำ (Mengel and Kirby, 1987)

อิทธิพลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 39-205 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก โดยการใส่มูลไก่ร่วมกับการไถระเบิดดานมีแนวโน้มให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงที่สุด

4.2.6 ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้

ผลการศึกษา พบว่า การไถระเบิดดาน ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน และอิทธิพลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ ตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร (ภาพที่ 29)

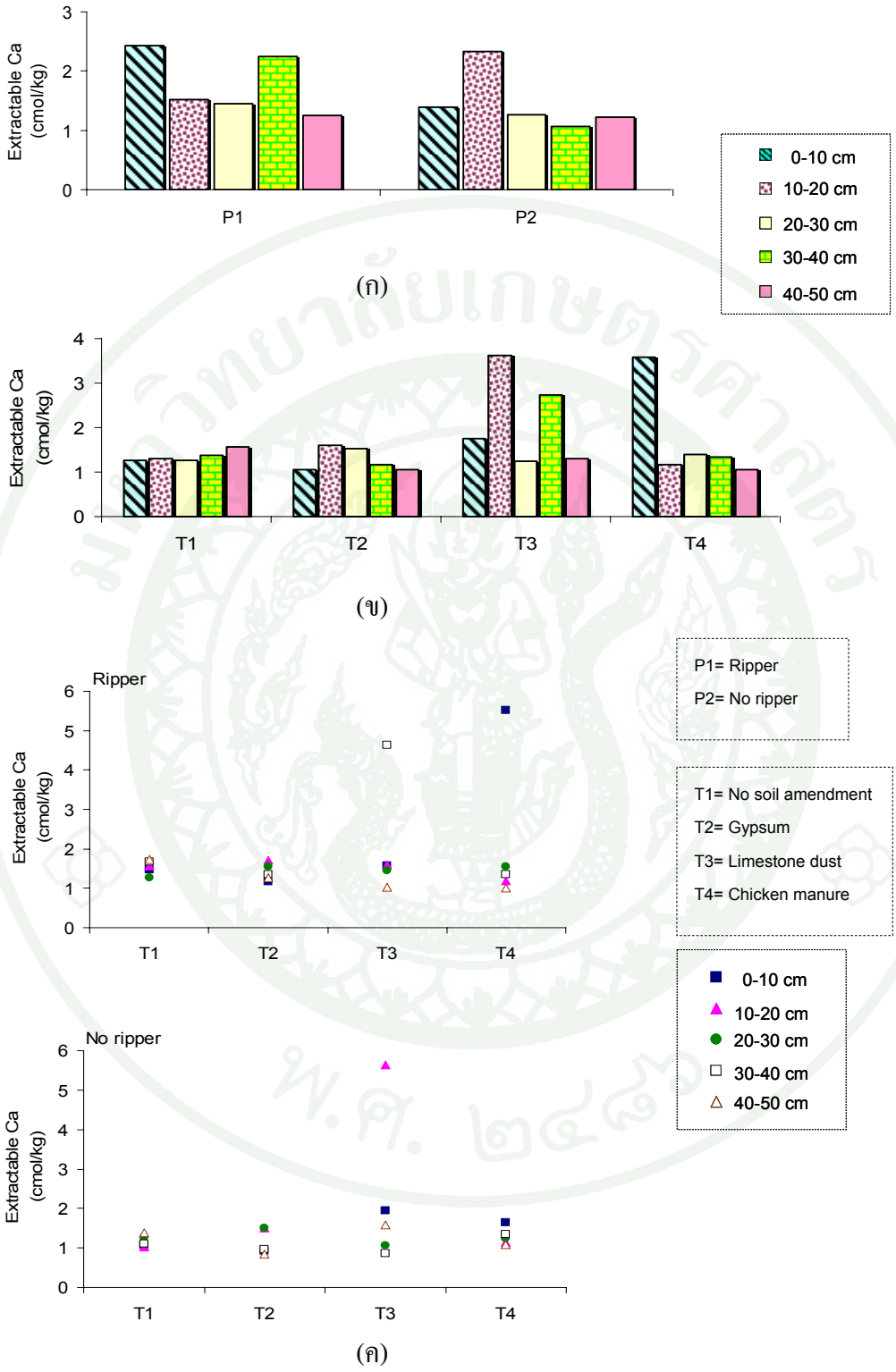
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



The different letters in graph are significantly different at P<0.05 for the case of soil amendment effect and 0.01 for the interaction effect.

ภาพที่ 28 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 29 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ของดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การไถระเบิดดานมีแนวโน้มให้ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในดินสูงกว่าการไม่มีการไถระเบิดดาน โดยมีปริมาณแคลเซียมในดินอยู่ในพิสัย 1.26-2.43 และ 1.07-1.40 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

การใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ส่งผลให้ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้มีค่าอยู่ในพิสัย 1.05-3.62 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก โดยการใส่หินฝุ่นมีแนวโน้มให้ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้สูงที่สุดมีค่าอยู่ในพิสัย 1.25-3.62 เซนติโมลต่อกิโลกรัม รองลงมาได้แก่ การใส่มูลไก่ (1.05-3.58 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) การใส่ยิปซัม (1.05-1.61 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน (1.27-1.56 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ตามลำดับ

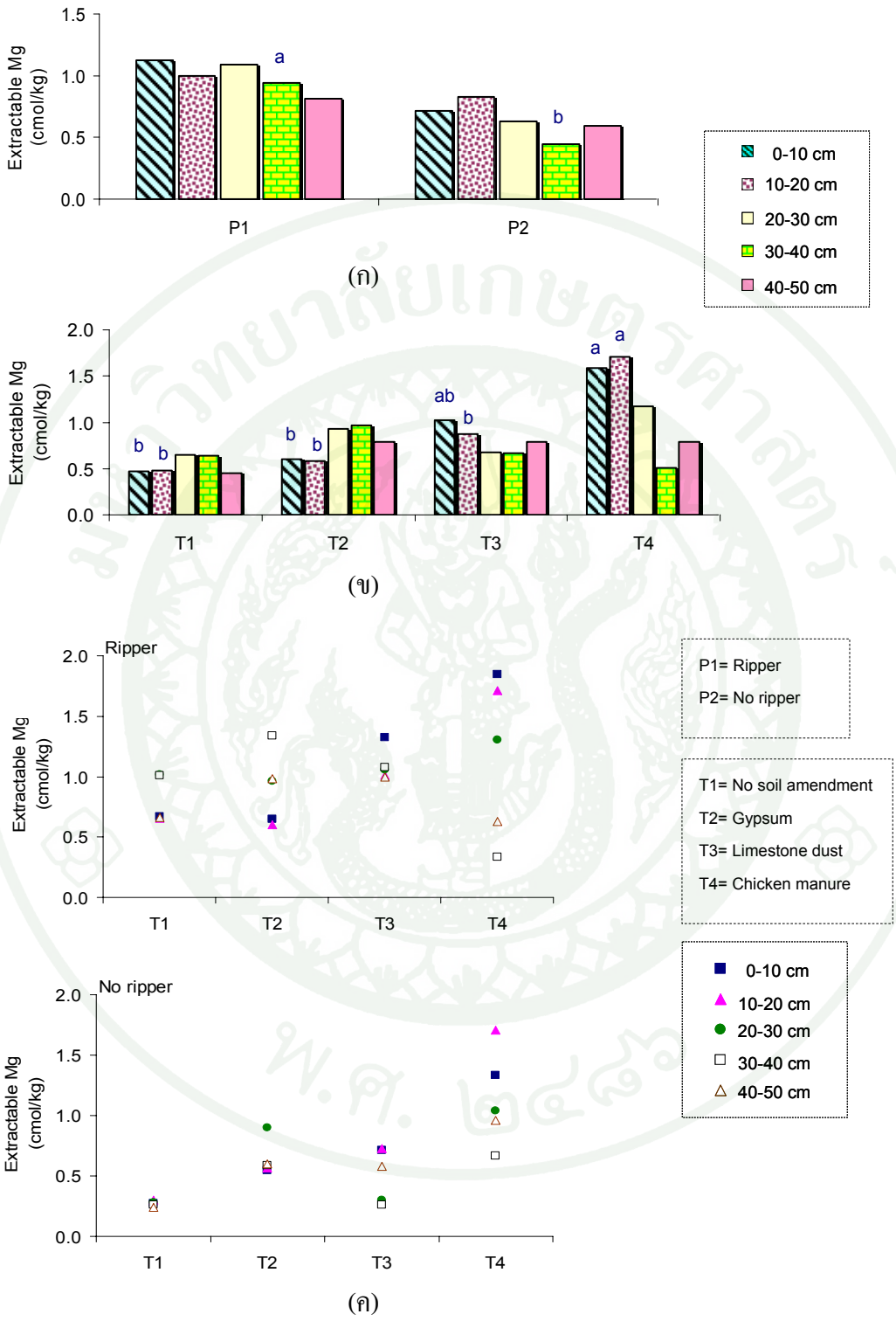
อิทธิพลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินให้ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ของดินมีค่าอยู่ในพิสัย 1.01-5.52 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก โดยการใส่หินฝุ่นร่วมกับการไม่ไถระเบิดดานมีแนวโน้มให้ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้สูงที่สุด (1.06-5.64 เซนติโมลต่อกิโลกรัม)

4.2.7 ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้

ผลการศึกษา พบว่า การไถระเบิดดานและชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน มีผลต่อปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดิน แต่อิทธิพลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดิน (ภาพที่ 30)

การไถระเบิดดานส่งผลให้ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดินสูงกว่าการไม่ไถระเบิดดานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความลึก 30-40 เซนติเมตร โดยมีค่าเท่ากับ 0.94 และ 0.44 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับที่ระดับความลึกอื่น ๆ การไถระเบิดดานมีแนวโน้มให้ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้สูงกว่าการไม่ไถระเบิดดานโดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.82-1.12 และ 0.58-0.74 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



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

ภาพที่ 30 ผลของการไถระเบิดดาน (ก) ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน (ข) และ การไถระเบิดดานร่วมกับการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (ค) ต่อปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ของดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ส่งผลให้ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตรมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่มูลไก่ให้ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดินสูงที่สุด (1.71 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) แต่ที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร การใส่มูลไก่จะให้ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ไม่แตกต่างจากการใส่หินฝุ่น (1.59 และ 1.02 เซนติโมลต่อกิโลกรัมตามลำดับ) สำหรับการใส่ยิปซัม และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินให้ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดินไม่แตกต่างกันและมีปริมาณต่ำที่สุด โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.58-0.60 และ 0.47-0.48 เซนติโมลต่อกิโลกรัมตามลำดับ

อย่างไรก็ตามอิทธิพลร่วมระหว่างการไถระเบิดดานร่วมกับชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน ไม่มีผลต่อปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.34-1.85 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก โดยการไถระเบิดดานร่วมกับการใส่มูลไก่มีแนวโน้มให้ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดินสูงที่สุดมีค่าอยู่ในพิสัย 0.34-1.85 เซนติโมลต่อกิโลกรัม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ดินตัวแทนในพื้นที่ทดลองจำแนกในระดับกลุ่มดินย่อยได้เป็น Typic Paleustult พบอยู่บนพื้นที่ราบที่ถูกกร่อน ลักษณะผิวหน้าแบบลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชันร้อยละ 3 พบชั้นดานไถพรวนที่ระดับความลึก 20-70 จากผิวดิน ดินมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายถึงร่วนเหนียวปนทราย เป็นกรดจัดมากถึงกรดรุนแรงมาก โดยภาพรวมมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

การไถระเบิดดานส่งผลให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด น้ำหนักเหนือดินทั้งหมด และอัตราการรอดตายสูงกว่าการไม่ไถระเบิดดาน ชนิดของวัสดุปรับปรุงดินมีผลต่อน้ำหนักเหนือดินทั้งหมด (เหง้า ลำต้น กิ่งก้านและใบ) โดยการใส่มูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักเหนือดินทั้งหมดสูงที่สุด และมีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงที่สุด รองลงมาได้แก่การใส่หินฝุ่น ยิปซัม และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินตามลำดับ แต่การไถระเบิดดานร่วมกับการใส่มูลไก่มีผลให้การสะสมแป้งในหัวสดต่ำที่สุด (ร้อยละ 21.7)

การไถระเบิดดาน ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน และปฏิสัมพันธ์ระหว่างการไถระเบิดดานและชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อจำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น และจำนวนต้นต่อพื้นที่ อย่างไรก็ตาม การแทงหัวของมันสำปะหลังในทุกวิธีการจัดการดินมีลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยมีทิศทางขนานมากกว่าที่จะแทงลงไปในแนวดิ่ง เช่นเดียวกันกับปริมาณการสะสมธาตุอาหารในใบที่ไม่มีความแตกต่างกัน ยกเว้นแมงกานีส แต่อย่างไรก็ตามในทุกตำรับการทดลอง ปริมาณการสะสมธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอาหารในใบอยู่ในระดับที่ไม่พอเพียง ยกเว้นแมงกานีสที่มีปริมาณมากจนอยู่ในระดับที่เป็นพิษ การใส่มูลไก่ทั้งในกรณีที่ใส่ร่วมกับการไถหรือไม่มีการไถระเบิดดาน จะส่งผลให้มีปริมาณการสะสมแมงกานีสในใบต่ำที่สุด และมีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวมันสดสูงที่สุด

การไถระเบิดดานและชนิดของวัสดุปรับปรุงดินมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินที่ระดับความลึกไม่เกิน 30 เซนติเมตร ยกเว้นปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การไถระเบิดดานส่งผลให้สภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำเร็วกว่า และร้อยละของเม็ดดินเสถียรสูงกว่าการไม่ไถระเบิดดาน และการใส่หินฝุ่นมีผลทำให้สภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำมีค่าสูงที่สุด และปฏิสัมพันธ์ระหว่างการไถระเบิดดานและชนิดของวัสดุปรับปรุงดินจะส่งผลต่อสภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำที่ผิวดินเท่านั้น

การไถระเบิดดานมีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ และแมกนีเซียมที่สกัดได้แตกต่างจากการไม่ไถระเบิดดาน การใส่มูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ จะส่งผลให้พีเอชดิน ปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงกว่าการใส่ยิปซัม หินฝุ่น และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน เช่นเดียวกันกับการไถระเบิดดานร่วมกับการใส่มูลไก่จะมีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สะสมในดินสูงที่สุด

การไถระเบิดดาน ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน และปฏิสัมพันธ์ระหว่างการไถระเบิดดานและชนิดของวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อความหนาแน่นรวมของดิน ความแข็งของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนรวม และปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้

การไถระเบิดดานด้วยเครื่องมือชนิดที่ใช้ในการศึกษานี้ ช่วยเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังได้ในระดับหนึ่ง แต่ยังไม่สามารถแก้ไขปัญหาชั้นดานไถพรวนในดินนี้ได้โดยสมบูรณ์ เนื่องจากผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพแสดงให้เห็นว่าดินยังคงมีการอัดตัวแน่นอยู่ แต่อย่างไรก็ตาม การใส่มูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ถึงแม้ว่าจะไม่มีความชัดเจนนักในการปรับปรุงโครงสร้างดิน แต่ก็จะช่วยเพิ่มธาตุอาหารพืชในดิน และลดความเป็นกรด ซึ่งในกรณีหลังมีความเป็นไปได้ว่า มีผลทำให้พืชลดการสะสมแมงกานีสในใบ ดังนั้น จึงส่งผลให้มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อพิจารณาจากผลผลิตหัวมันสด ส่วนในกรณีของการใส่หินฝุ่นอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่มีแนวโน้มว่าจะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงโครงสร้างของดินได้ดีกว่าวัสดุปรับปรุงดินอีกสองชนิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาพบว่าปัญหาชั้นดานไถพรวนยังคงเป็นปัญหาหลักที่สำคัญสำหรับการปลูกมันสำปะหลังในดินที่ทำการศึกษา โดยชั้นดานดังกล่าวจะจำกัดการแทงหัวของมันสำปะหลัง การดูดใช้ธาตุอาหารและน้ำ เนื่องจากรากจะอยู่เหนือชั้นดาน และขัดขวางไม่ให้น้ำด้านล่างซึมขึ้นมา ทำให้มันสำปะหลังขาดน้ำได้ง่าย นอกจากนี้อาจทำให้เกิดชั้นน้ำใต้ดินชั่วคราวขึ้นในฤดูฝน ส่งผลให้หัวมันสำปะหลังเน่า ปัญหาเหล่านี้มีผลทำให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดที่ได้ต่ำ หัวมันมีขนาดเล็กและคอด

ดังนั้น การไถระเบิดดานอาจจะต้องดำเนินการซ้ำในขณะที่ดินแห้งมาก ๆ หรืออาจใช้ไถสิ่ว (chisel) ซึ่งมีจำนวนซี่ไถมากกว่าไถระเบิดดาน (ripper) แต่กำลังของรถไถที่ใช้จะมากกว่ารถไถที่ติดตั้งด้วยไถระเบิดดาน เพื่อที่จะทำลายชั้นดานดังกล่าวโดยสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามชั้นดินเหล่านี้สามารถกลับมาอัดตัวแน่นเหมือนเดิมได้อีกหลังจากการไถระเบิดดานเพียง 2-3 ปี ดังที่เคยมีรายงานมาก่อนหน้านี้

หินฝุ่นมีแนวโน้มที่จะใช้ในการแก้ไขชั้นดานไถพรวนได้ดีกว่ายิปซัมและมูลไก่แต่ไม่ช่วยส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตหัวมันสด การศึกษาการใช้หินฝุ่นในอัตราที่สูงขึ้นอาจมีความจำเป็นต้องดำเนินการเพื่อดูว่าจะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิตหรือไม่ อย่างไรก็ตามควรพิจารณาถึงพีเอชดินเป็นสำคัญ เนื่องจากหินฝุ่นเป็นปูนประเภทหนึ่งที่สามารถยกระดับพีเอชของดินได้ การใช้ในอัตราที่สูงอาจทำให้พีเอชดินเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วส่งผลให้เกิดสภาพเกินปูนได้โดยเฉพาะในกรณีของดินเนื้อหยาบ เช่น ดินทราย และในกรณีของดินที่มีพีเอชสูงถึงระดับเป็นกลางหรือด่างไม่แนะนำให้ใช้ เนื่องจากจะทำให้เกิดปัญหาความไม่สมดุลของธาตุอาหารในดิน

นอกจากนี้การไถกลบวัสดุปรับปรุงดินเหล่านี้ให้ลึกกว่าปกติโดยการใช้ผาลหัวหมูหลังจากการทำลายชั้นดานโดยสมบรูณ์แล้ว น่าจะช่วยป้องกันการอัดแน่นของชั้นดินล่างได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

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

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. **โครงการปลูกหญ้าแฝกเฉลิมพระเกียรติ ปี 2548-2550.** สำนักวิจัยพัฒนาการจัดการที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2551. **การจัดการดินและระบบการปลูกมันสำปะหลัง.** แหล่งที่มา: www.ldd.go.th/new_hp/vichakarn/manual/cassava/p3.html, 20 มกราคม 2553

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

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2552. **รายงานสภาวะอากาศ-นครราชสีมา.** แหล่งที่มา: http://www.tmd.go.th/province.php?id=20, 23 ธันวาคม 2552.

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

จรุงสิทธิ์ ลิ่มศิลา และ อัจฉรา ลิ่มศิลา. 2547. ประวัติและความสำคัญ, น. 1-3. *ใน* **เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง ลำดับที่ 7/2547.** สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

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

ชุมพล วรรธนสาร และ ดำรงค์ บัวประดับกุล. 2533. **รายงานการสำรวจวิเคราะห์การใช้ที่ดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.** กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดำริ ถาวรมาศ และ สุทิน คล้ายมนต์. 2541. **การใช้ปุ๋ยอินทรีย์กับพืชไร่เศรษฐกิจ.** กลุ่มงานวิจัยความสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยพืชไร่, กองปฐพีวิทยา, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทย. 2550. **ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง-การส่งออกขยายตัวต่อเนื่อง.** แหล่งข้อมูล: เว็บไซต์สำนักข่าวเนชั่น (Th) ธนาคารนครหลวงไทยข้อมูลเพิ่มเติมราคาขายมันสำปะหลัง, 28 กันยายน 2550.

นัทธมน อภัยรี. 2552. **การเปรียบเทียบรูปแบบการไถพรวนต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินและผลผลิตมันสำปะหลัง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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

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

ประสาท เกศวพิทักษ์. 2538. **ศักยภาพและอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมกับพืชไร่ในดินร่วนปนทราย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. ศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเกษตรกรรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักปลัดกระทรวง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, ขอนแก่น.

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

ปิยะ ดวงพัตรา. 2546. ดินและปุ๋ยมันสำปะหลัง, น. 6-32. *ใน* **เอกสารประกอบการฝึกอบรมเพื่อสร้างวิทยากรมันสำปะหลังในท้องถิ่น**, วันที่ 30 เมษายน-4 พฤษภาคม 2546. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปิยะวุฒิ พูลสงวน, วิจารณ์ วิชชุกิจ, เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์, เอ็จ สโรบล, จำลอง เจียมจำนรรจา, ปิยะ ดวงพัตรา และ วัชรี เลิศมงคล. 2542. **เทคนิคในการเพิ่มผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลัง.** เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ ฉบับที่ 4. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย. 2552ก. **รายงานคณะสำรวจภาวะการผลิตและการค้ามันสำปะหลัง ปี 2552/2553**. แหล่งที่มา: http://www.tapiocathai.org/L1.html, 10 กันยายน 2552.

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

_____. 2551. **มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง60.** แหล่งที่มา: http://www.tapiocathai.org/k3.html, 23 สิงหาคม 2551.

วิโรจน์ อิ่มพิทักษ์. 2531. **การจัดการดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วัฒนะ วัฒนานนท์, เสาวรี ตังสกุล, สมพงษ์ กาทอง, สมเจตน์ จันทวัฒน์, นพศูล สมุทรทอง และไรน์ฮาร์ด เฮาเลอร์. 2549. ผลของการเตรียมดินด้วยวิธีต่าง ๆ ต่อชนิดมันสำปะหลัง 4 พันธุ์ในประเทศไทย. **วารสารวิชาการเกษตร** 24(1): 2-19.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. **มันสำปะหลังโรงงาน.** แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=4380, 22 กันยายน 2552

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. **สถิติการเกษตรประเทศไทย.** แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/oae_report/stat_agr, 10กันยายน 2552.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุดประสงค์ สุวรรณเลิศ และ ปิยะ ดวงพัตรา. 2540. การปลูกมันสำปะหลังเชิงอนุรักษ์, น. 10-11. *ใน* **เอกสารประกอบการจัดนิทรรศการมันสำปะหลังและการแปรรูปผลิตภัณฑ์, โครงการเผยแพร่และขยายผลงานวิจัยเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมครั้งที่ 1**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สิริมาน บัวแดง. 2543. **การปฏิบัติอนุรักษ์ดินสำหรับปลูกมันสำปะหลังโดยเสียค่าใช้จ่ายน้อยบนชุดดินมาบบอน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมพงษ์ กาทอง และ อนุชิต ทองกล่ำ. 2547. การปลูกและการดูแลรักษา, น. 15-17. *ใน* **เอกสารวิชาการ มันสำปะหลัง ลำดับที่ 7/2547.** สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

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

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

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

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

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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(3): 32-37.

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

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.

Alexander, J. and M.C. Lodha. 1992. **Study on the Promotion of Vegetative Soil Moisture Conservation Technologies and Adaptive Research in World Bank Assisted Watershed Development Projects in India.** Paper Presented at Vertiter Field Workshop, Kuala Lumper, Malaysia.

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

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

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

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

Busscher, W.J., J.M. Novak and T.C. Caeser-TonThat. 2007. Organic matter and polyacrylamide amendment of Norfolk loamy sand. **Soil Till. Res.** 93 171-178.

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.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1996. **Cassava Program Annual Report 1995**. CIAT, Cali, Colombia.

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.

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

Deng, X., J. Wang, W. Zhu, D. Chen and L. Liu. 1999. **Effects of Frost Action on Soil Physical Properties of Plough Pan.** Chinese Science Bulletin Vol. 44, No. 5. March 1999.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

Greenfield, J.C. 1992. **Innovation in Agriculture.** Paper Presented at Vetiver Field Workshop, Kuala Lumper, Malaysia.

Glendinning, J.S. 2000. Soil acidity, alkalinity and salinity, pp. 15-17. *In*: **Australian Soil Fertility Manual**. CSIRO publishing, Collingwood.

Hardter, R. 1995. Available Soil Potassium. pp. 55-65. *In*: **Soil Data for Sustainable Land Use**: **A Training Workshop for Asia.** IBSRAM Technical Notes no. 15. Bangkok.

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

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.

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.

Howeler, R.H. 1981. **Mineral Nutrition and Fertilization of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz).** Centro Internacional Agric. Tropical (CIAT) 09 EC-4.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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.

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

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

Johnson, G.V., W.R. Raun, H. Zhang, and J.A. Hattey. 2000. **Oklahoma Soil Fertility Handbook**. 5th ed. Oklahoma Coop. Extension Service, Oklahoma State University, Stillwater, OK.

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.

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

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.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

McDaniel, P.A., M.P. Regan, E. Brooks, J. Boll, S. Barndt, A. Falen, S.K. Young, and J.E. Hammel. 2008. Linking fragipans, perched water tables, and catchment-scale hydrological processes. **Catena** 73: 166-173

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

Mitsuchi, M, et. al. 1986. **Outline of Soils of the Northeast Plateau. Thailand: There Characteristics and Constraints.** Technical Paper No. 1. ADRC. Khon Kaen. Thailand.

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.

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 may*s 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.

Materechera, S.A. and T.S. Mkhabela. 2002. The effectiveness of lime, chicken manure and leaf litter ash in ameliorating acidity in a soil previously under black wattle (*Acacia mearnsii*) plantation. **Bioresource Tech.** 85: 9–16.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

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

Oka, M., J. Limsila, S. Sarakarn, S. Sinthuprama and C. Tiratporn. 1987. **Ecophysiology Studies on Cassava in Thailand**. Tropical Agriculture Research Center, Ministry of Agriculture Forestry and Fisheries. Japan and Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Co-operatives, Thailand.

Okamoto, M. and K. Okada. 2007. Available organic nitrogen in temperate, subtropical, and tropical soils extracted with different solutions. **Biol Fertil Soils** 44: 533–537

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. 1965. Exchange acidity, pp. 905-913. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis**, **Part II**: **Chemical and Microbiological Properties.** Monograph No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.

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.

Rojanaridpiced, C., V. Vichukit, E. Sarobol and P. Changlek. 2002. **Breeding and Dissemination of New Cassava Varieties in Thailand**. Paper Presented at the 7th Regional Cassava Workshop, held in Bangkok, Thailand, Oct. 28- Nov. 1, 2002.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Spoor, G. 2000. Compaction characteristics of swelling clay subsoils, pp. 427-434. *In*: R. Horn, J.J.H. van der Akker and J. Arvidsson, eds. **Subsoil Compaction Distribution, Processes and Consequences.** Advances in Geo Ecology No. 32.

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. 1999. **Soil Taxonomy**: **A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys**. 2nd ed. USDA, U.S. Government Printing Office, Washington, DC

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

Stevenson, F.J. 1986. **Cycles of Soil: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients.** John Willey and Sons. New york.

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

Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity, pp. 475-490. *In* J.M. Bigham, ed. **Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods.** Soil Science Society of America Book Series No. 5. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI.

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.

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.

Walkley, A. and C.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff Method for determining soil organic matter: a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Sci.** 37: 29-35.

Wargiono, J., B. Guritno and K. Rendroatmodjo. 1992. Recent progress in cassava agronomy research in Indonesia, pp.185-198. *In* R.H. Howeler, ed. **Cassava Breeding, Agronomy and Utilization Research in Asia.** Proc. 3rd Regional Workshop, Oct 22-27, 1990, Malang, Indonesia.

Wortmann, C. S. and P. J. Jasa. 2003. **Management to Minimize and Reduce Soil Compaction.** UNL Extension publication available online at http://extension.unl.edu/publications.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

Soil profile description

I. Information on the site

Profile symbol : Pedon 1
Classification : Typic Paleustult
Date of examination : April 10, 2009
Described by : Irb Kheoruenromne, Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Orapin Kliaklom, Sumritre Riyaphan, Pattra Prasertsombut, Ruchanee Khumdet, Sirintra Trasarika
Location : Approximately 100 m East of Sikhiew-Dan Khunthod, Ban Kudmuang, Tambon Takian, Amphoe Dan Khunthod, Changwat Nakorn Ratchasima
Elevation : 245 m (MSL)
Map sheet number : Coordination : 47 793630^{E}, 1676161^{N}

Landform
1. Physiographic position : Residual plain (Corrosion plain)
2. Surrounding land form : Undulating
3. Slope on which profile site : 3% Aspect : 300 Azi

Land use : Cassava field
Annual rainfall : Approximately 1,200 mm/Y
Mean temperature : Approximately 27 ^{o} C
Climate : Tropical savanna
Others : Agricultural and settlement

II. General information on the soil

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

III. Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap	0-20	Yellowish red (5YR 4/6); loamy sand; moderate weak fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, non sticky and non plastic; few very fine, common fine vesicular pores; many very fine and fine roots; few variegated sands; very strongly acid (field pH 5.0); clear, smooth boundary to Bt1.
Bt1	20-41	Red (2.5YR 4/8); sandy loam; moderately medium and coarse subangular blocky structure; hard dry, slightly friable moist, non sticky and slightly plastic; few clay bridges among sand grains; few very fine, fine vesicular pores; common very fine and fine roots; few variegated sands; very strongly acid (field pH 4.5); gradual, smooth boundary to Bt2.
Bt2	41-69	Red (2.5YR 4/6); sandy loam; moderately fine and medium subangular blocky structure; hard dry, slightly friable moist, slightly sticky and moderately plastic; few faint clay coats on ped faces and clay bridges among sand grains; very few very fine, common fine

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

		vesicular pores; common very fine and fine roots; few variegated sands; very strongly acid (field pH 4.0); clear, smooth boundary to Bt3.
Bt3	69-95	Red (2.5YR 4/6); sandy clay loam; moderately fine and medium subangular blocky structure; hard dry, slightly friable moist, slightly sticky and moderately plastic; few faint clay coats on pore walls and few clay bridges among sand grains; few very fine, common fine vesicular and few fine tubular pores; few very fine and fine roots; few variegated sands; very strongly acid (field pH 4.0); clear, smooth boundary to Bt4.
Bt4	95-120	Red (2.5YR 4/6); sandy clay loam; moderately fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly friable moist, slightly sticky and moderately plastic; very few faint clay coats on pore walls and few clay bridges among sand grains; common very fine and fine vesicular and very few fine simple tubular pores; few very fine and fine roots; few variegated sands; very strongly acid (field pH 4.0); gradual, smooth boundary to Bt5.
Bt5	120-142	Red (2.5YR 4/6); sandy clay loam; moderately fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly friable moist, slightly sticky and moderately plastic; very few faint clay coats on pore walls and few clay bridges among sand grains; common very fine and fine vesicular and very few fine simple tubular pores; very few very fine and fine roots; few variegated sands, some patchy areas of strong clay balls and distinct clay coats; very strongly acid (field pH 4.4); clear, smooth boundary to Bt6.
Bt6	142-171	Red (2.5YR 4/6); sandy clay loam; moderately fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly friable moist, slightly sticky and moderately plastic; very few faint clay coats on pore walls and few clay bridges among sand grains; common very fine and fine vesicular and very few fine simple tubular pores; practically no roots; few variegated sands, some patchy areas of strong clay balls and distinct clay coats; very strongly acid (field pH 4.3); gradual, smooth boundary to Bt7.
Bt7	171-200^{+}	Red (2.5YR 4/6); sandy clay loam; moderately fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly friable moist, slightly sticky and moderately plastic; very few faint clay coats on pore walls and few clay bridges among sand grains; common very fine and fine vesicular and very few fine simple tubular pores; practically no roots; few variegated sands; very strongly acid (field pH 4.2).

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของวัสดุปรับปรุงดิน

Properties	Gypsum	Limestone dust	Chicken manure
pH	nd	nd	7
EC (dS/m)	nd	nd	1.5
OM (%)	nd	nd	40.60
CEC (cmol/kg)	nd	nd	65.08
Total N (%)	nd	nd	4.69
Total P (%)	nd	nd	0.76
Total K (%)	nd	nd	1.76
Total Ca (%)	25.3	35.9	2.62
Total Mg (%)	nd	2.64	0.32
Total Na (%)	nd	nd	1.14
Total S (%)	18.0	nd	nd
Total Fe (mg/kg)	nd	nd	250
Total Zn (mg/kg)	nd	nd	470
Total Cu (mg/kg)	nd	nd	4.0
Total Mn (mg/kg)	nd	nd	470

หมายเหตุ nd = not determined

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 สมบัติทางกายภาพของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลองมันสำปะหลัง

Depth	Horizon	Particle size distribution			Textural class	Bulk density	Hydraulic conductivity
		sand	silt	clay			
(cm)		(---------- -g/kg----------)				(Mg/m^3)	(cm/h)
0-20	Ap1	736	113	150	Sandy loam	1.68	1.54
20-41	Bt1	678	131	191	Sandy loam	1.80	0.24
41-69	Bt2	662	137	199	Sandy loam	1.70	0.34
69-95	Bt3	651	115	233	Sandy clay loam	1.57	1.54
95-120	Bt4	647	136	217	Sandy clay loam	1.57	2.26
120-142	Bt5	680	124	196	Sandy loam	1.60	2.37
142-171	Bt6	699	89	212	Sandy clay loam	1.61	1.54
171-200	Bt7	658	112	229	Sandy clay loam	1.61	1.19

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 สมบัติทางเคมีของดินตัวแทนพื้นที่แปลงทดลองมันสำปะหลัง

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----)		(----mg/kg----)		(----------cmol$_c$/kg----------)								(%)
0-20	Ap	5.0	3.8	4.29	0.28	10.4	70.6	0.64	0.23	0.18	0.24	1.29	6.0	7.3	2.4	17.7
20-41	Bt1	4.2	3.4	3.26	0.07	2.5	90.8	0.46	0.12	0.23	0.32	1.13	9.0	10.1	3.4	11.2
41-69	Bt2	4.0	3.3	2.57	0.21	2.5	21.1	0.50	0.13	0.05	0.15	0.84	7.0	7.8	3.3	10.7
69-95	Bt3	4.0	3.3	2.75	0.14	2.5	17.8	0.40	0.11	0.05	0.36	0.94	10.0	10.9	3.4	8.6
95-120	Bt4	4.0	3.2	2.57	0.21	2.5	16.7	0.40	0.09	0.04	0.13	0.65	9.0	9.6	3.1	6.8
120-142	Bt5	4.4	3.2	1.89	0.11	1.8	14.3	0.25	0.08	0.04	0.10	0.47	9.0	9.5	3.1	5.0
142-171	Bt6	4.3	3.2	1.54	0.14	1.4	15.5	0.42	0.08	0.04	0.11	0.66	9.0	9.6	3.0	6.9
171-200$^+$	Bt7	4.2	3.2	0.86	0.21	1.4	17.9	0.21	0.26	0.05	0.11	0.64	6.0	6.6	2.6	9.7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง น้ำหนักส่วนเหนือดิน และร้อยละแป้งในหัวมันสด

Treatment	Tuber weight	Rhizome weight	Stem weight	Leaf and branch weight	Above ground biomass weight	Starch
	(t/rai)	(----------kg/rai ----------)			(t/rai)	(%)
P1	2.92 a	452	920	380	4.67 a	24.7
P2	2.58 b	429	782	292	4.09 b	25.9
F-test	*	ns	ns	ns	**	ns
T1	2.57	429 b	678 b	157 b	3.83 b	26.3
T2	2.66	379 b	709 b	143 b	3.90 b	25.3
T3	2.67	383 b	663 b	149 b	3.87 b	25.7
T4	3.10	570 a	1,355 a	894 a	5.92 a	24.1
F-test	ns	**	**	**	**	ns
P1T1	2.74	444	713	165	4.06	26.6 a
P1T2	3.02	393	786	159	4.35	26.1 a
P1T3	2.76	394	706	159	4.01	24.5 a
P1T4	3.17	578	1,478	1,036	6.26	21.7 b
P2T1	2.39	415	645	148	3.60	26.0 a
P2T2	2.31	367	632	128	3.44	24.6 a
P2T3	2.59	373	621	140	3.73	26.8 a
P2T4	3.03	563	1,234	751	5.58	26.4 a
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	**

หมายเหตุ *, ** 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

ตารางผนวกที่ 5 ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อจำนวนลำ จำนวนหัวมันสำปะหลัง และอัตราการรอดตาย

Treatment	Stem	Tuber	Survivor rate
	(----------number/plant ----------)		(%)
P1	2,651	12	89.1 a
P2	2,407	13	82.8 b
F-test	ns	ns	*
T1	2,528	12	87.8
T2	2,355	13	88.8
T3	2,552	12	85.3
T4	2,682	12	82.0
F-test	ns	ns	ns
P1T1	2,665	12	89.8
P1T2	2,521	12	92.8
P1T3	2,702	12	90.3
P1T4	2,717	12	83.5
P2T1	2,391	12	85.8
P2T2	2,189	13	84.8
P2T3	2,402	13	80.3
P2T4	2,647	12	80.5
F-test	ns	ns	ns

หมายเหตุ *, ** 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

ตารางผนวกที่ 6 ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณการสะสมธาตุอาหารหลักในใบมันสำปะหลัง

Treatment	Concentration in leaf (%)		
	Nitrogen	Phosphorus	Potassium
P1	2.08	0.02	0.46
P2	2.45	0.03	0.52
F-test	ns	ns	ns
T1	1.94	0.03	0.48
T2	2.65	0.03	0.56
T3	2.25	0.02	0.41
T4	2.23	0.02	0.52
F-test	ns	ns	ns
P1T1	1.73	0.02	0.38
P1T2	2.43	0.03	0.53
P1T3	1.88	0.02	0.38
P1T4	2.30	0.03	0.54
P2T1	2.15	0.03	0.58
P2T2	2.88	0.03	0.58
P2T3	2.63	0.02	0.44
P2T4	2.15	0.02	0.50
F-test	ns	ns	ns

หมายเหตุ *, ** 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

ตารางผนวกที่ 7 ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณการสะสมธาตุอาหารรองในใบมันสำปะหลัง

Treatment	Concentration in leaf (%)	
	Calcium	Magnesium
P1	0.24	0.18
P2	0.30	0.21
F-test	ns	ns
T1	0.27	0.20
T2	0.31	0.22
T3	0.26	0.18
T4	0.24	0.18
F-test	ns	ns
P1T1	0.21	0.17
P1T2	0.29	0.20
P1T3	0.22	0.17
P1T4	0.26	0.18
P2T1	0.325	0.23
P2T2	0.328	0.24
P2T3	0.30	0.19
P2T4	0.23	0.18
F-test	ns	ns

หมายเหตุ *, ** 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

ตารางผนวกที่ 8 ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณการสะสมจุลธาตุอาหารในใบมันสำปะหลัง

Treatment	Concentration in leaf (mg/kg)			
	Iron	Zinc	Copper	Manganese
P1	85.0	43.0	35.0	715
P2	88.0	24.0	6.0	786
F-test	ns	ns	ns	ns
T1	82.0	37.8	26.1	780 a
T2	83.0	43.3	34.4	857 a
T3	90.6	21.1	4.4	760 a
T4	91.0	30.7	15.4	604 b
F-test	ns	ns	ns	**
P1T1	85.3	53.8	47.0	751 ab
P1T2	78.3	61.3	61.8	808 a
P1T3	91.3	18.5	4.0	647 bc
P1T4	85.5	37.7	25.3	653 bc
P2T1	78.8	21.8	5.3	809 a
P2T2	87.8	25.3	7.0	906 a
P2T3	90.0	23.8	4.8	872 a
P2T4	96.5	23.7	5.5	554 c
F-test	ns	ns	ns	*

หมายเหตุ *, ** 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

ตารางผนวกที่ 9 ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อความหนาแน่นรวมของดินที่ 5 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร

Treatment	Bulk density (Mg/m^3)				
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm	40-50 cm
P1	1.49	1.55	1.65	1.77	1.69
P2	1.50	1.59	1.68	1.72	1.72
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
T1	1.51	1.58	1.66	1.69	1.68
T2	1.50	1.59	1.71	1.76	1.69
T3	1.50	1.54	1.60	1.76	1.72
T4	1.47	1.57	1.70	1.78	1.75
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
P1T1	1.53	1.59	1.65	1.77	1.71
P1T2	1.47	1.49	1.68	1.74	1.60
P1T3	1.51	1.58	1.57	1.76	1.72
P1T4	1.44	1.55	1.73	1.84	1.74
P2T1	1.49	1.58	1.68	1.62	1.65
P2T2	1.53	1.69	1.75	1.78	1.77
P2T3	1.49	1.50	1.63	1.76	1.71
P2T4	1.50	1.58	1.68	1.73	1.76
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ *, ** 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

ตารางผนวกที่ 10 ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อค่าสภาพนำน้ำของดิน ขณะอิ่มตัวที่ 5 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร

Treatment	Hydraulic conductivity (cm/h)				
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm	40-50 cm
P1	18	18	25	29 a	25
P2	15	22	18	16 b	17
F-test	ns	ns	ns	*	ns
T1	14	29	15 b	33	23
T2	17	18	16 b	18	18
T3	16	12	37 a	21	23
T4	19	19	18 b	19	21
F-test	ns	ns	*	ns	ns
P1T1	17 ab	18	16	48	26
P1T2	22 a	18	19	25	18
P1T3	16 ab	15	46	27	31
P1T4	15 ab	22	18	16	27
P2T1	10 b	41	14	17	21
P2T2	12 b	18	13	11	19
P2T3	16 ab	10	28	15	15
P2T4	23 a	17	18	22	14
F-test	*	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ *, ** 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

ตารางผนวกที่ 11 ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อค่าความแข็งของดินที่ 5 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร

Treatment	Soil strength (kg/cm^2)				
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm	40-50 cm
P1	1.43	1.14	3.26	3.55	2.11
P2	0.85	1.31	2.49	2.52	1.60
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
T1	1.22	1.61	2.21	3.08	1.89
T2	1.03	1.50	3.00	2.25	1.42
T3	1.61	0.88	3.45	3.04	1.52
T4	0.70	0.92	2.84	3.78	2.58
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
P1T1	1.23	0.86	2.69	4.13	2.27
P1T2	1.22	1.68	3.29	2.45	1.65
P1T3	2.42	1.29	3.68	3.66	1.86
P1T4	0.84	0.73	3.37	3.96	2.64
P2T1	1.21	2.35	1.72	2.04	1.50
P2T2	0.84	1.33	2.71	2.04	1.19
P2T3	0.80	0.47	3.21	2.42	1.18
P2T4	0.55	1.10	2.31	3.60	2.52
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ *, ** 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

ตารางผนวกที่ 12 ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อร้อยละของเม็ดดินเสถียรน้ำที่ 5 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร

Treatment	Stability water aggregate (%)				
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm	40-50 cm
P1	38.9	46.9	46.8	48.6 a	53.4
P2	40.7	44.7	43.7	41.6 b	47.6
F-test	ns	ns	ns	**	ns
T1	40.7	43.5	44.5	42.0	53.4
T2	38.0	43.5	45.9	45.6	51.2
T3	38.9	45.9	43.7	44.9	50.0
T4	41.6	50.2	46.9	48.1	47.3
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
P1T1	41.8	46.0	46.6	48.9	60.0
P1T2	38.9	42.2	47.0	44.9	49.1
P1T3	33.9	49.8	46.2	49.4	55.4
P1T4	41.0	49.7	47.4	51.2	49.2
P2T1	39.6	41.1	42.5	35.0	46.9
P2T2	37.0	44.8	44.8	46.3	53.3
P2T3	43.9	42.0	41.2	40.4	44.7
P2T4	42.1	50.8	46.5	44.9	45.5
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ *, ** 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

ตารางผนวกที่ 13 ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อพีเอชดินที่ 5 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร

Treatment	pH				
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm	40-50 cm
P1	5.3	5.6	5.5	4.9	4.7
P2	5.4	5.4	5.2	4.8	4.6
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
T1	4.8 b	5.2	5.2	4.9	4.7
T2	5.3 ab	5.3	5.2	4.8	4.6
T3	5.3 ab	5.6	5.3	4.8	4.7
T4	5.8 a	5.9	5.6	5.0	4.7
F-test	**	ns	ns	ns	ns
P1T1	4.8	5.5	5.5	5.1	4.7
P1T2	5.4	5.3	5.4	5.0	4.7
P1T3	5.2	5.6	5.4	4.8	4.7
P1T4	5.9	5.9	5.5	4.9	4.6
P2T1	4.9	4.9	4.9	4.7	4.6
P2T2	5.3	5.3	5.0	4.7	4.6
P2T3	5.5	5.6	5.2	4.8	4.6
P2T4	5.8	5.9	5.6	5.1	4.8
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ *, ** 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

ตารางผนวกที่ 14 ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณอินทรียวัตถุที่ 5 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร

Treatment	Organic matter (g/kg)				
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm	40-50 cm
P1	5.33	4.94	4.91	4.43	3.95
P2	5.32	5.16	4.61	4.47	4.07
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
T1	5.04	4.31	4.73	4.25	3.93
T2	5.47	4.78	4.75	4.75	4.08
T3	5.60	5.21	4.66	4.57	4.02
T4	5.18	5.89	4.90	4.22	4.03
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
P1T1	5.06	4.12	4.90	4.32	3.75
P1T2	5.56	4.72	4.64	5.33	4.08
P1T3	5.59	5.15	5.12	4.39	3.96
P1T4	5.10	5.75	4.98	3.67	4.03
P2T1	5.02	4.51	4.55	4.19	4.10
P2T2	5.38	4.83	4.87	4.18	4.08
P2T3	5.61	5.28	4.21	4.75	4.07
P2T4	5.27	6.02	4.81	4.77	4.04
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ *, ** 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

ตารางผนวกที่ 15 ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณไนโตรเจนรวม ที่ 5 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร

Treatment	Total nitrogen (g/kg)				
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm	40-50 cm
P1	0.37	0.39	0.41	0.38	0.37
P2	0.37	0.38	0.37	0.39	0.34
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
T1	0.37	0.41	0.34	0.42	0.39
T2	0.37	0.37	0.43	0.33	0.34
T3	0.34	0.37	0.40	0.35	0.33
T4	0.39	0.40	0.40	0.44	0.36
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
P1T1	0.37	0.38	0.35	0.37	0.45
P1T2	0.37	0.40	0.45	0.32	0.39
P1T3	0.32	0.39	0.46	0.41	0.32
P1T4	0.43	0.41	0.38	0.43	0.33
P2T1	0.38	0.44	0.34	0.47	0.34
P2T2	0.37	0.34	0.41	0.35	0.30
P2T3	0.36	0.34	0.34	0.29	0.34
P2T4	0.36	0.39	0.41	0.45	0.39
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ *, ** 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

ตารางผนวกที่ 16 ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ 5 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร

Treatment	Available phosphorus (mg/kg)				
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm	40-50 cm
P1	25.75 a	10.81	7.68	4.26	3.04
P2	10.89 b	13.09	6.80	3.25	3.42
F-test	**	ns	ns	ns	ns
T1	9.10 b	6.65 b	5.77 b	2.97	2.71
T2	9.95 b	10.10 b	5.59 b	4.73	2.90
T3	8.64 b	6.33 b	5.41 b	3.24	3.10
T4	45.58 a	24.73 a	12.20 a	4.08	4.22
F-test	**	*	*	ns	ns
P1T1	8.92 cd	9.33 b	7.24	3.26 b	3.64 ab
P1T2	15.86 cd	15.92 b	6.97	7.06 a	3.64 ab
P1T3	7.81 bc	4.96 b	3.79	2.21 b	2.02 b
P1T4	70.40 a	13.04 b	12.70	4.51 ab	2.88 ab
P2T1	9.27 cd	3.96 b	4.29	2.69 b	1.78 b
P2T2	4.04 d	4.28 b	4.20	2.39 b	2.15 b
P2T3	9.47 cd	7.71 b	7.03	4.27 ab	4.19 ab
P2T4	20.76 b	36.41 a	11.70	3.64 b	5.56 a
F-test	**	*	ns	*	*

หมายเหตุ *, ** 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

ตารางผนวกที่ 17 ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ 5 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร

Treatment	Available potassium (mg/kg)				
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm	40-50 cm
P1	112 a	80 a	65 a	47	52
P2	72 b	52 b	47 b	45	51
F-test	**	**	**	ns	ns
T1	70 b	50 b	47 b	46	52
T2	78 b	60 b	50 b	43	48
T3	60 b	47 b	45 b	42	47
T4	158 a	106 a	81 a	54	60
F-test	**	**	**	ns	ns
P1T1	66	51 b	52 b	47	56
P1T2	104	79 b	50 b	46	56
P1T3	74	47 b	51 b	48	39
P1T4	205	142 a	106 a	49	58
P2T1	75	48 b	43 b	45	48
P2T2	53	42 b	49 b	41	40
P2T3	47	47 b	38 b	36	54
P2T4	111	71 b	56 b	59	62
F-test	ns	*	**	ns	ns

หมายเหตุ *, ** 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

ตารางผนวกที่ 18 ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ที่ 5 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร

Treatment	Extractable calcium (cmol/kg)				
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm	40-50 cm
P1	2.43	1.52	1.45	2.25	1.26
P2	1.40	2.33	1.27	1.07	1.23
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
T1	1.27	1.30	1.27	1.38	1.56
T2	1.05	1.61	1.52	1.16	1.06
T3	1.76	3.62	1.25	2.75	1.31
T4	3.58	1.16	1.40	1.35	1.05
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
P1T1	1.47	1.58	1.26	1.67	1.73
P1T2	1.17	1.72	1.55	1.36	1.26
P1T3	1.57	1.60	1.44	4.63	1.03
P1T4	5.52	1.18	1.54	1.36	1.01
P2T1	1.07	1.02	1.27	1.10	1.39
P2T2	0.93	1.50	1.50	0.97	0.85
P2T3	1.95	5.64	1.06	0.86	1.59
P2T4	1.65	1.14	1.25	1.34	1.09
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ *, ** 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

ตารางผนวกที่ 19 ผลของการไถระเบิดดาน และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ที่ 5 ระดับความลึกตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร

Treatment	Extractable magnesium (cmol/kg)				
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm	40-50 cm
P1	1.12	1.00	1.09	0.94 a	0.82
P2	0.72	0.83	0.63	0.44 b	0.59
F-test	ns	ns	ns	*	ns
T1	0.47 b	0.48 b	0.65	0.64	0.45
T2	0.60 b	0.58 b	0.93	0.96	0.79
T3	1.02 ab	0.87 b	0.68	0.67	0.79
T4	1.59 a	1.71 a	1.17	0.50	0.79
F-test	**	*	ns	ns	ns
P1T1	0.67	0.65	1.02	1.01	0.66
P1T2	0.65	0.60	0.96	1.34	0.98
P1T3	1.33	1.01	1.06	1.08	1.00
P1T4	1.85	1.72	1.31	0.34	0.63
P2T1	0.28	0.30	0.28	0.26	0.24
P2T2	0.55	0.57	0.90	0.59	0.60
P2T3	0.71	0.73	0.30	0.26	0.58
P2T4	1.34	1.71	1.04	0.67	0.96
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ *, ** 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

ตารางผนวกที่ 20 เกณฑ์ประเมินระดับของธาตุอาหารในใบมันสำปะหลัง (Howeler, 1985)

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)	3-6	< 100	100-120	120	120-140	140-200	200	> 200
Zn (mg/kg)	3-6	< 25	25-30	30	30-60	60-120	120	> 120
Cu (mg/kg)	3-6	< 5	5-6	6	6-10	10-15	15	> 15
Mn (mg/kg)	3-6	< 45	45-50	50	50-120	120-150	150	> 250

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 21 ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัดนครราชสีมา ปี 2552

Month	Total Rainfall	Rainy day	Temperature (c^o)			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	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	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	1212.5	103	-	-	27.5	72.3

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2552)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 22 การแบ่งกลุ่มของเนื้อดิน (เอิบ, 2548; Soil Survey Division Staff, 1993)

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 23 เกณฑ์มาตรฐานในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (กองสำรวจดิน, 2523)

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

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

ตารางผนวกที่ 24 ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางกายภาพของดิน (นงคราญ, 2529; O'Neal, 1952)

Soil properties	Range	Rating
Bulk density (Mg/m)	< 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/h)	<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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 25 ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมีของดิน (เอิบ, 2542ก; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973; Soil Survey Division Staff, 1993)

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)	< 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)	< 1.0	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)	< 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)	< 30	Very low
	30-60	Low
	60-90	Moderately
	90-120	High
	> 120	Very high

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 25 (ต่อ)

Soil properties	Range	Rating
Extractable bases (cmol/kg)		
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/kg)	<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
Extractable acidity (cmol/kg)	<1	Very low
	1-2	Low
	2-5	Moderate
	5-10	Moderately high
	10-20	High
	>20-30	Very high

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นายสัมฤทธิ์ ริยาพันธ์
เกิดวันที่	6 ธันวาคม 2528
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เกษตรศาสตร์) คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (หาดใหญ่)
ตำแหน่งปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์