ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา | ปฐพีวิทยา

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง สมบัติของชั้นดานไถพรวนในดินปลูกมันสำปะหลังและอ้อย จังหวัดขอนแก่น

Properties of Plough Pan in Cassava and Sugarcane Growing Soils, Khon Kaen Province

นามผู้วิจัย นางสาวอรพิน เกลี้ยกล่อม

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(อาจารย์ศุภิฌา ธนะจิตต์, ปร.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ศาสตราจารย์เอิบ เขียวรื่นรมณ์, 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

สมบัติของชั้นดานไถพรวนในดินปลูกมันสำปะหลังและอ้อย จังหวัดขอนแก่น

Properties of Plough Pan in Cassava and Sugarcane Growing Soils, Khon Kaen Province

โดย

นางสาวอรพิน เกลี้ยกล่อม

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)
พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อรพิน เกลี้ยกล่อม 2553: สมบัติของชั้นดานไถพรวนในดินปลูกมันสำปะหลังและอ้อย จังหวัดขอนแก่น ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) สาขาวิชาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์ศุภิฌา ธนะจิตต์, ปร.ด. 145 หน้า

การศึกษาลักษณะสำคัญของชั้นดานไถพรวนที่น่าจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังและอ้อย ประกอบด้วยลักษณะสัณฐานวิทยาสนาม สมบัติทางกายภาพ และเคมีของดินที่พบชั้นดานไถพรวน และการสำรวจความต้านทานในการแทงทะลุของดินในพื้นที่ 5 บริเวณของจังหวัดขอนแก่นที่เป็นดินคล้ายชุดดินสตึกที่มีเบสสูงในชั้นดินล่าง (PP-1; Ultic Haplustalf) ดินคล้ายชุดดินโพนพิสัยที่เป็นดินทราย (PP-2; Typic Plinthustult) ชุดดินยโสธร (PP-3; Typic Haplustult) และชุดดินสตึก (PP-4, PP-5; Typic Paleustults) ดินทั้งหมดเป็นดินลึก มีการกระจายของอนุภาคแบบ 3 กลุ่มขนาด เนื้อดินเป็นดินทรายปนดินร่วนจนถึงดินร่วนเหนียวปนทราย ดินเป็นกรดรุนแรงจนถึงเป็นกลาง (pH 4.4-6.8) มีความอุดมสมบูรณ์และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ (0.5-6.8 เซนติโมลต่อกิโลกรัม)

พบชั้นดานไถพรวนในเกือบทุกบริเวณยกเว้นในดินคล้ายชุดดินโพนพิสัยที่เป็นดินทราย โดยพบที่ระดับความลึก 20-25 เซนติเมตร และมีความหนาประมาณ 15-20 เซนติเมตร ชั้นดังกล่าวมีความหนาแน่นรวม (1.69-1.85 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และความแข็งของดิน (0.3-3.3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) สูงกว่า แต่ความพรุนรวม (ร้อยละ 30.1-36.2) สภาพการนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (0.04-1.21 เซนติเมตรต่อชั่วโมง) และความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ (ร้อยละ 4.95-7.63 โดยปริมาตร) ต่ำกว่าชั้นดินบนและชั้นดินที่วางตัวอยู่ใต้ชั้นดานไถพรวน อย่างไรก็ตามปริมาณธาตุอาหารหลักและอินทรียวัตถุของชั้นดานไถพรวนอยู่ในพิสัยเดียวกันกับชั้นดินล่าง แต่มีปริมาณน้อยกว่าในชั้นดินบน

ความต้านทานในการแทงทะลุของดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังและอ้อยมีค่าอยู่ในพิสัย 3-10 และ 2-8 เมกะพาสคาล ตามลำดับ และมีค่าสูงถึง 6 เมกะพาสคาลตั้งแต่ที่ผิวดินในบางบริเวณ พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังพบชั้นดานไถพรวนที่ความลึกประมาณ 10 เซนติเมตรซึ่งอยู่ตื้นกว่าในแปลงอ้อย (20 เซนติเมตร) สมบัติทางกายภาพเคมีของชั้นดานไถพรวนภายใต้พืชทั้งสองชนิดคล้ายคลึงกัน ยกเว้นในชั้นดานไถพรวนในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังที่มีความหนาแน่นรวม (1.70-1.83 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) สูงกว่าในแปลงอ้อย (1.56-1.80 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) แต่กลับมีความแข็งต่ำกว่า (0.43-2.79 และ 0.28-6.87 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับดินที่ปลูกมันสำปะหลังและอ้อย ตามลำดับ) นอกจากนี้การแจกกระจายของรากพืชในชั้นนี้มีปริมาณน้อยกว่าในชั้นดินบนอย่างชัดเจน

ชั้นดานไถพรวนพบสมบัติที่เป็นข้อจำกัดต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งสองชนิดที่ไม่รุนแรงนัก ความหนาแน่นรวมที่สูงจะส่งผลต่อการชอนไชของรากพืช สภาพการนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำลดต่ำลงในชั้นดังกล่าวจะไปจำกัดการเคลื่อนที่ขึ้นลงของน้ำ เป็นผลให้ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินลดลงในฤดูแล้ง เนื่องจากไปขัดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำขึ้นมาตามท่อคาพิลลารี ขณะที่ทำให้เกิดการสะสมของน้ำที่ผิวดินในกรณีที่มีฝนตกหนักทำให้เกิดน้ำไหล่บ่าที่ผิวดิน เร่งให้เกิดการกร่อนดินได้ง่ายโดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความลาดชัน อย่างไรก็ตามชั้นดานไถพรวนไม่มีผลต่อการสะสมธาตุอาหารพืชในตอนบนของชั้นดาน

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Orapin Kliaklom 2010: Properties of Plough Pan in Cassava and Sugarcane Growing Soils, Khon Kaen Province. Master of Science (Soil Science), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Miss Suphicha Thanachit, Ph.D. 145 pages.

A study on agricultural limitation of plough pan, which is likely to affect the growth of cassava and sugarcane, comprised the analyses of morphological, physical and chemical properties of plough pan bearing soils and the measurement of soil resistance. Five areas studied included Satuk, high base subsoil variant (PP-1; Ultic Haplustalf), Phonphisai, sandy variant (PP-2; Typic Plinthustult), Yasothon soils series (PP-3; Typic Haplustult), and Satuk soil series (PP-4, PP-5; Typic Paleustults), all located in Khon Kaen province. They were deep soils, having gap graded distribution with the texture ranging from loamy sand to sand clay loam. The soils were extremely acid to neutral (pH 4.4-6.8) with low fertility and cation exchange capacity (0.5-6.8 cmol kg^{-1}) levels.

Plough pan was found in all soils except Phonphisai, sandy variant soil. The pans formed at depths of 20-25 cm from soil surface with approximate thickness of 15-20 cm. Bulk density (1.69-1.85 Mg m^{-3}) and strength (0.3-3.3 kg cm^{-2}) of plough pan were higher than that of the topsoil and layer directly below the pan but porosity (30.1-36.2%), saturated hydraulic conductivity (0.04-1.21 cm hr^{-1}) and available water capacity (4.95-7.63% by volume) were lower. However, plant nutrient and organic matter contents in these compacted layers were indifferent from subsoils but lower than that in the topsoil.

Penetrometer resistance in cassava and sugarcane growing soils ranged between 2-8 and 3-10 MPa, respectively and the values were higher than 6 MPa at the soil surface in some areas. Depths of plough pan found in cassava growing areas, approximately at 10 cm from the surface, were shallower than those of sugarcane growing soils (20 cm). Pysico-chemical properties of plough pan in the areas of growing both crops were quite similar. Bulk density values in plough pan (1.70-1.83 Mg m^{-3}) under cassava cultivated soils were higher than those under the use for growing sugarcane (1.56-1.80 Mg m^{-3}), which was in contrast to soil strength that the former soils had higher values (0.43-2.79 kg cm^{-2}) than did the latter soils (0.28-6.87 kg cm^{-2}). In addition, the amounts of root distribution in these layers were clearly lower than that in the topsoils.

Plough pan had some properties that slightly severely limited the growth of both plants. High bulk density can restrict root penetration. Slow saturated hydraulic conductivity retards up and down movement of water, which results in the reduction of available water during drought season due to the impediment of capillary rise. Water runoff can be accumulated after the rain pelt, which in turn, increases the risk of soil erosion, especially in the sloping areas. Plough pan, however, has no effect on plant nutrient accumulation on the top of the layer.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร. ศุภิฌา ธนะจิตต์ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก) ศาสตราจารย์ ดร.เอิบ เขียวรื่นรมณ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม) ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และความช่วยเหลือด้านการเรียน และการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดีมาโดยตลอด และขอขอบพระคุณรองศาสตร์จารย์ ดร.อัญชลี สุทธิประการ (ประธานการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย) ดร.วันเพ็ญ วิริยะกิจนทีกุล (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก) ที่ให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการใช้เครื่องมือด้านวิศวปฐพี

ขอขอบคุณคุณรฐนนท์ เจริญชาศรี คุณชนิษฎา พันธุ์เมือง ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำการวิเคราะห์ตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ คุณสัมฤทธิ์ ริยาพันธ์ คุณภัทรา ประเสริฐสมบัติ คุณรัชณี ขำเดช คุณพหล รักสำรวจ คุณศิรินทรา ตะสาลิกา ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างดินในสนาม และเพื่อน พี่ น้อง ชาวปฐพีวิทยาทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา และมิตรภาพที่ดีเสมอมา

และสุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ พ่อ แม่ และญาติพี่น้องทุกคน ที่ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจที่สำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีกำลังใจมาจนถึงทุกวันนี้

อรพิน เกลี้ยกล่อม

เมษายน 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	25
อุปกรณ์	25
วิธีการ	25
ผลและวิจารณ์	33
สรุปและข้อเสนอแนะ	81
สรุป	81
ข้อเสนอแนะ	82
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	83
ภาคผนวก	95
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	145

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ลักษณะภูมิประเทศของดินที่ทำการศึกษา	33
2	ลักษณะสัณฐานวิทยาของหน้าตัดดินในบริเวณที่ทำการศึกษา	35
3	ผลการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินตัวแทน	65
4	การกระจายของรากพืชในหน้าตัดดิน	74
5	ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของชั้นดานไถพรวนในดินปลูกมันสำปะหลังและอ้อย	80

ตารางผนวกที่

1	การกระจายของอนุภาคดินและชั้นเนื้อดิน	126
2	สมบัติทางกายภาพของดิน	128
3	สมบัติทางเคมีของดิน	130
4	สมบัติทางกายภาพของดินปลูกมันสำปะหลังและอ้อยในแนวปลูกและขวางแนวปลูก	133
5	ความต้านทานในการแทงทะลุของดิน (MPa) ที่วัดในสนามในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง	134
6	ความต้านทานในการแทงทะลุของดิน (MPa) ที่วัดในสนามในพื้นที่ปลูกอ้อย	136
7	ร้อยละความชื้นที่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตร ในขณะทำการสำรวจความต้านทานการแทงทะลุของดินปลูกมันสำปะหลังและอ้อยในแนวปลูกและขวางแนวปลูก	138
8	การแบ่งกลุ่มของเนื้อดิน	139
9	เกณฑ์การแบ่งระดับความหนาแน่นรวมของดิน	140
10	ระดับชั้นของค่าสภาพนำน้ำขณะดินอิ่มตัวข้อกำหนดที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมี และการประเมินความอุดม สมบูรณ์ของดิน	140

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
11	ข้อกำหนดที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมี และการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน	141
12	เกณฑ์การแบ่งระดับสภาพกรดแลกเปลี่ยนได้	144
13	วิธีคาดคะเนระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยการประเมินจากผลการวิเคราะห์ดิน	144

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	น้ำหนักจากเครื่องจักรกลที่ทับบนผิวดินอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการจัดเรียงตัวใหม่ของอนุภาคดินให้ใกล้ชิดและแน่นมากขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุให้พบชั้นดานไถพรวนในดิน	8
2	แผนที่แสดงพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเกิดชั้นดานไถพรวนในประเทศไทย	12
3	ปริมาณการแจกกระจายของฝนในจังหวัดขอนแก่น พ.ศ. 2552	21
4	แปลงเกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลังและอ้อยในบริเวณเดียวกัน	26
5	พื้นที่ทำการศึกษาบริเวณอำเภอน้ำพองและอำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น	27
6	การวัดค่าแรงต้านทานการแทงทะลุดินโดยใช้เครื่อง penetrometer ในสภาพสนาม โดยเริ่มต้นจากด้านที่ขนานกับแนวปลูกและด้านที่ขนานกับแนวล้อรถ	28
7	สภาพแวดล้อมและหน้าตัดดินของดินที่ทำการศึกษาทั้ง 5 บริเวณ	34
8	การแจกกระจายของอนุภาคขนาดทราย (ก) อนุภาคขนาดทรายแป้ง (ข) และอนุภาคขนาดดินเหนียว (ค) ตามความลึก	42
9	การแจกกระจายอนุภาคขนาดทราย	44
10	การจำแนกประเภทเนื้อดิน ตามสัดส่วนโดยมวลของอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ของดินที่ทำการศึกษา	46
11	การแจกกระจายขนาดอนุภาคของดิน	46
12	ความหนาแน่นรวม (ก) และความพรุนรวม (ข) ของดินที่ทำการศึกษา	48
13	สภาพการนำน้ำของดินเมื่ออิ่มตัวด้วยน้ำของดินที่ทำการศึกษา	50
14	ความแข็งของดินที่วัดในขณะที่ดินไม่มีความชื้นเหลืออยู่	51
15	ร้อยละความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช	52
16	พีเอชดินที่วัดโดยน้ำ (ก) และ KCl (ข)	54
17	ปริมาณอินทรียวัตถุ (ก) และปริมาณไนโตรเจนรวม (ข) ในดินที่ทำการศึกษา	55
18	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ก) และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ข)	57
19	ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ (ก) แมกนีเซียมที่สกัดได้ (ข) โพแทสเซียมที่สกัดได้ (ค) และ โซเดียมที่สกัดได้ (ง)	59

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (ก) ปริมาณกรดที่สกัดได้ (ข) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (ค) และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (ง)	62
21	ความต้านทานในการแทงทะลุของดินที่วัดในสนามในแนวปลูกมันสำปะหลังจากจุดที่ทำการเก็บตัวอย่างดินเป็นระยะทาง 50 เมตร	69
22	ความต้านทานในการแทงทะลุของดินที่วัดในสนามในแนวขวางแนวปลูกมันสำปะหลังจากจุดที่ทำการเก็บตัวอย่างดินเป็นระยะทาง 50 เมตร	70
23	ความต้านทานในการแทงทะลุของดินที่วัดในสนามในแนวปลูกอ้อยจากจุดที่ทำการเก็บตัวอย่างดินเป็นระยะทาง 50 เมตร	71
24	ความต้านทานในการแทงทะลุของดินที่วัดในสนามในแนวขวางแนวปลูกอ้อยจากจุดที่ทำการเก็บตัวอย่างดินเป็นระยะทาง 50 เมตร	72
25	ความหนาแน่นรวมของดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังและอ้อย	75
26	ความพรุนรวมของดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังและอ้อย	76
27	ค่าสภาพนำน้ำของดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังและอ้อย	77
28	ความแข็งของดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังและอ้อย	78

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมบัติของชั้นดานไถพรวนในดินปลูกมันสำปะหลังและอ้อย จังหวัดขอนแก่น

Properties of Plough Pan in Cassava and Sugarcane Growing Soils, Khon Kaen Province

คำนำ

ปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่ทำการเกษตรอย่างต่อเนื่องโดยไม่ปล่อยให้มีการพักดิน โดยเฉพาะการผลิตพืชไร่ เช่น อ้อย และมันสำปะหลัง ขณะที่รูปแบบการทำการเกษตรมักมีการใช้เครื่องจักรกลที่มีน้ำหนักมากในการเตรียมดินอยู่เสมอ และ/หรือมีการเขตกรรมที่ผิดวิธี จึงก่อให้เกิดการอัดแน่นของชั้นดินล่างใต้ชั้นไถพรวนที่ระดับความลึกประมาณ 30-40 เซนติเมตร เกิดเป็นชั้นดานไถพรวน (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา, 2551; Balbuena *et al*., 2000) ซึ่งจะขัดขวางการเจริญเติบโตและการชอนไชของรากพืช ดินที่มีแนวโน้มที่จะเกิดชั้นดานไถพรวนได้ง่ายส่วนใหญ่เป็นดินในกลุ่มเนื้อปานกลางถึงเนื้อค่อนข้างหยาบ ประกอบด้วยอนุภาคขนาดทรายละเอียดหรือทรายแป้งในปริมาณสูง ซึ่งง่ายต่อการถูกอัดตัว โครงสร้างของดินถูกทำลายได้ง่าย ทนแรงกระทำจากการไถพรวนหรือการกดทับด้วยเครื่องจักรขนาดใหญ่ได้น้อย (คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541) โดยส่วนใหญ่ดินที่มีลักษณะนี้จะพบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออก เป็นพื้นที่ที่ใช้ผลิตพืชไร่ที่สำคัญ ได้แก่ มันสำปะหลังและอ้อย ซึ่งจะมีการใช้เครื่องมือหนักในการเตรียมดิน เช่น การใช้รถไถติดด้วยชุดไถจานที่เป็นผาล 3 เปิดหน้าดินและกำจัดวัชพืช การพรวนดินโดยใช้ไถจานที่เป็นผาล 7 รวมถึงการไถยกร่อง การใช้รถไถขนาดเล็กเข้ากำจัดวัชพืชในแปลง ทำแนวสำหรับการใส่ปุ๋ยและกลบปุ๋ย และเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยมีเกษตรกรในบางพื้นที่เท่านั้นที่อาจมีการใช้ไถสิ่วเพื่อระเบิดดินดาน ซึ่งจากการปฏิบัติข้างต้น ล้อของรถไถที่ปฏิบัติงานในไร่จะกดทับดินในระหว่างที่ปฏิบัติงานทำให้ดินบริเวณนั้น เกิดการถ่ายแรงลงไปยังชั้นดินในระดับลึกและขึ้นอยู่กับน้ำหนักของเครื่องจักร และสภาพความชื้นของดินขณะนั้น มีผลทำให้เกิดการอัดตัวกันแน่นของดินตั้งแต่ผิวดินจนถึงชั้นดินล่าง อย่างไรก็ตามดินที่ชั้นผิวดินมักจะถูกรบกวนจากการปฏิบัติอื่น ๆ ในไร่นาทำให้ดินมีโอกาสร่วนซุย แต่ดินที่อยู่ด้านล่างที่ลึกเกินกว่าที่ผาลไถจะปฏิบัติงานถึงจะเป็นบริเวณที่เกิดชั้นดานไถพรวน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548; Jorajuria and Draghi, 2000)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดินที่มีชั้นดานเป็นดินที่มีปัญหาทางการเกษตร ชั้นดานเป็นชั้นที่แน่นทึบจะขัดขวางการเจริญเติบโตและการชอนไชของรากพืช ระบบรากจะถูกยับยั้งให้อยู่บริเวณด้านบนของชั้นดาน (Bennie, 1991; Radford *et al*., 2001) ในฤดูแล้งดินจะแห้ง มีความชื้นไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช และเมื่อฝนทิ้งช่วงพืชจะแสดงอาการเหี่ยว และตายเร็วกว่าปกติ เนื่องจากชั้นดานจะขัดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำไปยังรากพืช (Coelho *et al*., 2000) ในฤดูฝนจะเกิดชั้นน้ำใต้ดินชั่วคราว (McDanial *et al* , 2008) โดยน้ำที่ขังจะทำให้พืชเสียหายและตายในที่สุด (Singer, 1987) นอกจากนี้ยังส่งเสริมให้เกิดการกร่อนดิน เนื่องจากน้ำไหลซึมลงในทางดิ่งได้ช้าทำให้เกิดการไหลบ่าบริเวณหน้าดิน หากพื้นที่มีความลาดชันการไหลบ่าของน้ำจะเร็วทำให้เกิดการกร่อนดินอย่างรุนแรง (กลุ่มมาตรฐาน, 2544; Boer, 1999)

จากลักษณะที่เป็นปัญหาดังกล่าวนี้ การศึกษาถึงลักษณะของชั้นดานไถพรวน และข้อจำกัดทางการเกษตรในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังและอ้อยในจังหวัดขอนแก่น น่าจะเกิดประโยชน์ต่อการจัดการดินเพื่อแก้ไขชั้นดานเหล่านี้ เพื่อประโยชน์ในการปลูกพืชที่ยั่งยืน รวมทั้งการใช้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปใช้วางแผนการจัดการเพื่อลดปัญหาการสูญเสียดินออกจากพื้นที่ ซึ่งเป็นการช่วยลดปัญหาการเสื่อมโทรมของดินและลดผลกระทบจากการกร่อนดินที่มีต่อสภาพแวดล้อมได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาลักษณะและสมบัติของชั้นดานไถพรวนในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังและอ้อยในจังหวัดขอนแก่น

2. เพื่อศึกษาลักษณะสำคัญของชั้นดานไถพรวนที่อาจมีผลต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังและอ้อย

3. เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาประเมินหาแนวทางในการจัดการชั้นดานไถพรวนที่พบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. ความหมายและลักษณะของชั้นดาน

ชั้นดาน หมายถึง ชั้นดินล่างที่อนุภาคของดินมีการเชื่อมตัวกันหรืออัดตัวกันแน่นทึบและแข็ง (กลุ่มมาตรฐาน, 2544; Brady and Weil, 2008) หรือชั้นที่มีปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวอยู่มาก (Miller and Duane, 2001) เป็นชั้นที่มีความพรุนรวมต่ำ ประกอบด้วยช่องว่างขนาดเล็กเป็นส่วนใหญ่ทำให้ชั้นดานมีความหนาแน่นรวมและความแข็งสูง (Russell and Goss, 1974) และมีสมบัติทางกายภาพและเคมีที่แตกต่างจากชั้นด้านบนและชั้นด้านล่างมาก หรือชั้นใต้ดินบนที่มีความหนาแน่นรวมสูงกว่า และความพรุนต่ำกว่าชั้นที่อยู่ด้านบนและด้านล่าง เป็นผลมาจากการอัดตัวกันของดินซึ่งเกิดจากการไถพรวนตามปกติ หรือการกระทำอื่นๆของมนุษย์ (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา, 2551)

2. ชนิดของชั้นดาน

2.1 ชั้นดานแข็ง

ชั้นดานแข็ง (hard pan หรือ duripan) เป็นชั้นดินล่างมีการเชื่อมตัวของอนุภาคดิน เป็นชั้นที่แน่นทึบและแข็ง ซึ่งประกอบด้วยสารเชื่อมหลายชนิด เช่น ซิลิกา ซิลิการ่วมกับคาร์บอเนต เหล็ก และเหล็กร่วมกับอินทรียวัตถุ ชั้นดานแข็งมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไปตามชนิดของสารเชื่อม ระดับความยากง่ายที่จะขจัดอิทธิพลของชั้นดานแข็งและการจัดการทางการเกษตรนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารเชื่อมและลักษณะของการเชื่อมในตัวดิน ชั้นดานแข็งที่พบในบริเวณต่าง ๆ ในโลกส่วนใหญ่เป็นชั้นดานที่มีการเชื่อมตัวโดยซิลิกา (เอิบ, 2542; Chadwick *et al*., 1987) ดังนั้นโดยทั่วไปหากกล่าวถึงชั้นดานแข็งก็มักจะหมายถึงชั้นดานแข็งที่มีสารเชื่อมโดยซิลิกา การศึกษาของ Chartres *et al*. (1990) พบว่า ซิลิกาอสัณฐานเป็นสารเชื่อมหลักในดินที่มีชั้นดานแข็ง ปกติชั้นดานแข็งมีชั้นของการยึดตัวเมื่อดินชื้นตั้งแต่เป็นแบบแน่นมาก (very firm) ขึ้นไป (Soil Survey Staff, 1993)

ชั้นดานแข็งส่วนมากพบในดินที่มีสภาพความชื้นแบบเซอริก (xeric) หรือแอริดิก (aridic) ซึ่งเป็นสภาพที่ดินมีช่วงแห้งเป็นส่วนใหญ่ ดินส่วนมากที่มีชั้นดานซิลิกา จะพบในสภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความชื้นที่เหมาะสมต่อการละลายได้ของซิลิกา จากนั้นซิลิกาก็จะเคลื่อนที่ไปสะสมยังชั้นดินที่อยู่ต่ำลงไป และเมื่อสภาพอากาศแห้งขึ้น ซิลิกาจะเชื่อมระหว่างอนุภาคของดินให้แข็ง (Soil Survey Staff, 1993)

2.2 ชั้นดานเปราะ

ชั้นดานเปราะเป็นชั้นดินล่างที่เกิดการเปลี่ยนแปลง ชั้นนี้จะจำกัดการไหลซึมผ่านของน้ำและการชอนไชของรากพืช ปกติชั้นดานเปราะจะมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำและค่าความหนาแน่นรวมสูงกว่าชั้นดินที่อยู่ด้านบน และมีสภาพนำน้ำขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำต่ำถึงต่ำมาก (Soil Survey Division, 1993) ชั้นดานเปราะหลายบริเวณมีสีซีด ผิวหน้าในแนวดิ่งมักไม่เรียบ ชั้นดานเปราะเป็นชั้นที่ขนานกับผิวดิน และมักพบขอบเขตบนของชั้นดานเปราะอยู่ระหว่าง 50-100 เซนติเมตรจากผิวดิน เนื้อดินมักเป็นดินร่วนที่มีอนุภาคขนาดทรายแป้งและดินเหนียวอยู่ในปริมาณมาก และจะพบชั้นดานเปราะในพื้นที่ที่มีพืชพรรณที่เป็นป่าธรรมชาติมากที่สุด (กลุ่มมาตรฐาน, 2544; Soil Survey Staff, 1999)

กระบวนการที่สำคัญของการเกิดชั้นดานเปราะคือ การอัดตัวกันโดยจะเกิดขึ้นเมื่อมีน้ำหนักกดทับบนผิวดินเพิ่มขึ้น โดยน้ำหนักกดทับจะส่งผ่านไปยังอนุภาคที่รับแรงทำให้เกิดการจัดเรียงตัวใหม่ของอนุภาคดินที่ติดกันและมีความแน่นมากขึ้น ดินที่อัดตัวกันแน่นมากจะมีปริมาณดินเหนียวน้อยเกินกว่าจะรวมกันเป็นเม็ดดินได้ ดังนั้นอนุภาคขนาดละเอียดจะถูกจัดเรียงอยู่แต่ในช่องว่างดินและช่องว่างระหว่างอนุภาคขนาดใหญ่ และการไหลซึมผ่านของน้ำจะพาบางส่วนของอนุภาคบนผิวดินเคลื่อนที่ลงมาสะสมในช่องว่างทำให้เกิดการอุดตันขึ้น บางบริเวณที่มีการสะสมอนุภาคละเอียดในชั้นดานเปราะอาจเกิดรอยแตกที่มาจากการยืด-หดตัวเล็กน้อยเมื่ออยู่ในสภาพเปียก-แห้งได้ โดยอนุภาคขนาดทรายละเอียดมาก ทรายแป้ง และดินเหนียวสามารถจะแทรกตัวเข้าไปอยู่ในระหว่างรอยแตกนี้ได้ในช่วงแห้ง หลังจากนั้นเมื่อชั้นดานเปราะกลับมาชื้นอีกครั้ง การขยายตัวจะเกิดได้น้อยลง และแรงของการขยายตัวจะช่วยให้วัสดุละเอียดเหล่านั้นแทรกตัวเข้าไปอยู่ในรอยแตกได้ลึกขึ้น ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการอัดตัวกันของอนุภาคดิน (Soil Survey Staff, 1999)

ลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาของชั้นดานเปราะจะแสดงโครงสร้างเป็นแท่งหัวเหลี่ยมที่มีการเรียงตัวใกล้ชิดกันของเม็ดแร่ และการจัดเรียงตัวของดินเหนียว ทำให้ชั้นดานเปราะมีความหนาแน่นรวมที่สูงกว่าชั้นดินที่อยู่ด้านบน (Soil Survey Staff, 1999) ชั้นดานเปราะประกอบด้วยเม็ด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ควอตซ์ขนาดทรายและมีอนุภาคขนาดดินเหนียวเป็นสะพานเชื่อมระหว่างเม็ดควอตซ์ขนาดใหญ่ (Neyde *et al*., 2002) ซึ่งดินเหนียวและทรายแป้งจะส่งผลให้ดินแข็งขึ้นได้เมื่อแห้ง (Mullins, 1989) การศึกษาของ Chen *et al.* (1980) พบว่า ชั้นดานเปราะมักจะเกิดขึ้นหลังจากมีการกร่อนเกิดขึ้นในบริเวณใกล้เคียง เนื่องจากวัสดุขนาดดินเหนียวและทรายแป้งนี้จะอยู่ในสภาพแขวนลอยในน้ำที่ไหลบ่าลงมาจากด้านบนของพื้นที่แล้วมาสะสมยังบริเวณพื้นที่ด้านล่าง West *et al.* (1990) และ Radchiff *et al.* (1991) พบว่า ชั้นดานเปราะมักจะเกิดขึ้นสภาพพื้นที่ที่เป็นแอ่งเล็กน้อย เนื่องจากพบว่ามีการทับถมของวัสดุขนาดเล็กโดยมีการสะสมในลักษณะเป็นชั้นบาง ๆ

ชั้นดานเปราะจะเกิดการอัดตัวกันแน่นมากเมื่อแห้งทำให้เกิดความแข็งขึ้น แต่การสะสมอนุภาคขนาดละเอียดอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะทำให้ชั้นดานมีลักษณะเปราะเมื่อชื้นได้ ความเปราะอาจเป็นผลมาจากพันธะเคมีของสารเชื่อมอย่างอ่อน ซึ่งมีได้หลายชนิด และลักษณะการเปราะตามธรรมชาติของชั้นดานเปราะทั่วไป ส่วนหนึ่งมาจากการที่อนุภาคถูกเชื่อมโดยซิลิกา Norton *et al.* (1984) และ Franzmeier *et al.* (1996) พบว่าการอัดตัวกันในชั้นดานเปราะอาจจะมีสาเหตุมาจากการเชื่อมตัวทางเคมีอย่างชั่วคราวของซิลิกาอสัณฐานในลักษณะที่เป็นสารตัวกลาง ซึ่งจะปะปนอยู่กับเหล็กออกไซด์ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Breuer and Schwertmann (1999) ที่พบว่าการอัดตัวกันของชั้นดานเปราะเกิดจากซิลิกาอสัณฐานที่ละลายออกมาแล้วไม่ได้เคลื่อนย้ายออกไปจากดินนั้น

ในประเทศไทย ดินในบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทราย ฯ จังหวัดเพชรบุรี พบทั้งชั้นดานเปราะและชั้นดานแข็งภายในหน้าดิน โดยพบที่ระดับความลึกแตกต่างกัน ตั้งแต่ 0-90 เซนติเมตร ซึ่งเป็นดินเหล่านี้มีการพัฒนามาจากตะกอนล้างผิวดิน วัสดุตกค้าง ตะกอนดาดเชิงเขา ตะกอนผสมระหว่างตะกอนดาดเชิงเขากับวัสดุตกค้าง และตะกอนน้ำพาท้องถิ่นที่พัฒนามาจากหินแกรนิตและควอร์ตไซต์ นอกจากนี้ยังพบคราบซิลิกา คราบดินเหนียว และคราบดินเหนียวผสมเหล็กเป็นสะพานเชื่อมระหว่างอนุภาค และบางบริเวณยังมีการสะสมเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ ซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุให้ชั้นดินเหล่านี้เกิดการแข็งตัว (นฤกมล, 2546)

2.3 ชั้นดานไถพรวน

ชั้นดานไถพรวน (plough pan หรือ plow pan) จัดเป็นชั้นดานเปราะประเภทหนึ่ง ซึ่งเกิดขึ้นจากการไถพรวนเนื่องจากน้ำหนักล้อรถแทรกเตอร์ที่เคลื่อนที่ไปในร่องระหว่างการไถพรวน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยไถที่ระดับความลึกเดียวกันตลอด ดินจึงมีความหนาแน่นรวมสูงขึ้น ทำให้เกิดการอัดตัวแน่นของชั้นดินล่าง ซึ่งเกิดขึ้นใต้ชั้นไถพรวน (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา, 2551; กลุ่มมาตรฐาน, 2544)

ดินที่มีแนวโน้มที่จะเกิดชั้นดานไถพรวนส่วนใหญ่เป็นดินที่มีเนื้อดินอยู่ในกลุ่มเนื้อปานกลางถึงค่อนข้างหยาบ ได้แก่ ดินร่วนปนทรายแป้ง เนื่องจากจะประกอบไปด้วยอนุภาคขนาดทรายละเอียดหรือทรายแป้งในปริมาณสูง ซึ่งง่ายต่อการถูกอัดตัวโครงสร้างของดินถูกทำลายได้ง่าย ทนแรงกระทำจากการไถพรวนหรือการกดทับด้วยเครื่องจักรขนาดใหญ่ได้น้อย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550) โดยส่วนใหญ่ดินที่มีลักษณะนี้จะพบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกเป็นพื้นที่ที่ใช้ผลิตพืชไร่ที่สำคัญ ได้แก่ มันสำปะหลังและอ้อย ซึ่งจะมีการใช้เครื่องมือหนักในการเตรียมดิน โดยล้อของรถไถที่ปฏิบัติงานในไร่จะกดดินในระหว่างที่ปฏิบัติงานทำให้ดินบริเวณนั้นเกิดการอัดตัวกันแน่นมากกว่าส่วนอื่น ๆ ซึ่งการอัดตัวจะเกิดขึ้นตั้งแต่ผิวดินจนถึงชั้นดินล่าง อย่างไรก็ตามดินที่อยู่อัดตัวกันอยู่ด้านบนจะถูกไถพรวนจึงร่วน แต่ดินที่อยู่ด้านล่างซึ่งลึกเกินกว่าที่ผาลไถจะปฏิบัติงานถึง จึงเป็นบริเวณที่เกิดชั้นดานไถพรวนขึ้น โดยมักพบที่ระดับความลึกประมาณ 30-50 เซนติเมตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548; Jorajuria and Draghi, 2000)

ชั้นดินล่างอัดแน่น (subsoil compaction) เกิดจากการอัดตัวแน่นของอนุภาคดิน การอัดตัวแน่นของอนุภาคดินนั้นเกิดขึ้นเมื่อมีน้ำหนักกดทับหรือมีแรงมากระทำบนผิวดิน ทำให้โครงสร้างของดินเปลี่ยนแปลง เม็ดดินถูกทำลาย ขนาดและจำนวนช่องว่างระหว่างอนุภาคดินมีขนาดเล็กลงและจำนวนลดลง ทำให้มีการจัดเรียงตัวใหม่ของอนุภาคดินให้ใกล้ชิดกันและแน่นเพิ่มมากขึ้น โดยการแน่นทึบของดินส่วนใหญ่เกิดจากอนุภาคดินเหนียวซึ่งเป็นอนุภาคละเอียดจะเป็นตัวเชื่อมหรือสะพานเชื่อมระหว่างอนุภาคขนาดต่าง ๆ เข้าด้วยกัน โดยอนุภาคดินเหนียวจะถูกจัดเรียงอยู่ในช่องว่างดินและช่องว่างระหว่างอนุภาคขนาดใหญ่ของอนุภาคทรายและทรายแป้ง (ชวเลิศ และคณะ, 2548)

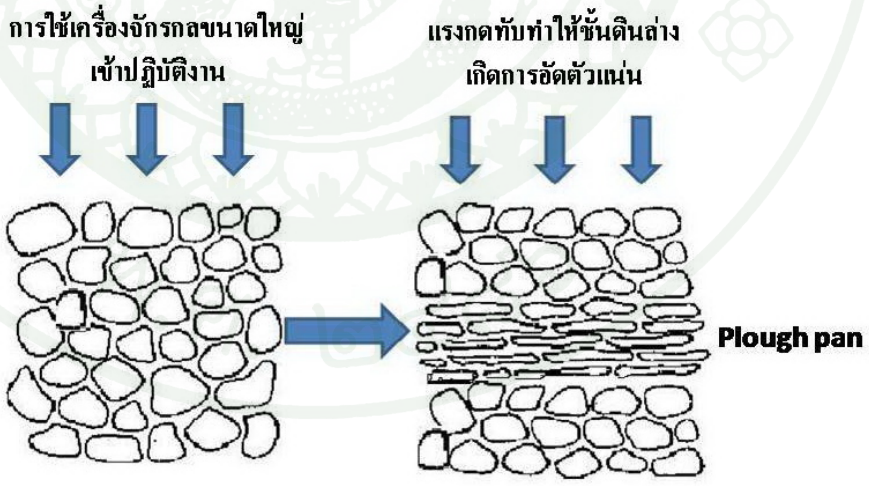
Anusontpornperm *et al*. (2005) ทำการศึกษาดินภายใต้การปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทย จำนวน 9 บริเวณ พบว่า ดินทุกบริเวณพบชั้นดานไถพรวนภายในหน้าตัดดิน โดยพบที่ระดับความลึกประมาณ 30-50 เซนติเมตร โดยในชั้นดังกล่าวจะมีค่าความหนาแน่นรวมเพิ่มขึ้นจาก 1.5 เป็น 1.8 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความพรุนรวมมีค่าลดลงอย่างชัดเจนจากร้อยละ 40 เป็น 33 เมื่อเปรียบเทียบกับชั้นดินตอนบน และชั้นดินด้านล่าง และค่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การนำน้ำเมื่อดินอิ่มตัวก็มีค่าลดลงอย่างชัดเจน โดยมีค่าน้อยกว่า 2 เซนติเมตรต่อชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าลักษณะดังกล่าวจะส่งเสริมให้เกิดการกร่อนดินได้ง่าย เนื่องจากน้ำไหลซึมลงในทางดิ่งได้ช้า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ เอกราช (2552) พบว่าชุดดินวาริน สตึก และยโสธร ที่ใช้ปลูกมันสำปะหลัง พบชั้นดานไถพรวนอยู่ในพิสัย 15-25 เซนติเมตรจากผิวดิน และมีความหนาประมาณ 13-32 เซนติเมตร ซึ่งชั้นดานไถพรวนส่วนใหญ่ มีค่าความหนาแน่นรวมสูงกว่า 1.6 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และโดยในชุดดินยโสธรจะมีค่าความหนาแน่นรวมสูงที่สุดเท่ากับ 1.87 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3. กลไกในการเกิดชั้นดานไถพรวน

กระบวนการที่สำคัญที่ทำให้เกิดชั้นดานไถพรวน ได้แก่ การอัดตัวกันเนื่องจากน้ำหนักกดทับบนผิวดินเพิ่มขึ้น จากเครื่องจักรกลหรือสัตว์ที่เหยียบย่ำทำให้เกิดการจัดเรียงตัวใหม่ของอนุภาคดินให้ใกล้ชิดและแน่นมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณดินเหนียวน้อยเกินกว่าจะรวมกันเป็นเม็ดดินอนุภาคขนาดละเอียดจึงถูกจัดเรียงอยู่ในช่องว่างดินและช่องว่างระหว่างอนุภาคขนาดใหญ่ ประกอบกับการไหลซึมผ่านของน้ำจะพาบางส่วนของอนุภาคบนผิวดินเคลื่อนที่ลงมาสะสมในช่องว่างจึงทำให้เกิดการอุดตันขึ้น (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 น้ำหนักจากเครื่องจักรกลที่ทับบนผิวดินอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการจัดเรียงตัวใหม่ของอนุภาคดินให้ใกล้ชิดและแน่นมากขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุให้พบชั้นดานไถพรวนในดิน

ที่มา: ดัดแปลงจาก Jorajuria and Draghi (2000); Brady and Weil (2008)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมบัติดินที่เป็นตัวบ่งชี้ว่าพบชั้นดานไถพรวนขึ้นในหน้าตัดดิน โดยจะพิจารณาจากค่าความแข็งและค่าความหนาแน่นรวมของชั้นที่คาดว่าจะเป็นชั้นดานไถพรวน (Norfleep *et al*., 1996)

ความแข็งของดิน เป็นค่าแรงที่กดต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งสามารถหาได้ 2 วิธีการ ได้แก่

การใช้เครื่องวัดความแน่นดิน (penetrometer) ซึ่งเป็นการวัดแรงที่ใช้ในแทงทะลุผ่านสู่ดิน สามารถวัดได้โดยตรงในสนาม หากดินมีค่าแรงต้านทานการแทงทะลุเท่ากับ 2 เมกะปาสคาล แสดงว่าชั้นดินนั้นเริ่มอัดแน่น ซึ่งจะส่งผลให้การเจริญเติบโตของรากพืชลดลงครึ่งหนึ่ง และจะส่งผลรุนแรงเมื่อมีค่ามากกว่า 3 เมกะปาสคาลขึ้นไป โดยทั่ว ๆ ไปดินที่พบชั้นดินดานไถพรวนจะมีค่าแรงต้านทางการแทงทะลุมากกว่า 4 เมกะปาสคาล แต่อย่างไรก็ตาม หากดินมีความชื้นสูงค่าที่วัดได้จะมีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง (Groenevelt *et al*., 2001)

การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยการใช้เครื่องกดตัวอย่าง หากมีค่าแรงต้านทานมากกว่า 60 เมกะกรัมต่อตารางเมตร แสดงว่าชั้นดินนั้นมีการอัดแน่นซึ่งมีแนวโน้มที่จะเป็นชั้นดานไถพรวน (Norfleep *et al*., 1996)

ความหนาแน่นรวมของดินเป็นค่าที่แสดงถึงสัดส่วนของมวลต่อปริมาตร โดยชั้นดินในกลุ่มดินเนื้อหยาบและกลุ่มดินเนื้อละเอียด หากมีค่าความหนาแน่นรวมสูงกว่า 1.65 และ 1.9 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ แสดงว่าชั้นดินนั้นเป็นชั้นดินอัดแน่นซึ่งมีแนวโน้มที่จะเป็นชั้นดานไถพรวน (Singh, 1991)

4. ลักษณะและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดชั้นดานไถพรวนในดิน

การเตรียมดินด้วยเครื่องจักรกลทางการเกษตรโดยใช้รถไถพรวนดินที่ระดับความลึกเดิมติดต่อกันเป็นประจำทุก ๆ ปี โดยล้อของรถไถที่ใช้จะกดทับดินในระหว่างที่ปฏิบัติงาน ทำให้ดินบริเวณนั้นเกิดการถ่ายแรงลงไปยังชั้นดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ มีผลทำให้เกิดการอัดตัวกันแน่นของดิน ดินบริเวณผิวดินมักจะถูกรบกวนจากการปฏิบัติในไร่นาต่าง ๆ ทำให้ดินมีโอกาสร่วนซุย แต่ดินที่อยู่ด้านล่างซึ่งลึกเกินกว่าที่ผาลไถจะปฏิบัติงานถึง ยังคงเป็นบริเวณที่ถูกอัดแน่น และจะถูกอัดแน่นเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จึงทำให้เกิดชั้นดานไถพรวนขึ้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548; Jorajuria and Draghi, 2000)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความชื้นในดินเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการอัดตัวแน่นของดินที่เกิดจากการกดทับจากแรงต่าง ๆ โดย อนุภาคดินจะถูกอัดตัวกันได้ง่ายเมื่อความชื้นของดินมีค่าใกล้เคียงกับค่าความจุชื้นสนาม ดังนั้นในดินที่มีปริมาณความชื้นสูง การกดทับเพียงเล็กน้อยก็จะเป็นสาเหตุให้เกิดการจัดเรียงตัวของอนุภาคขึ้นใหม่ ส่งผลให้เกิดการอัดตัวแน่นของดิน แต่ในดินที่มีปริมาณความชื้นเพียงเล็กน้อย การเกิดการอัดตัวแน่นของดินจะเกิดขึ้นได้เช่นกันหากมีน้ำหนักที่มากพอมากดทับบริเวณพื้นผิวดิน (Stigler, 2000)

Yavuzcan *et al.* (2005) ทำการศึกษาผลของความชื้นระดับต่าง ๆ ที่มีต่อความหนาแน่นรวมของดิน พบว่า ดินที่มีระดับความชื้นเท่ากับ 1.7 กรัมต่อกรัม จะส่งผลให้ชั้นดินล่าง ที่ระดับความลึกประมาณ 40 เซนติเมตร มีการอัดแน่นมากที่สุด โดยชั้นนั้นมีค่าความหนาแน่นรวมเท่ากับ 1.8 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

น้ำหนักของเครื่องจักรกลขนาดใหญ่จะทำให้เกิดการทำลายโครงสร้างของดินล่าง จากการทดลองของ Lowery and Schuler (1991) ในดินที่มีความชื้นสูงกว่าความจุความชื้นสนาม พบว่าการใช้เครื่องจักรกลที่มีน้ำหนักกดทับบนพื้นผิวมากกว่า 9 เมกะกรัม จะส่งผลให้การเกิดการอัดตัวกันแน่นของดินลึกถึง 50 เซนติเมตร จากผิวดิน นอกจากนี้ขนาดและรูปร่างของช่องว่างที่มีอยู่ในดินจะถูกเปลี่ยนแปลงในขณะที่ล้อรถของเครื่องจักรกลวิ่งผ่าน โดยในระหว่างที่มีถูกกดทับ ช่องว่างขนาดใหญ่จะถูกกดทับให้มีขนาดเล็กลงประมาณร้อยละ 3 หรือมากกว่า (Kooistra and Tovey, 1994)

การใช้รถบรรทุกขนาดใหญ่เข้าไปขนผลผลิตในแปลง ซึ่งน้ำหนักของรถจะทำให้ดินอัดแน่นมากขึ้นและทำให้โครงสร้างของดินเสีย ปรีชา (2542) กล่าวว่า น้ำหนักของรถบรรทุกขนาด 25 ถึง 40 ตัน จะทำให้เกิดแรงกดทับผิวดิน 15.3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยในสภาพที่ดินแห้งจะส่งผลให้ดินเกิดการอัดแน่นที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร แต่ในสภาพที่ดินเปียก แรงกดของรถบรรทุกจะส่งผลให้ดินแน่นไปจนถึงระดับความลึก 50 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. การแจกกระจายของชั้นดานไถพรวนในประเทศไทย

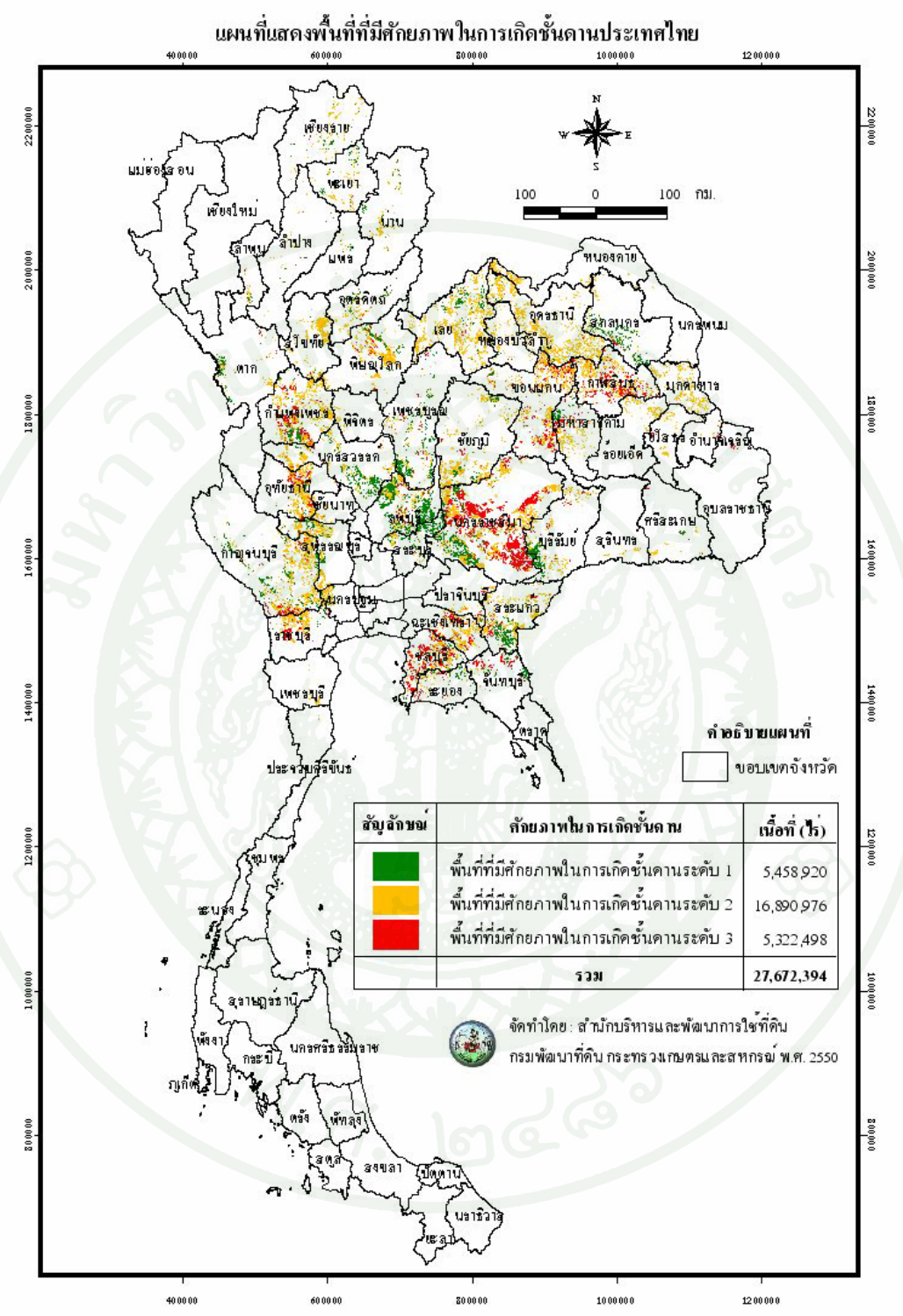
กรมพัฒนาที่ดิน (2550) ได้จำแนกพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเกิดชั้นดานไถพรวนของประเทศไทย พบว่า มีพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดชั้นดานจำนวน 27,995,738 ไร่ โดยพื้นที่ที่พบส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (13,363,676 ไร่) รองลงมาได้แก่ ภาคเหนือ (6,547,832 ไร่) ภาคกลาง (4,868,239 ไร่) และภาคตะวันออก (3,215,991 ไร่) ซึ่งสามารถจำแนกความรุนแรงของโอกาสในการเกิดชั้นดานออกเป็น 3 ระดับ (ภาพที่ 2) ดังต่อไปนี้

พื้นที่ที่มีศักยภาพในการเกิดดินดานระดับ 1 เป็นพื้นที่ที่ยากที่จะพบชั้นดานในดิน โดยเป็นดินที่มีเนื้อดินละเอียด มีปริมาณทรายแป้งน้อย โครงสร้างดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมและก้อนกลม มีความคงทนของโครงสร้างสูง สามารถทนต่อแรงกระทำจากการไถพรวน และแรงกดทับจากเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ได้ดี ค่าความหนาแน่นรวมของดินต่ำ (น้อยกว่า1.31 เมกกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และมีการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่ส่วนใหญ่ปลูกข้าวโพด

พื้นที่ที่มีศักยภาพในการเกิดดินดานระดับ 2 เป็นพื้นที่พบชั้นดานในดินในระดับปานกลาง โดยเป็นดินที่มีเนื้อดินในกลุ่มเนื้อปานกลาง มีปริมาณทรายแป้งค่อนข้างสูง โครงสร้างดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยม และมีความคงทนของโครงสร้างปานกลาง ค่าความหนาแน่นรวมของดินมีค่าประมาณ 1.31-1.65 เมกกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่ในการปลูกอ้อย

พื้นที่ที่มีศักยภาพในการเกิดดินดานระดับ 3 เป็นพื้นที่ที่จะพบชั้นดานในดินได้ง่าย โดยเป็นดินที่มีเนื้อดินในกลุ่มปานกลางและค่อนข้างหยาบ โดยมีปริมาณทรายแป้งสูง และมีความคงทนของโครงสร้างน้อย ง่ายต่อการถูกทำลาย ทนแรงกระทำจากการไถพรวนและแรงกดทับจากเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ได้น้อย ดินมีค่าความหนาแน่นรวมสูง (มากกว่า 1.65 เมกกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และมีการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่ในการปลูกมันสำปะหลัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 แผนที่แสดงพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเกิดชั้นดานไถพรวนในประเทศไทย

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. ลักษณะปัญหาของชั้นดานที่มีการผลิตพืช

ความลึกของชั้นดานที่พบในดิน จะมีผลต่อการเลือกใช้ที่ดินเพื่อการปลูกพืชเป็นอย่างมาก หากพบชั้นดานภายใน 50 เซนติเมตรจากผิวดิน พืชที่ปลูกควรเป็นพืชรากสั้น ถ้าชั้นดานอยู่ลึกปานกลาง (50-100 เซนติเมตร) สามารถปลูกพืชไร่ ไม้ผล ไม้ยืนต้นได้ แต่ต้องมีการจัดการที่ดี (กลุ่มมาตรฐาน, 2544)

ดินที่มีชั้นดานมีสภาพไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากชั้นดานมีผลกับการกระจายของรากในหน้าตัดดิน โดยการเจริญทางดิ่งของรากจะช้า ระบบรากจะถูกยับยั้งให้อยู่เฉพาะบริเวณด้านบนของชั้นดาน (Bennie, 1991) การยับยั้งรากพืชจะมีผลรุนแรงถ้าผิวดินแห้งและปริมาณน้ำมีจำกัด เนื่องจากพืชไม่สามารถใช้น้ำและอาหารตั้งแต่ส่วนที่เป็นชั้นดานลงไปได้ (Voorhees, 1992) ชั้นดานจำกัดการไหลซึมผ่านของน้ำและอากาศทำให้ดินมีความชื้นต่ำในฤดูแล้ง และยังขัดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำและอากาศไปยังรากพืช (Coelho *et al*., 2000) ทำให้เกิดชั้นน้ำใต้ดินชั่วคราวขึ้นในฤดูฝน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) โดยน้ำที่ขังอยู่จะทำให้พืชได้รับความเสียหายและตายในที่สุด (Singer, 1987)

ชั้นดินล่างที่แน่นทึบจำกัดการซาบซึมของน้ำลงไปในดินลึกได้ ทำให้ดินที่อยู่ตอนบนของชั้นดานอิ่มตัวได้ง่ายเนื่องจากน้ำฝนไม่สามารถที่จะซึมลงสู่ดินชั้นล่างได้ เมื่อฝนตกหนักส่งเสริมให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าผิวดินและเกิดการกร่อนดิน (กลุ่มมาตรฐาน, 2544; Boer, 1999)

ในบริเวณพื้นที่ที่มีความลาดชัน ชั้นดานจะทำให้การไหลซึมผ่านของน้ำลดลง การไหลบ่าของน้ำเร็วเกิดการกร่อนอย่างรุนแรงได้ และน้ำที่มีประโยชน์ในดินก็ลดลงด้วย (Albaladejo, 1990; Boer, 1999) และพบว่าน้ำจะไหลซึมผ่านชั้นดานช้ากว่าชั้นดินปกติถึง 1,000 เท่า

ในช่วงฤดูฝน การอัดตัวแน่นของชั้นดินล่างจะทำให้จำกัดการระบายน้ำของดิน ส่งผลให้เกิดกระบวนการ denitrification ทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจน พืชจึงอาจแสดงอาการขาด นอกจากนี้ อาจส่งผลต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของรากพืชทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุโพแทสเซียมร่วมด้วย (ชวเลิศ และคณะ, 2548)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดินที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชจะมีความหนาแน่นรวมของดินประมาณ 1.3 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ถ้าความหนาแน่นรวมของดินเพิ่มขึ้น แสดงว่าดินนั้นมีการอัดตัวแน่นมากขึ้นหรือมีโครงสร้างน้อยลง จะมีผลทำให้ผลผลิตลดลง จากการทดลองของ ปรีชา (2542) พบว่า ถ้าความหนาแน่นของดินเพิ่มขึ้นจาก 1.3 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดย ทุก ๆ 0.1 หน่วยที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ผลผลิตอ้อยลดลง 7 ตันต่อเฮกตาร์ หรือ 1.2 ตันต่อไร่

Charreau and Nicou (1971) ศึกษาผลของความหนาแน่นรวมที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วลิสงและข้าวฟ่างที่ปลูกบนดินแอลฟิซอลส์ที่เป็นทราย ในประเทศเซเนกัล พบว่า การเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วลิสงจะลดลงเมื่อความหนาแน่นรวมของดินเพิ่มขึ้นจาก 1.45 เป็น 1.65 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร และในทำนองเดียวกัน การเจริญเติบโตของรากและผลผลิตข้าวฟ่างจะลดลงเมื่อความหนาแน่นรวมของดินเพิ่มขึ้นจาก 1.4 เป็น 1.65 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร

Oussible *et al.* (1992) ศึกษาความหนาแน่นรวมของดินร่วนเหนียว ในประเทศโมร็อคโค พบว่า ดินมีความหนาแน่นรวมสูงกว่า 1.52 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่ระดับความลึกมากกว่า 10 เซนติเมตร จะทำให้ผลผลิตของข้าวสาลีลดลงร้อยละ 9-20 และในลักษณะเดียวกันนี้จะส่งผลให้ผลผลิตของข้าวโพดลดลงมากที่สุดถึงร้อยละ 70

Tongglum และคณะ (2000) รายงานว่า เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในเขตจังหวัดนครราชสีมาและฉะเชิงเทรา ส่วนมากนิยมการเตรียมดินโดยการไถพรวนดินด้วยผาล 3 ตามด้วยผาล 7 และยกร่องปลูก จะช่วยให้ดินร่วนซุยปราศจากวัชพืชและง่ายต่อการปลูก แต่อย่างไรก็ตามผลของการเตรียมดินด้วยวิธีการดังกล่าวติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้ดินเกิดการอัดตัวแน่นหรือพบชั้นดานในดินที่ระดับความลึกประมาณ 20 เซนติเมตร ส่งผลให้การระบายน้ำเลวลง แต่ส่งเสริมให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าผิวดินและกร่อนดิน ทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังต่ำลง ทั้งนี้น่าจะเป็นเนื่องจากการเจริญเติบโตของรากถูกจำกัด

Dauda and Samari (2002) ศึกษาจำนวนการบดอัดของรถไถขนาดใหญ่ที่มีต่อการอัดแน่นของชั้นดินล่างและผลผลิตของถั่วพุ่มที่ปลูกบนดินที่เป็นดินร่วนปนทรายแป้ง ทางตอนเหนือของประเทศไนจีเรีย พบว่า เมื่อใช้รถวิ่งผ่านจำนวน 20 ครั้ง ส่งผลให้ผลผลิตของถั่วพุ่มลดลงจาก 989 เป็น 560 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ในขณะที่ความหนาแน่นรวมของดินเพิ่มสูงขึ้นจาก 1.40 เป็น 1.75 เมกกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Hassan *et al*. (2004) ทำการศึกษาผลของการอัดตัวแน่นของดินล่างที่มีผลต่อผลผลิตของข้าวฟ่างในประเทศปากีสถาน ผลการทดลองพบว่า การอัดตัวแน่นของชั้นดินล่างจะเพิ่มมากตามจำนวนครั้งที่วิ่งบดอัด โดยเมื่อใช้รถวิ่งผ่าน 6 ครั้ง จะทำให้ชั้นดินล่างมีความหนาแน่นรวมสูงสุดเท่ากับ 1.72 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขณะที่ความพรุนรวมของดินมีค่าลดลงจากร้อยละ 47.3 เมื่อไม่มีการใช้รถบดอัดเป็นร้อยละ 34.5 และผลผลิตของข้าวฟ่างลดลงเมื่อดินล่างมีความหนาแน่นรวมเพิ่มขึ้น

7. มันสำปะหลัง

มันสำปะหลังจัดเป็นพืชหัวชนิดหนึ่งมีชื่อสามัญหลายชื่อด้วยกัน ได้แก่ cassava, yucca, mandioca, manioc, madioc และ tapioca เป็นต้น ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Manihot esculenta* Crantz จัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อนของทวีปอเมริกา โดยเฉพาะในอเมริกาใต้ แถบประเทศเปรู เม็กซิโก กัวเตมาลา และฮอนดูรัส ต่อมาได้ขยายไปทั่วเขตร้อนของทวีปอเมริกา และได้ขยายไปสู่แหล่งอื่น ๆ ของโลก โดยชาวโปรตุเกสและสเปน นำมันสำปะหลังจากประเทศเม็กซิโกมาปลูกในประเทศฟิลิปปินส์ประมาณคริสต์ศตวรรษที่ 17 และชาวฮอนแลนด์นำมายังประเทศอินโดนีเซียเมื่อประมาณคริสต์ศตวรรษที่ 18 (ดนัย, 2537) มันสำปะหลังได้เข้ามาในประเทศไทยทางภาคใต้ประมาณ พ.ศ. 2329 เป็นมันสำปะหลังชนิดหวานที่ใช้ทำขนม ส่วนชนิดขมที่ปลูกเพื่อส่งโรงงานนั้นได้มีการนำเข้ามาภายหลัง (จำลอง, 2542) ต่อมาได้มีการปลูกมันสำปะหลังในเขตภาคตะวันออก คือจังหวัดระยอง และจังหวัดใกล้เคียง เนื่องจากความต้องการของตลาดในด้านผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเพื่อใช้ในการเลี้ยงสัตว์และอุตสาหกรรมมีเพิ่มมากขึ้น ทำให้ผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงมีการขยายพื้นที่ปลูกไปยังจังหวัดอื่น ๆ โดยเฉพาะทางด้านภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปัจจุบันภาคตะวันออกเฉียงเหนือจึงมีพื้นที่ปลูกมากที่สุดของประเทศ (จรุงสิทธิ์ และอัจฉรา, 2537)

มันสำปะหลังเป็นพืชทนแล้งได้ดี หลังจากปลูกและเมื่อต้นมันสำปะหลังตั้งตัวได้แล้ว แม้จะขาดฝนเป็นระยะเวลานานติดต่อกัน 3-4 เดือน ก็ยังสามารถทนอยู่ได้โดยไม่ตาย มันสำปะหลังจึงเป็นพืชที่สำคัญในเขตที่มีฤดูแล้งยาวนานถึง 6 เดือนต่อปี ทั้งนี้ต้องเป็นบริเวณที่มีฝนตกไม่ต่ำกว่า 600 มิลลิเมตรต่อปี (เจริญศักดิ์, 2532)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7.1 ลักษณะดินที่เหมาะสม

โดยทั่วไปแล้วมันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถปลูกและขึ้นได้ดีในดินแทบทุกชนิดและในทุกภาคของประเทศ ตั้งแต่เนื้อดินหยาบจนถึงที่มีเนื้อเป็นดินเหนียว ค่าพีเอชดินตั้งแต่เป็นกรดรุนแรงมากถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 4.5-8.0) และดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำจนถึงสูง แต่ดินที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลังนั้น ควรมีค่าพีเอชระหว่าง 5.0-7.0 ดินมีความลึกตั้งแต่ 50 เซนติเมตรขึ้นไป มีเนื้อดินค่อนข้างหยาบ ตั้งแต่ดินร่วนปนทรายจนถึงดินร่วนเหนียวปนทรายระบายน้ำดี (กรมวิชาการเกษตร, 2547) รวมถึงพื้นที่เป็นดินทรายหรือดินร่วนปนทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ซึ่งสะดวกต่อการเก็บเกี่ยว (Nakviroj *et al*., 2002) รวมถึงไม่เสี่ยงต่อการเน่าของหัวในช่วงที่ฝนตกมาก (Sittibusaya *et al*., 1987) ซึ่งมันสำปะหลังที่ปลูกในประเทศไทยจะปลูกบนพื้นที่ราบหรือพื้นที่ที่มีความลาดชันในพิสัยร้อยละ 0-10

มันสำปะหลังให้ผลผลิตในรูปหัวที่เกิดจากการขยายตัวของรากที่อยู่ใต้ผิวดิน ฉะนั้นการเตรียมดินที่ดีโดยการไถให้ลึกและพรวนดินให้ร่วนซุย นอกจากจะช่วยทำลายวัชพืชในแปลงปลูกให้หมดสิ้น ยังช่วยการระบายน้ำได้ดี และมีผลทำให้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสัมผัสกับดินได้มาก ความงอกจะดี จำนวนต้นอยู่รอดจะสูงและมันสำปะหลังสามารถที่จะลงหัวได้ดี ผลผลิตสูงขึ้น (วิจารณ์, 2546)

7.2 วิธีเตรียมดินเพื่อปลูกมันสำปะหลัง

ปิยะวุฒิ และคณะ (2542) รายงานว่าในการเตรียมดินเพื่อปลูกมันสำปะหลัง ควรเตรียมดินให้ลึกร่วนซุยและมีการกำจัดวัชพืชให้หมดสิ้น เนื่องจากการเตรียมดินให้ลึกร่วนซุยมีผลทำให้มันสำปะหลังที่ปลูกมีความงอกและต้นอยู่รอดสูง ท่อนพันธุ์ที่ปลูกสัมผัสกับดินมากที่สุด เมื่องอกเป็นต้นอ่อนแล้ว สามารถเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว สามารถแข่งขันกับวัชพืชได้ การใช้ผาล 3 ครั้งแรกและตามด้วยผาล 7 เป็นวิธีการที่เหมาะสมโดยจะทำการไถพรวนในช่วงที่ดินมีความชื้นเหมาะสม สำหรับการปลูกมันสำปะหลังช่วงปลายฤดูฝน ควรไถพรวนหลังฝนตกแล้ว 2-3 วัน เพื่อตัดเก็บความชื้นไว้ในดิน เมื่อจะทำการปลูกมันสำปะหลังโดยวิธีขึงเชือก จึงไถแปรดินด้วยจานพรวนหรือผาล 7 อีกครั้งหนึ่ง วิธีการนี้มันสำปะหลังจะงอกและสามารถเจริญเติบโตข้ามฤดูแล้งโดยอาศัยความชื้นในดินที่มีอยู่ สำหรับการปลูกมันสำปะหลังในช่วงฤดูฝนแนะนำให้ยกร่อง แล้วปลูกบนสันร่องจะดีกว่า โดยเฉพาะในกรณีที่ฝนตกชุก น้ำจะสามารถระบายออกไปตามร่องได้ ไม่พัดพา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทำความเสียหายกับท่อนพันธุ์ที่ปลูก การกำจัดวัชพืชทำได้สะดวก เพียงใช้จอบถากดินและหญ้าลงมาบริเวณกลางร่อง แต่อย่างไรก็ตามได้มีการเปรียบเทียบผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกด้วยวิธียกร่องและไม่ยกร่อง ปรากฏว่าให้ผลผลิตใกล้เคียงกัน

8. อ้อย

อ้อย เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว มีแหล่งกำเนิดที่เกาะนิวกินี (Simmonds, 1976) ชื่อวิทยาศาสตร์ Gramineae หรือ Poaceae, Subfamily Panicoideae, Tribe Andropogoneae มีชื่อสามัญ sugarcane (เกษม และ ชุลี, 2523; Holm *et al*., 1977)

8.1 ลักษณะดินที่เหมาะสม

ดินที่มีความเหมาะสมสำหรับการปลูกอ้อย ควรมีเนื้อดินเป็นดินร่วน ได้แก่ ดินร่วนเหนียวปนทราย ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง และดินร่วนเหนียว (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2526)

ดินปลูกอ้อยที่ดีควรมีความหนาแน่นรวมของชั้นดินบน 1.5 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 1.6 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตรในชั้นดินล่าง จึงจะให้ผลผลิตดีและมีคุณภาพ โดยความหนาแน่นรวมของดินที่มีผลต่อการเจิญเติบโตของรากอ้อยจะมีค่าวิกฤตอยู่ที่ 1.8-1.9 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และอ้อยสามารถดูดน้ำไปใช้ได้ง่ายเมื่อดินมีค่าการดึงดูดน้ำในช่วง 20-250 กิโลปาสคาล (0.2-2.5 บาร์) (Hunsigi, 1993)

สภาพพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกอ้อยควรเป็นพื้นที่ราบเรียบ ความชันของพื้นที่น้อยกว่าร้อยละ 3 (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2526) แต่ Blackburn (1984) รายงานว่าความลาดชันของพื้นที่จะมากถึงร้อยละ 10 แต่ไม่เกินร้อยละ 12 ก็ยังคงมีความเหมาะสมซึ่งแก้ไขโดยทำการไถพรวนตามแนวระดับ และมีระบบการให้น้ำที่เหมาะสม

8.2 วิธีเตรียมดินในการปลูกอ้อย

วิธีเตรียมดินในการปลูกอ้อย หลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยตอปีสุดท้าย เกษตรกรมักจะเผาเศษซากพืชที่เหลืออยู่บนดิน เพื่อสะดวกในการไถพรวน จากนั้นใช้เครื่องไถระเบิดดินดาน (subsoiler)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หรือ ไถสิ่ว (ripper) ไถระเบิดดินชั้นล่าง จากนั้นใช้ผาล 3 ไถกลบเศษซากพืชที่เหลืออยู่บนแปลง ตากดินทิ้งไว้ 7-10 วัน จากนั้นใช้จานพรวนหรือผาล 7 เพื่อพรวนดิน อาจไถมากกว่า 1 ครั้งเพื่อให้ดินร่วนซุยแล้วจึงยกร่องและปลูกอ้อยในร่อง ใช้รถไถเดินตามกำจัดวัชพืชเมื่ออ้อยอายุ 1-4 เดือน ในบางพื้นที่อาจมีการไถระเบิดดินดานทุก ๆ 3-4 ปี ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับสภาพของดินและฤดูกาลที่ปลูก จากนั้นจะมีการปรับระดับพื้นที่แล้วยกร่องด้วยไถหัวหมู หรือ หางยกร่อง (เกษมและชุลี, 2523)

9. พื้นที่ที่ทำการศึกษา

9.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

จังหวัดขอนแก่น มีลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไป เป็นที่ราบสูง ทางทิศตะวันตกสูงมากและค่อย ๆ ลาดเทไปทางทิศตะวันออกและตะวันออกเฉียงใต้ ห่างจากกรุงเทพฯ 445 กิโลเมตร อยู่ระหว่างเส้นรุ้ง ที่ 15-17 องศาเหนือและเส้นแวงที่ 101-103 องศาตะวันออกมีพื้นที่ 10,886.99 ตารางกิโลเมตร หรือ 6.8 ล้านไร่ และมีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียง รวม 9 จังหวัดดังนี้

ทิศเหนือติดต่อกับจังหวัดอุดรธานี จังหวัดเลย และจังหวัดหนองบัวลำภู
ทิศใต้ติดต่อกับจังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดบุรีรัมย์
ทิศตะวันออกติดต่อกับจังหวัดกาฬสินธุ์ และจังหวัดมหาสารคาม
ทิศตะวันตกติดต่อกับจังหวัดชัยภูมิ และจังหวัดเพชรบูรณ์

9.2 ลักษณะภูมิประเทศ

สภาพพื้นที่โดยทั่วไปเป็นที่ราบสูง มีพื้นที่สูงต่ำสลับเป็นลูกคลื่น ทางทิศตะวันตกสูงมากเพราะมีแนวเขาภูกระดึงและเพชรบูรณ์ สำหรับทางทิศตะวันออกและทิศตะวันออกเฉียงใต้ มีลักษณะสูงต่ำ มีที่ราบลุ่มแถบลุ่มน้ำชี ในเขตพื้นที่อำเภอพระยืน ชนบท บ้านไผ่ มัญจาคีรี แวงน้อย แวงใหญ่ เมือง และที่ราบลุ่มน้ำพอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

9.3 ลักษณะทางธรณีวิทยา

ลักษณะทางธรณีวิทยาของจังหวัดขอนแก่น ถูกจำแนกเป็นหมวดหมู่ตามชนิดชั้นหิน และอายุของหิน ประกอบด้วยหินตะกอนเป็นส่วนใหญ่มีการจัดลำดับชั้นหินและชนิดของหินที่พบ ดังนี้

9.3.1 หน่วยหินในมหายุคพาลีโอโซอิก แบ่งได้ 2 ยุค ดังนี้

9.3.1.1 หินในยุคคาร์บอนิเฟอรัส ประกอบด้วยหินทราย หินดินดาน หินเชิร์ต หินแกรย์แวก หินกรวดมน หินปูน หินทัฟฟ์ และหินกรวดภูเขาไฟ

9.3.1.2. หินในยุคเพอร์เมียน ประกอบด้วยหินปูนเป็นส่วนใหญ่ หินดินดาน หินทรายแป้ง หินเชิร์ต หินทัฟฟ์ หินแอนดีไซต์ หินทราย และหินกรวดภูเขาไฟเป็นส่วนน้อย เรียกกันทั่วไปว่า กลุ่มหินราชบุรี

9.3.2 หน่วยหินในมหายุคมีโซโซอิก

หน่วยหินที่จำแนกได้ว่ามีอายุอยู่ในช่วงนี้ ประกอบด้วยหมวดหินต่าง ๆ ตั้งแต่ยุคไทรแอสซิกจนถึงครีเทเชียส (หรือตอนต้นของยุคควอเทอร์นารี) คือ

9.3.2.1 หน่วยหินอายุต่อเนื่องของยุคไทรแอสซิกกับครีเทเชียสประกอบด้วยหมวดหินต่าง ๆ ที่อยู่ในกลุ่มหินโคราช แบ่งออกเป็น 7 หมวดหิน เรียงจากอายุมากไปหาอายุน้อย ดังนี้

9.3.2.1.1 หมวดหินน้ำพอง ประกอบด้วยหินทราย หินกรวดมน หินทรายแป้ง และหินดินดาน

9.3.2.1.2 หมวดหินภูกระดึง ประกอบด้วยหินทรายแป้งปนไมกาและปนปูน สีน้ำตาล สีน้ำตาลอมแดง สีแดงอมเทา หินทรายสีน้ำตาล สีเทา

9.3.2.1.3 หมวดหินพระวิหาร ประกอบด้วยหินทรายสีขาวสีชมพู มีชั้นเอียงตัดกัน (cross bedding) และหินทรายแป้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

9.3.2.1.4 หมวดหินเสาขรัว ประกอบด้วยหินทรายแป้งสีเทาหรือสีน้ำตาล หินทราย หินกรวดมน

9.3.2.1.5 หมวดหินภูพาน ประกอบด้วยหินทราย ชั้นเอียงตัดกัน หินทรายกรวดมน และหินดินดาน

9.3.2.1.6 หมวดหินโคกกรวด ประกอบด้วยหินทราย หินดินดาน หินทรายแป้ง และหินกรวดมน

9.3.2.1.7 หมวดหินมหาสารคาม ประกอบด้วย หินทรายแป้ง หินดินดาน และหินทราย มีเกลือหิน (rock salts) โพแทช (potash) ยิปซัม และแอนไฮไดรต์

9.3.3 หน่วยหินในมหายุคซีโนโซอิก

หินในยุคควอเทอร์นารี เป็นหินใหม่ที่เกิดจากการทับถมของตะกอนบริเวณลำน้ำพบในลักษณะการทับถมของบริเวณตะพักลุ่มน้ำ ประกอบด้วยกรวด ทราย ทรายแป้ง ศิลาแลงและดินสีเหลือง สีแดง ส่วนที่พบในที่ราบน้ำท่วมใหม่ ประกอบด้วยตะกอนทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว

9.4 ลักษณะภูมิอากาศ

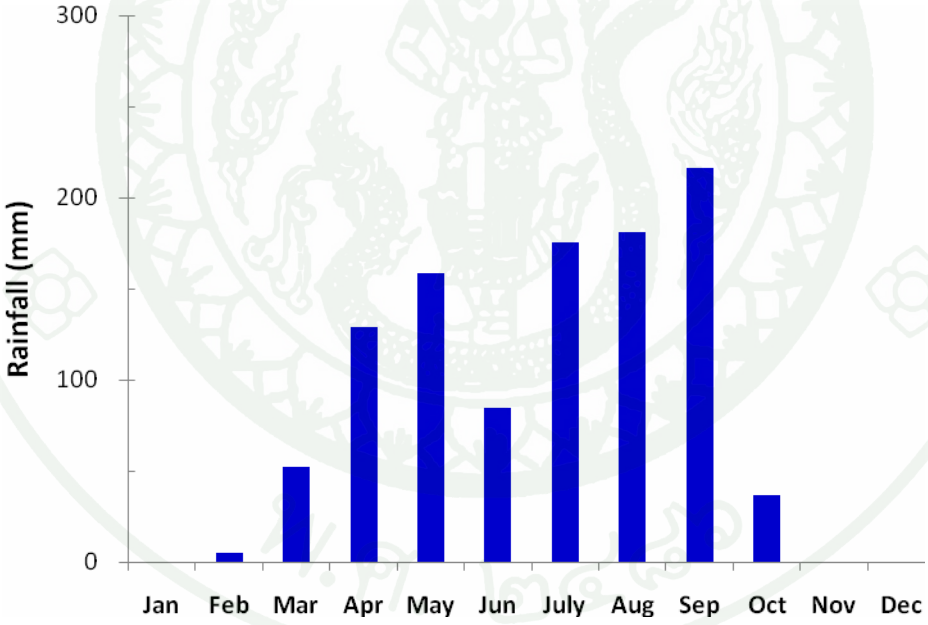
จังหวัดขอนแก่นตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งอยู่ในเขตเส้นละติจูดต่ำ และได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตามฤดูกาลจึงทำให้มีภูมิอากาศแบบเขตร้อนที่มีปริมาณฝนน้อย (tropical low-rainfall) และแบบทุ่งหญ้าเขตร้อนที่มีฝนตกเฉพาะฤดู (tropical savanna climate: AW) ตามระบบจำแนกของ Koppen ปี 1931 (เอิบ, 2533; Wada *et al*., 1994) ในช่วงระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์จะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือทำให้มีอากาศหนาวและแห้งแล้งซึ่งพัดมาจากบริเวณไหล่ทวีปเอเชียเกิดปกคลุมไปทั่วทั้งจังหวัด ส่วนลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน จะพัดพาอากาศชื้นและอบอุ่นจากมหาสมุทรอินเดียเข้ามา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

9.5 ปริมาณน้ำฝน

จังหวัดขอนแก่นตั้งอยู่ในบริเวณทางด้านตะวันตกและทางตอนใต้ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีฝนตกน้อยที่สุด ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปี (average annual rainfall) ประมาณ 1,000-1,400 มิลลิเมตร ทั้งนี้เนื่องจากได้รับอิทธิพลของภูเขาเป็นเครื่องกีดขวาง

ปริมาณการแจกกระจายของน้ำฝนในจังหวัดขอนแก่น พบว่าในเดือนกันยายนมีปริมาณการแจกกระจายของน้ำฝนเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 216.5 มิลลิเมตร และในเดือนธันวาคมมีปริมาณการแจกกระจายของน้ำฝนเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 0.01มิลลิเมตร ในขณะที่เดือนมกราคมไม่มีฝนตกเลย (สถานีตรวจอากาศจังหวัดขอนแก่น, 2552)



ภาพที่ 3 ปริมาณการแจกกระจายของฝนในจังหวัดขอนแก่น พ.ศ. 2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

9.6 อุณหภูมิ

จังหวัดขอนแก่น อยู่ในเขตมรสุม ปีหนึ่งมี 3 ฤดู คือ ฤดูฝนเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม ฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ และฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน อุณหภูมิสูงสุดในเดือนมีนาคมวัดได้ 40.0 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดในเดือนมกราคม วัดได้ 14.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ระหว่างร้อยละ 49–95

9.7 การแจกกระจายของหน่วยดิน

การแจกกระจายของหน่วยดินที่พบในจังหวัดขอนแก่น ที่จำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดิน (Soil Survey Staff, 2006) ประกอบด้วย 7 กลุ่มดินใหญ่ ซึ่งมีลักษณะเด่นดังต่อไปนี้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550)

Kandiustults

เป็นดินลึก ดินบนเป็นดินทรายปนดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย สีน้ำตาลเข้มหรือน้ำตาล ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ส่วนใหญ่มีอนุภาคดินเหนียวไม่เกินร้อยละ 35 มีสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนเหลือง อาจพบสีเทาปนน้ำตาล สีเทาหรือสีเทาปนชมพู ในดินล่างลึกลงไปพบจุดประสี น้ำตาลแก่หรือสีเหลืองปนแดงภายในความลึกมากกว่า 100 เซนติเมตรจากผิวดิน อาจพบก้อนเหล็กสะสมในดินล่าง ดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.5-6.5) ในดินบนและเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5-5.0) ในดินล่าง

Paleustults

เป็นดินตื้นถึงชั้นกรวดลูกรัง หรือเป็นดินลึกปานกลาง ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินร่วนสีน้ำตาลปนเทาเข้ม ดินล่างตอนบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถัดไปเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายปนกรวดหรือดินเหนียวปนกรวดมาก มีสีน้ำตาลหรือน้ำตาลแก่ ส่วนดินล่างภายใน 50-100 เซนติเมตรเป็นดินร่วนเหนียวปนกรวดมาก หรือดินเหนียวปนกรวดมาก ถัดไปจะเป็นชั้นดินเหนียวตลอด มีสีเทาปนน้ำตาลอ่อนหรือสีเทาอ่อน มีจุดประสีแดงของศิลาแลงอ่อนและน้ำตาลแก่หรือน้ำตาลปนเหลือง ดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.0-6.5) ในดินบนและเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดจัด (pH 4.5-5.5) ในดินล่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Kandiaquults

เป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินทรายปนดินร่วน สีน้ำตาลปนเทาหรือสีน้ำตาล ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายหรือดินร่วนปนทรายอาจพบชั้นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินเหนียว สีเทาปนน้ำตาลอ่อนหรือเทาปนชมพู พบจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองหรือสีน้ำตาลปนแดงตลอด ดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.0-6.5) ในดินบนและเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 4.5-6.5) ในดินล่าง

Haplustults

เป็นดินลึกปานกลาง พบก้อนกรวด ดินบนเป็นดินทรายปนดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย สีน้ำตาลปนเทา ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายหรือดินเหนียวปนก้อนกรวด สีน้ำตาลอ่อนหรือสีเทาปนน้ำตาลอ่อน มีจุดประสีน้ำตาลแก่และพบศิลาแลงอ่อน (plinthite) ภายในความลึก 75 เซนติเมตร พบพวกลูกรังและเศษหินทรายที่กำลังสลายตัวในระดับความลึก 50-100 เซนติเมตร ดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดปานกลาง (pH 5.5-6.0) ในดินบนและเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5-5.0) ในดินล่าง

Paleustalfs

เป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินทรายปนดินร่วนหรือดินทราย สีน้ำตาลอ่อน ถัดลงไปเป็นดินทรายปนดินร่วน สีเทาปนชมพู ดินล่างเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินร่วนเหนียวปนทราย สีน้ำตาลแก่หรือน้ำตาลปนเหลือง มีจุดประสีแดงปนเหลืองหรือสีแดง ดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดปานกลาง (pH 5.0-6.0) ตลอดหน้าตัดดิน

Haplustalfs

เป็นดินลึก ดินบนเป็นดินทรายปนดินร่วนหรือดินทราย สีน้ำตาลปนเทาหรือสีน้ำตาล ดินล่างเป็นดินทรายปนดินร่วน สีชมพูหรือสีน้ำตาลซีดมาก พบชั้นสะสมดินเหนียวที่ความลึกต่ำกว่า 100 เซนติเมตร จากผิวดิน มีสีเทาปนชมพูหรือสีน้ำตาลซีด มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายและเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายในดินล่างลึกลงไป พบจุดประสีน้ำตาลแก่ เหลืองปนแดง หรือแดงปนเหลืองในดินชั้นล่างนี้ด้วย ดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pH 5.0-6.0) ในดินบนและเป็นกรดจัดมากถึงกรดเล็กน้อย (pH 4.5-6.5) ในดินล่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Ustipsamment

เป็นดินลึก เนื้อดินเป็นดินทรายปนดินร่วนตลอด อาจพบก้อนกรวดปะปนในดินล่าง ดินบนเป็นสีน้ำตาลปนเทา ดินล่างเป็นสีเทาปนชมพูหรือสีน้ำตาลอ่อน กรวดที่พบเป็นแร่ควอตซ์และเฟลด์สปาร์ อาจพบจุดประสีในชั้นหินต้นกำเนิดที่กำลังสลายตัว ปฏิกิริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง (pH 6.0-7.0) ในดินบนและเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.5-6.5) ในดินล่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. แผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 (กรมแผนที่ทหาร, 2547)

2. แผนที่ดินจังหวัดขอนแก่น มาตราส่วน 1:100,000 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2516)

3. แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดขอนแก่น มาตราส่วน 1: 250,000 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2524)

4. เครื่องมือการสำรวจดินในภาคสนามแบบมาตรฐาน (เอิบ, 2542ข; Soil Survey Division Staff, 1993)

5. เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมีของดิน

6. เครื่องวัดความต้านทานการแทงทะลุของดิน (penetrometer)

วิธีการ

1. การศึกษาภาคสนาม

1.1 การสำรวจภาคสนามเพื่อทำการคัดเลือกพื้นที่ศึกษา เป็นแปลงเกษตรกรปลูกมันสำปะหลังและอ้อยในบริเวณเดียวกัน (ภาพที่ 4) จำนวน 5 บริเวณในจังหวัดขอนแก่น ได้แก่ ในอำเภอน้ำพอง จำนวน 3 บริเวณ และอำเภอมัจจาคีรี จำนวน 2 บริเวณ (ภาพที่ 5) โดยในแต่ละบริเวณจะต้องพบชั้นดินล่างที่มีค่าแรงต้านทานการแทงทะลุสูงกว่า 2 เมกะปาสคาล ภายในความลึก 40 เซนติเมตรจากผิวดิน ซึ่งจะทำการวัดด้วยเครื่องวัดความต้านทานการแทงทะลุของดิน (penetrometer) ในสภาพสนาม แสดงให้เห็นว่าชั้นดินดังกล่าวมีแนวโน้มเป็นชั้นดานไถพรวน

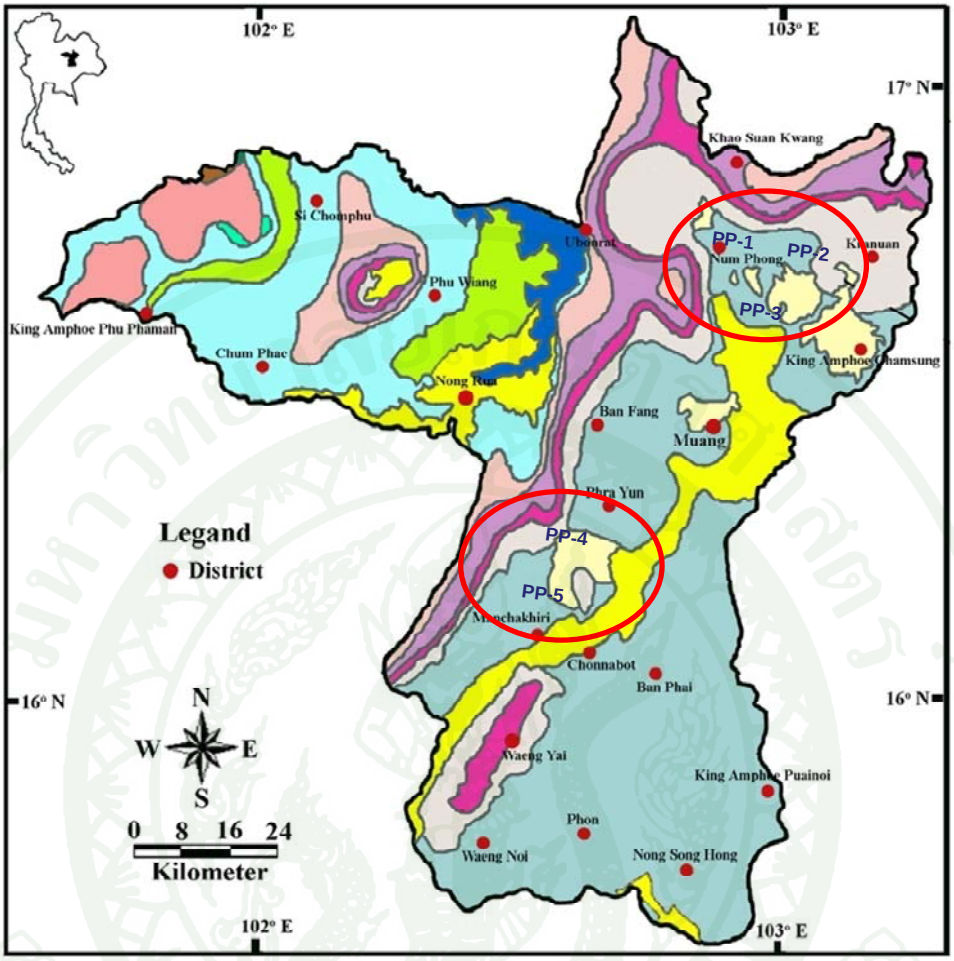
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 4 พื้นที่ศึกษาที่มีการปลูกมันสำปะหลังและอ้อยอยู่ในบริเวณเดียวกัน

1.2 ทำการขุดหน้าตัดดินขนาด กว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร ลึก 60 เซนติเมตร จำนวน 2 จุด ได้แก่ บริเวณที่ปลูกมันสำปะหลัง และปลูกอ้อย โดยในทุกบริเวณ เกษตรกรได้ทำการยกร่องเพื่อปลูกพืชทั้งสองชนิด ทำการตกแต่งหน้าตัดดินให้สามารถมองเห็นสัณฐานวิทยาของดินได้ชัดเจนทั้งสองด้าน ได้แก่ ด้านที่ขนานกับแนวปลูกพืชและด้านที่ขนานกับแนวล้อของรถไถ ทำการแบ่งชั้นดินตามชั้นกำเนิดดิน (genetic horizon) ตรวจสอบสมบัติดินในแต่ละชั้น ทำคำบรรยายหน้าตัดดิน

1.2.1 ทำการเก็บตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวนโดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดิน (core) จำนวน 3 ชั้น ได้แก่ ดินชั้นไถพรวน (Ap) ชั้นดานไถพรวน (Ap2/Btd) และใต้ชั้นไถพรวน (Bt) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ค่าสภาพการนำน้ำขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ความหนาแน่นรวมของดิน และ ความแข็งที่วัดในขณะที่ดินไม่มีความชื้นเหลืออยู่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

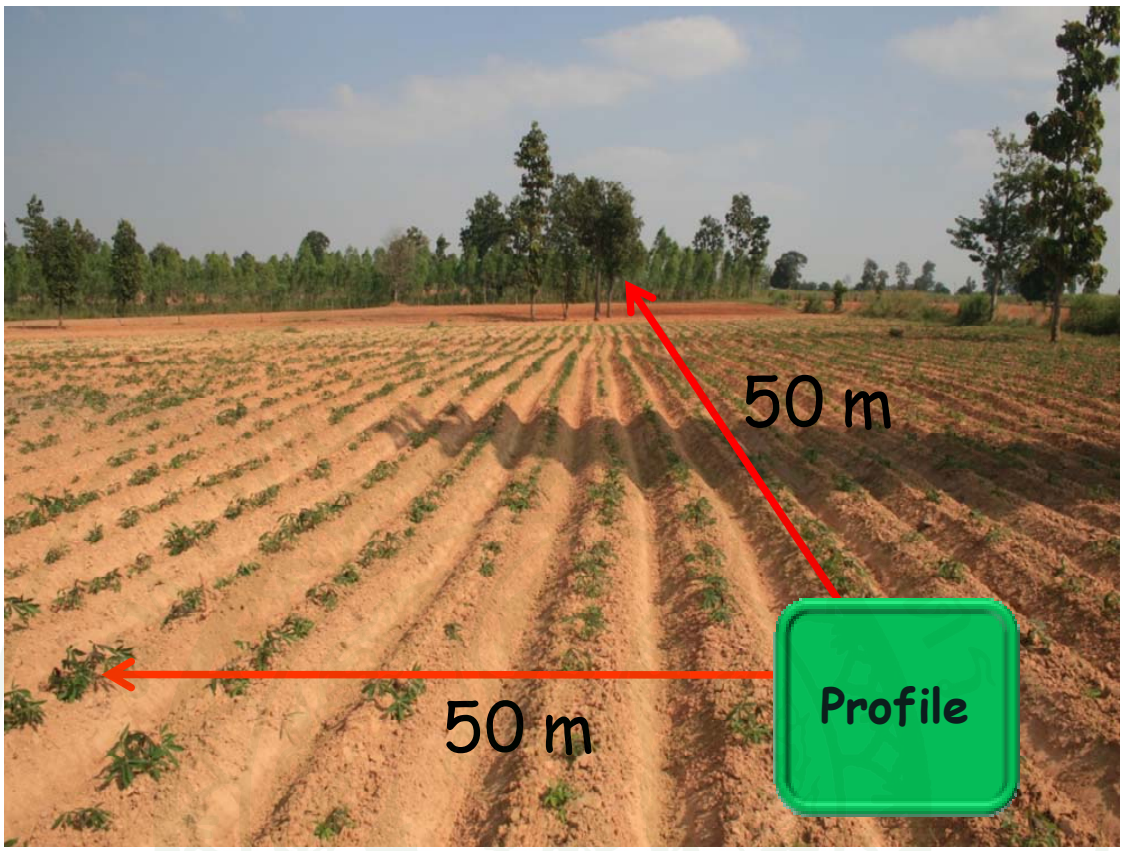


ภาพที่ 5 พื้นที่ทำการศึกษาบริเวณอำเภอน้ำพองและอำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

1.2.2 ทำการเก็บตัวอย่างดินที่ถูกรบกวน ที่ชั้นหนา 5 เซนติเมตร ในตอนล่างของดินบน (Ap-b) และที่ความหนาเดียวกันในตอนบนของชั้นดานไถพรวน(Btd-t) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์

1.2.3 ทำการวัดค่าแรงต้านทานการแทงทะลุดินโดยใช้เครื่องวัดความต้านทานการแทงทะลุของดิน (penetrometer) ในสภาพสนาม โดยเริ่มต้นจากด้านที่ขนานกับแนวปลูกและด้านที่ขนานกับแนวล้อรถไถ ออกไปด้านละ 50 เมตร โดยทำการวัดทุก ๆ 5 เมตร ที่ระดับความลึก 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-30, 30-35, 35-40, 40-45 และ 45-50 เซนติเมตร (ภาพที่ 6) พร้อมทั้งทำการหาความชื้นของดินในแต่ละระดับความลึก (ภาคผนวกที่ 7) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบค่าแรงต้านทานการแทงทะลุดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 6 การวัดค่าแรงต้านทานการแทงทะลุดินโดยใช้เครื่องวัดความต้านทานการแทงทะลุของดิน (penetrometer) ในสภาพสนามโดยเริ่มต้นจากด้านที่ขนานกับแนวปลูกและด้านที่ขนานกับแนวล้อรถไถทั้งในบริเวณที่ปลูกมันสำปะหลังและอ้อย

1.3 การทำ site characterization

ทำการขุดหลุมหน้าตัดดินขนาด กว้าง 1.5 เมตร ยาว 2 เมตร ลึก 2 เมตร ในแต่ละบริเวณที่ทำการศึกษา ทำการตกแต่งหน้าตัดดินให้สามารถมองเห็นสัณฐานวิทยาของดินได้ชัดเจน ทำการแบ่งชั้นดินตามชั้นกำเนิดดิน (genetic horizon) ตรวจสอบสมบัติดินในแต่ละชั้น ทำคำบรรยายหน้าตัดดินและสภาพแวดล้อมทั่วไปของพื้นที่ และทำการเก็บตัวอย่างดินตามวิธีมาตรฐาน (เอิบ, 2547, Soil Survey Division Staff, 1993) นำมาวิเคราะห์สมบัติเพื่อใช้เป็นข้อมูลตัวแทนดินที่ใช้ในการปลูกมันสำปะหลังและอ้อย และทำการจำแนกดินให้ได้ชื่อดินในระดับกลุ่มดินย่อย (subgroup) (Soil Survey Staff, 2006) เพื่อใช้ในการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การเก็บตัวอย่างดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินตามชั้นกำเนิดดิน โดยมีการเก็บตัวอย่างดิน 2 ลักษณะ คือ

2.1 ตัวอย่างดินที่ถูกรบกวน (disturbed soil samples) เก็บดินทุกชั้นๆละประมาณ 1-2 กิโลกรัม เพื่อใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

2.2 เก็บตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวน (undisturbed soil samples) โดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่าง (core) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์สภาพการนำน้ำ ความหนาแน่นรวมของดิน และความแข็งของดิน

3. การวิเคราะห์ดิน

นำตัวอย่างดินที่เก็บจากภาคสนามมาผึ่งลมให้แห้ง บด และร่อน ผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จากนั้นนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3.1 การวิเคราะห์ทางกายภาพ

3.1.1 การกระจายขนาดของอนุภาคดิน (soil particle size distribution) โดยวิธีแยกด้วยตะแกรง (sieving method) ในขนาดอนุภาคทราย แบ่งเป็น 5 ขนาด ได้แก่ ทรายหยาบมาก (2.00-1.00 มิลลิเมตร) ทรายหยาบ (1.00-0.50 มิลลิเมตร) ทรายหยาบปานกลาง (0.50-0.25 มิลลิเมตร) ทรายละเอียด (0.25-0.10 มิลลิเมตร) และทรายละเอียดมาก (0.10-0.05 มิลลิเมตร) และโดยวิธีไปเปต (pipette method) (Kilmer and Alexander, 1949; Day, 1965) ในขนาดอนุภาคทรายแป้งและอนุภาคดินเหนียว ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นำมาแจกแจงประเภทของเนื้อดิน (soil textural class) โดยการเปรียบเทียบกับชั้นเนื้อดินตามเกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA textural class) (Soil Survey Division Staff, 1993)

3.1.2 การวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) โดยวิธีใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดินที่ไม่ทำลายโครงสร้าง (core method) (Blake and Hartge, 1986)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1.3 การวิเคราะห์หาสภาพนำน้ำของดินขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated hydraulic conductivity) โดยใช้พลังงานขับน้ำผันแปร (variable head method) (Klute, 1965)

3.1.4 การวัดความต้านทานการแทงทะลุของดินในสนาม (penetration resistance) โดยใช้ เครื่องวัดความต้านทานการแทงทะลุของดิน (penetrometer) ในสภาพสนาม (Bradford, 1986)

3.1.5 ความแข็ง (soil strength) ของดิน โดยใช้เครื่องกดคอนกรีต (Norfleep *et al*., 1996)

3.1.6 ความพรุนรวมของดิน (porosity) (Danielson and Sutherland, 1986)

$$\text{Porosity (\%)} = \left[1 - \frac{\text{Bulk density}}{\text{Particle density}}\right] \times 100$$

3.1.7 ความจุความชื้นสนาม (field capacity, FC) เป็นความชื้นของดินที่แรงดึงน้ำเท่ากับ 33 กิโลพาสคัล (Klute, 1986)

3.1.8 จุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point, PWP) เป็นความชื้นของดินที่แรงดึงน้ำเท่ากับ 1500 กิโลพาสคัล (Klute, 1986)

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

$$\text{AWC (\% by vol.)} = (\text{FC-PWP}) \times \text{Bulk density}$$

3.2 การวิเคราะห์ทางเคมี

3.2.1 พีเอชดิน (soil pH) ด้วยเครื่องมือวัดพีเอช (pH meter) ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำและดินต่อสารละลาย 1N KCl เท่ากับ 1:1 (National Soil Survey Center, 1996)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

3.2.3 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) สกัดโดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) และทำการวัดปริมาณฟอสฟอรัสโดยวิธี chlorostannous reduced molybdophosphoric blue color (Chapman and Pratt, 1961)

3.2.4 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium) โดยใช้ 1 M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) (Pratt, 1965) แล้ววัดปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

3.2.5 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ (organic carbon) โดยวิธี Walkley and Black Titration (Walkley and Black, 1934) จากนั้นนำไปคำนวณหาปริมาณอินทรียวัตถุ จากสูตร

Organic matter (%) = %Organic carbon x 1.724

3.2.6 ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (extractable bases) ซึ่งประกอบด้วย แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม โดยสกัดด้วยสารละลาย 1 M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) (Peech, 1945) แล้ววัดปริมาณด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

3.2.7 ความเป็นกรดที่สกัดได้ (extractable acidity) โดยวิธีแบเรียมคลอไรด์ ไตรเอทธาโนลามีน (barium chloride-triethanolamine) ที่ pH 8.2 (Peech, 1965)

3.2.8 ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity) โดยใช้การชะละลายแคตไอออนด้วยสารละลาย 1M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) และแทนที่แคตไอออนของแอมโมเนียมไอออนด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (10%) ในสภาพที่เป็นกรด กลั่นหาแอมโมเนียมไอออน แล้วคำนวณหาค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (Chapman, 1965)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2.9 ค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (bases saturation percentage) โดยการคำนวณจากค่าเบสรวมที่สกัดได้ (sum bases) และความเป็นกรดที่สกัดได้ (extractable acidity) (National Soil Survey Center, 1996) จากสูตร

$$\% \text{ B.S.} = \frac{\text{Sum bases}}{\text{Extractable bases + Extractable acidity}} \times 100$$

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และเคมีของดินที่พบชั้นดานไถพรวนในพื้นที่ที่มีการปลูกมันสำปะหลังและอ้อย และประเมินลักษณะสำคัญและการกำเนิดของชั้นดานไถพรวน

2. ประมวลข้อมูลที่ได้จากการศึกษา เพื่อกำหนดข้อจำกัดของชั้นดานไถพรวนที่มีต่อการผลิตพืช โดยเฉพาะมันสำปะหลังและอ้อย เพื่อใช้สำหรับการวางแผนการอนุรักษ์และการจัดการดิน

สถานที่และระยะเวลาที่ทำการวิจัย

1. สถานที่ทำการวิจัย

1. พื้นที่แปลงเกษตรที่ทำการปลูกมันสำปะหลังและอ้อยในจังหวัดขอนแก่น

2. ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

3. ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

4. สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพฯ

2. ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

เริ่มเดือนเมษายน พ.ศ. 2552 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. ลักษณะทั่วไปและสัณฐานวิทยาสนาม

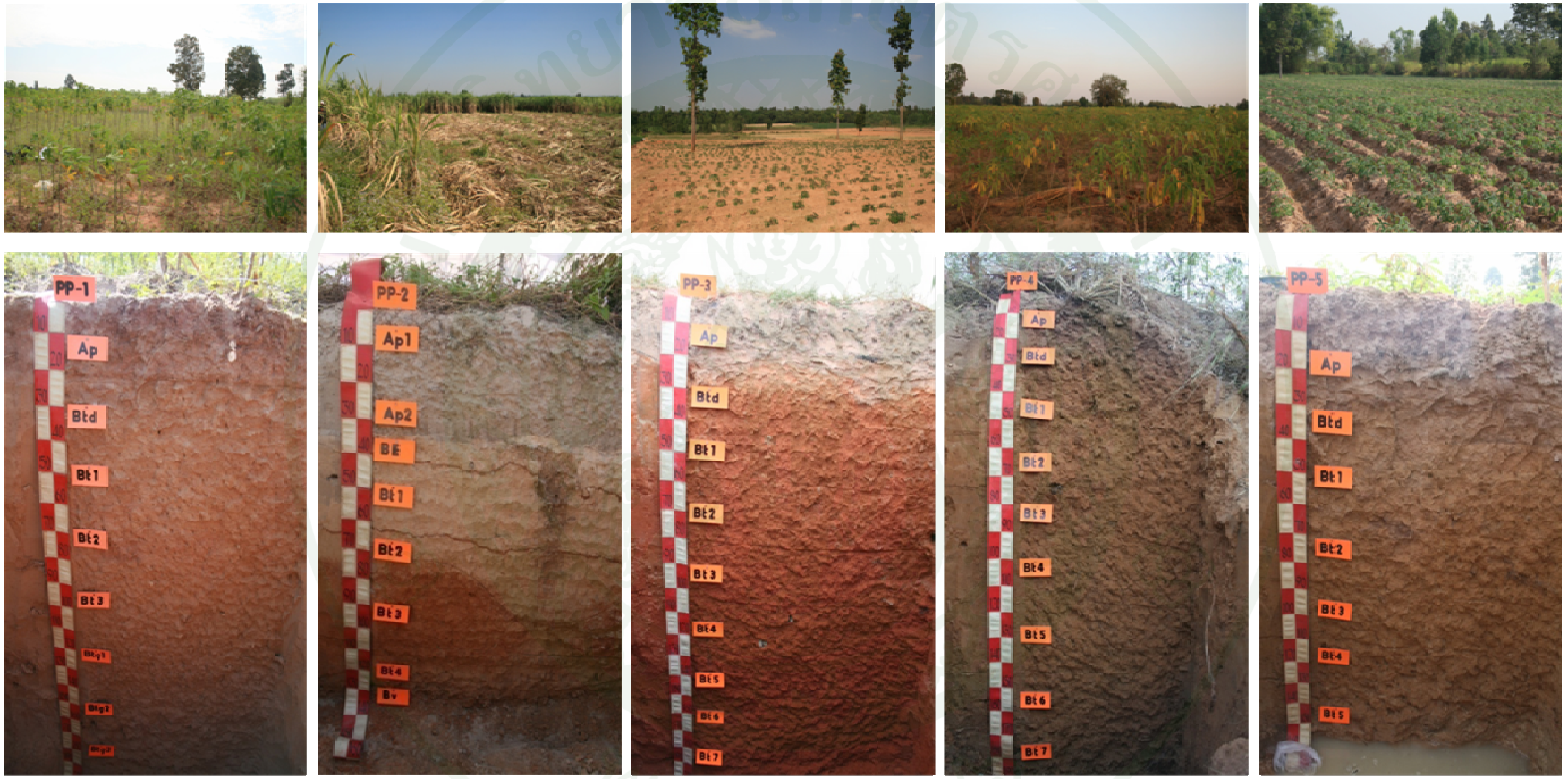
พื้นที่ศึกษามีความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 177-195 เมตร พื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดเทอยู่ในพิสัยร้อยละ 2-6 ดินที่ทำการศึกษาอยู่บนตะพักลุ่มน้ำตอนกลางและตอนล่าง มีวัตถุต้นกำเนิดเป็นตะกอนน้ำพาท้องถิ่นและตะกอนล้างผิวดินที่วางตัวอยู่บนตะกอนตกค้างที่ตัวสลายมาจากหินทราย ดินมีการระบายน้ำดี สภาพให้น้ำซึมผ่านได้ปานกลางถึงเร็ว และการไหลบ่าของน้ำที่ผิวดินปานกลางถึงเร็ว (ตารางที่ 1) ส่วนใหญ่พบระดับน้ำใต้ดินลึกกว่า 200 เซนติเมตร ในฤดูแล้ง ยกเว้นในชุดดินสตึก (PP-5) ที่พบน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 160 เซนติเมตร

ดินทั้ง 5 บริเวณเป็นดินลึก มีการสะสมดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก ดินมีพัฒนาการหน้าตัดดินเป็น Ap-Btd-Bt-Btg, Ap-BE-Bt และ Ap-Btd-Bt (ภาพที่ 7) ดินบนหนา 20-36 เซนติเมตร มีสีน้ำตาลปนแดงถึงน้ำตาลปนเหลือง เนื้อดินเป็นดินทรายถึงดินร่วนปนทราย โครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน ขนาดละเอียดมากถึงละเอียด โครงสร้างไม่มีความคงทนแข็งแรง การยึดตัวของดินเมื่อดินแห้งดินจะนุ่มและแตกออกจากกันได้ง่าย ดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง (pH6.5-7.0) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 สภาพแวดล้อมของดินที่ทำการศึกษา

Site	Elevation (m MSL)	Slope (%)	Relief	Landfrom	Parent material
PP-1	177	2	Slightly undulating	Lower middle terrace	Local alluvium
PP-2	195	4	Undulating	Middle terrace	Wash over residuum derived from sandstone
PP-3	189	6	Undulating	Crestal slope of low hill	Residuum derived from sandstone
PP-4	181	2	Slightly undulating	Middle terrace	Local alluvium
PP-5	197	2	Slightly undulating	Lower middle terrace	Local alluvium

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 7 สภาพแวดล้อมและลักษณะหน้าตัดดินของดินที่ทำการศึกษาทั้ง 5 บริเวณ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 สมบัติทางสัณฐานวิทยาสนามของดินโดยย่อ

Horizon	Depth (cm)	Matrix / Mottle	Texture	Structure	Consistence Dry, moist, wet	Field pH	Pore	Others
PP-1 Ultic Haplustalf								
Ap	0-22	5YR 4/4 / -	LS	1, f, sbk	S, Fri, NS/NP	6.5	c, 1-2, v	Many very fine variegated sands
Btd	22-40	5YR 5/4 / -	SL	2, f-m, abk	SH, F, SS/SP	5.5	f, 1-2, v	Common distinct clay coatings on face of peds and clay bridges between sand grains
Bt1	40-61	Mixed 7.5YR 5/6, 7.5YR 6/4 / 7.5YR5/8	SL	2, f-m, sbk	SH, Fri, SS/SP	5.0	f, 1-2, v	“
Bt2	61-88	Mixed 7.5YR 6/4, 7.5YR 6/6 / 7.5YR 5/8	SL	2, f-m, sbk	S, Fri, SS/MP	5.5	c, 1, v	“
Bt3	88-112	7.5YR 6/4, / 7.5YR 5/6, 5YR 5/8	SL	3,f-m, sbk	H, Fri, SS/MP	6.5	c, 1, v	Many clay coatings on face of peds and clay bridges between sand grains
Btg1	112-142	5YR 6/2 / 5YR 5/8	SCL	3, m, sbk	VH, F, MS/MP	6.0	f, 1, v	“
Btg2	142-171	5YR 6/2 / 2.5YR 5/8, 5YR 5/8	SCL	3, m, semi abk	VH, F, MS/MP	6.0	c, 1-2, t	“
Btg3	171-200+	5YR 7/2 / 2.5YR 5/8	SCL	3, m, semi abk	VH, F, MS/MP	5.5	c, 1-2, t	“

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 (ต่อ)

Horizon	Depth (cm)	Matrix / Mottle	Texture	Structure	Consistence Dry, moist, wet	Field pH	Pore	Others
PP-2 Typic Plinthustult								
Ap1	0-20	10YR 5/3 / -	S	1, f-m, sbk	S, Fri, NS/NP	7	m, 1-2, v	Few very fine coated sands
Ap2	20-36	10YR 5/3 / -	S	1, f, semi abk	S, Fri, NS/NP	6.5	f, 1-2, v	"
BE	36-37/44	10YR 7/4 / -	LS	1, f, sbk	S, Fri, NS/NP	6.5	c, 1, v	"
Bt1	44-65	10YR 6/4 / -	LS	1, f, sbk	S, Fri, NS/NP	6.5	m, 1, v	Few faint clay bridges between sand grains
Bt2	65-72/90	Mixed 5YR 5/8, 5YR 6/8 / -	LS	1, f, sbk	S, Fri, NS/NP	6	m, 1-2, v	Few distinct clay coatings on face of peds and clay bridges between sand grains
Bt3	90-108	Mixed 5YR 6/6, 5YR 6/8 / -	SL	1, f, sbk	S, Fri, SS/SP	6	m, 1-2, v-t	Many distinct clay coatings on face of peds and clay bridges between sand grains
Bt4	108-127	Mixed 7.5YR 6/6, 5YR 7/8 / -	SL	1, f, sbk	SH, Fri, SS/NP	6.5	m, 1, v	Common distinct clay coatings on face of peds and clay bridges between sand grains
Bv	127-140+	5YR 6/6 / -	SL	laterite	SH, Fri, SS/NP	6.5	m, 1, v	"

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 (ต่อ)

Horizon	Depth (cm)	Matrix / Mottle	Texture	Structure	Consistence Dry, moist, wet	Field pH	Pore	Others
PP-3 Typic Haplustult								
Ap	0-20/25	10YR 5/6 -	LS	1, f-m, sbk	S, Fri, NS/NP	7	m, 1, v	Very few very fine coated sands
Btd	25-40	7.5YR 5/8 -	LS	2, f, sbk	SH, Fri, NS/NP	6.5	m, 2, v	Few faint clay bridges between sand grains
Bt1	40-59	2.5YR 4/8 -	SL	2, m, sbk	SH, F, SS/SP	5.5	m, 1, v	Common faint clay bridges between sand grains
Bt2	59-82	2.5YR 4/6 -	SL	2, m, sbk	S, F, SS/MP	5.5	m, 1, c-t	Common faint clay bridges between sand grains
Bt3	82-105	2.5YR 4/8 -	SCL	2, f-m, sbk	S, F, SS/MP	5	c, 1-2, t	Common distinct clay bridges between sand grains
Bt4	105-129	2.5YR 4/8 -	SCL	2, f, sbk	S, Fri, SS/MP	4.5	c, 1, v-t	Ma ny prominent clay bridges between sand grains, pore wall and clay bridges between sand grains
Bt5	129-156	2.5YR 4/8 -	SCL	2, f, sbk	S, Fri, SS/MP	5.5	m, 1-2, v-t	"
Bt6	156-177	2.5YR 4/8 -	SCL	2, f, sbk	S, Fri, VS/VP	6	c, 1, v-t	Many distinct clay coatings between sand grains
Bt7	177-200+	2.5YR 4/8 -	SCL	2, f, sbk	S, F, VS/VP	6.5	m, 1, v-t	"

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 (ต่อ)

Horizon	Depth (cm)	Matrix / Mottle	Texture	Structure	Consistence Dry, moist, wet	Field pH	Pore	Others
PP-4 Typic Paleustult								
Ap	0-20	7.5YR 4/3 -	SL	2, f-m, sbk	SH, Fri, NS/NP	6	c, 1-3, v-t	Common very fine and fine coated sands
Btd	20-35	7.5YR 4/6 -	SL	2, f-m, sbk	SH, Fri, NS/NP	6	c, 1, v	Few faint clay coatings on face of peds and clay bridges between sand grains
Bt1	35-53	7.5YR 5/6 -	SCL	3, f-m, sbk	SH, Fri, SS/SP	5.5	c, 1-2, v	Common faint clay coatings on face of peds and clay bridges between sand grains
Bt2	53-73	7.5YR 4/6 -	SCL	2, f-m, sbk	SH, Fri, MS/SP	5	c, 1-2, t	"
Bt3	73-91	7.5YR 5/8 -	SCL	2, f-m, sbk	SH, Fri, MS/MP	5.5	f, 1-2, v	Many fiant clay coatings on face of peds and clay bridges between sand grains
Bt4	91-116	7.5YR 5/8 -	SCL	2, f, sbk	SH, Fri, MS/MP	5.5	m, 1-2, v	"
Bt5	116-143	7.5YR 5/6 -	SCL	2, f, sbk	H, Fri, MS/MP	5.5	c, 1-2, v-t	"
Bt6	143-170	7.5YR 5/6 -	SCL	2, f, sbk	SH, Fri, MS/MP	4.5	c, 1-2, v-t	Many prominent clay coatings on face of peds and clay bridges between sand grains
Bt7	170-200+	7.5YR 5/6	SCL	2, f, sbk	SH, Fri, MS/MP	4.5	c, 1-2, v-t	"

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 (ต่อ)

Horizon	Depth (cm)	Matrix / Mottle	Texture	Structure	Consistence (Dry, moist, wet)	Field pH	Pore	Others
PP-5 Typic Paleustult								
Ap	0-22	7.5YR 4/4 / -	LS	1, f, sbk	S, Fri, NS/NP	6	c, 1-2, v-t	Many very fine and few fine coated sands
Btd	22-43	7.5YR 5/6 / -	SL	2, f-m, semi abk	H, Fri, NS/NP	6	f, 1-2, v	Common distinct clay coatings on face of peds and clay bridges between sand grains
Bt1	43-65	7.5YR 5/6 / -	SCL	2, f-m, sbk	SH, Fri, SS/NP	6	c, 1-2, v	Many prominent clay coatings on face of peds and clay bridges between sand grains
Bt2	65-89	Mixed 7.5YR 5/8, 7.5YR 7/4 / -	SCL	2, m, sbk	SH, Fri, SS/SP	6	m, 1-2, v-t	"
Bt3	89-112	Mixed 7.5YR 6/6, 7.5YR 7/4 / -	SCL	2, f-m, sbk	SH, Fri, SS/SP	5.5	m, 1-2, v-t	"
Bt4	112-135	Mixed 7.5YR 6/6, 7.5YR 7/4 / -	SCL	2, f-m, sbk	H, Fri, SS/SP	5.5	m, 1-2, v-t	"
Bt5	135-160+	Mixed 7.5YR 6/6, 7.5YR 7/4 / -	SCL	2, f-m, sbk	H, Fri, SS/SP	5	c, 1-2, v	"

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 (ต่อ)

หมายเหตุ

<u>เนื้อดิน</u> (Texture)

S	=	Sandy
LS	=	Loamy sand
SL	=	Sandy loam
SCL	=	Sandy clay loam

<u>โครงสร้าง</u> (Structure)

1	=	Weak
2	=	Moderate
3	=	Strong
c	=	Coarse
f	=	Fine
m	=	Medium
abk	=	Angular blocky
sbk	=	Subangular blocky
semi-abk	=	Semi- angular blocky

<u>ช่องว่าง</u> (Pore)

f	=	Few
c	=	Common
m	=	Many
1	=	Very fine
2	=	Fine
3	=	Medium
4	=	Coarse
5	=	Very coarse
v	=	Vesicular pore
t	=	Tubular pore

<u>การยึดตัว</u> (Consistence)

<u>แห้ง</u> (Dry)

SH	=	Slightly hard
H	=	Hard
VH	=	Very hard
S	=	Soft
L	=	Loose

<u>ชื้น</u> (Moist)

Fri	=	Friable
SF	=	Slightly friable
F	=	Firm
VF	=	Very firm

<u>เปียก</u> (Wet)

NS	=	Non sticky
SS	=	Slightly sticky
MS	=	Moderately sticky
VS	=	Very sticky
NP	=	Non plastic
SP	=	Slightly plastic
MP	=	Moderately plastic
VP	=	Very sticky plastic

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดินล่างลึกลงไปถึง 200 เซนติเมตร มีสีแดงปนเหลืองถึงสีน้ำตาลเข้ม ดินส่วนใหญ่ไม่พบสีจุดประที่แสดงถึงลักษณะของการขังน้ำ ยกเว้นดินคล้ายชุดดินสตึกที่มีเบสสูงในชั้นดินล่าง (PP-1) ที่พบจุดประสีแดงปนเหลืองและสีน้ำตาลเข้มที่ระดับความลึก 110 เซนติเมตร ลงไป ดินมีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน โครงสร้างมีความคงทนแข็งแรงปานกลางถึงแข็งแรงมาก การยึดตัวของดินเมื่อดินแห้ง ดินจะแข็งเล็กน้อยถึงแข็งมาก ในทุกบริเวณพบการเคลือบของดินเหนียวบริเวณผิวหน้าเม็ดดิน และการเชื่อมระหว่างเม็ดทรายอย่างชัดเจน ดินเป็นกรดจัดถึงกรดเล็กน้อย (pH 4.5-6.5)

ดินเกือบทุกบริเวณพบชั้นดานไถพรวนยกเว้นในดินคล้ายชุดดินโพนพิสัยที่เป็นดินทราย (PP-2) โดยดินเหล่านี้พบชั้นดานที่ระดับความลึก 20-25 เซนติเมตร มีความหนาอยู่ในพิสัย 15-20 เซนติเมตร ซึ่งชั้นดินดังกล่าวมีความคงทนของโครงสร้างแข็งแรงกว่า การยึดตัวของดินเมื่อดินแห้งแข็งมากกว่า และมีจำนวนช่องว่างขนาดเล็กน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับชั้นดินที่อยู่ตอนบนและตอนล่างของชั้นดังกล่าว อย่างไรก็ตาม ลักษณะทางสัณฐานวิทยาอื่น ๆ ของชั้นดานไถพรวนที่นอกเหนือจากที่กล่าวไปข้างต้น จะมีความคล้ายคลึงกับลักษณะของชั้นดินล่าง เช่น มีสีแดงปนเหลืองถึงสีน้ำตาลเข้ม และการเคลือบของดินเหนียวที่ผิวหน้าเม็ดดิน และสะพานที่เชื่อมระหว่างเม็ดทราย เช่นเดียวกับชั้นดินล่างทั่วไป

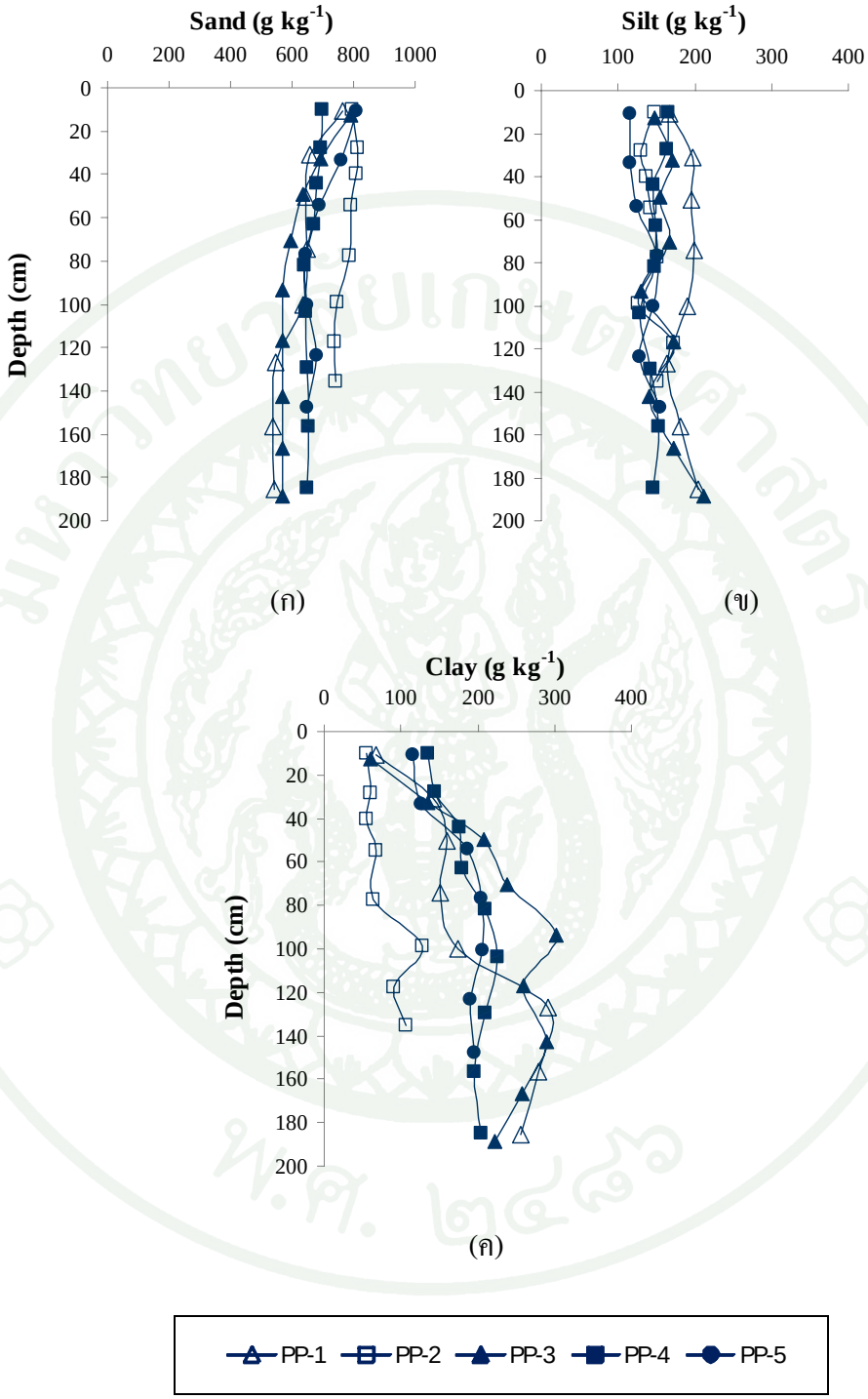
2. สมบัติทางกายภาพ

การศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินประกอบด้วย การกระจายของอนุภาคและชั้นเนื้อดิน ความหนาแน่นรวม ความพรุนรวม ค่าสภาพนำน้ำขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ความแข็งของดิน และความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้

2.1 การแจกกระจายของอนุภาคและชั้นเนื้อดิน

ดินมีปริมาณอนุภาคขนาดทรายอยู่ในพิสัย 539-811 กรัมต่อกิโลกรัม อนุภาคขนาดทรายแป้งอยู่ในพิสัย 115-210 กรัมต่อกิโลกรัม และอนุภาคขนาดดินเหนียวอยู่ในพิสัย 55-302 กรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 8) ลักษณะการแจกกระจายของอนุภาคขนาดต่างๆ ของดินทั้ง 5 บริเวณมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 การแจกกระจายของอนุภาคขนาดทราย (ก) อนุภาคขนาดทรายแป้ง (ข) และ อนุภาคขนาดดินเหนียว (ค) ตามความลึก

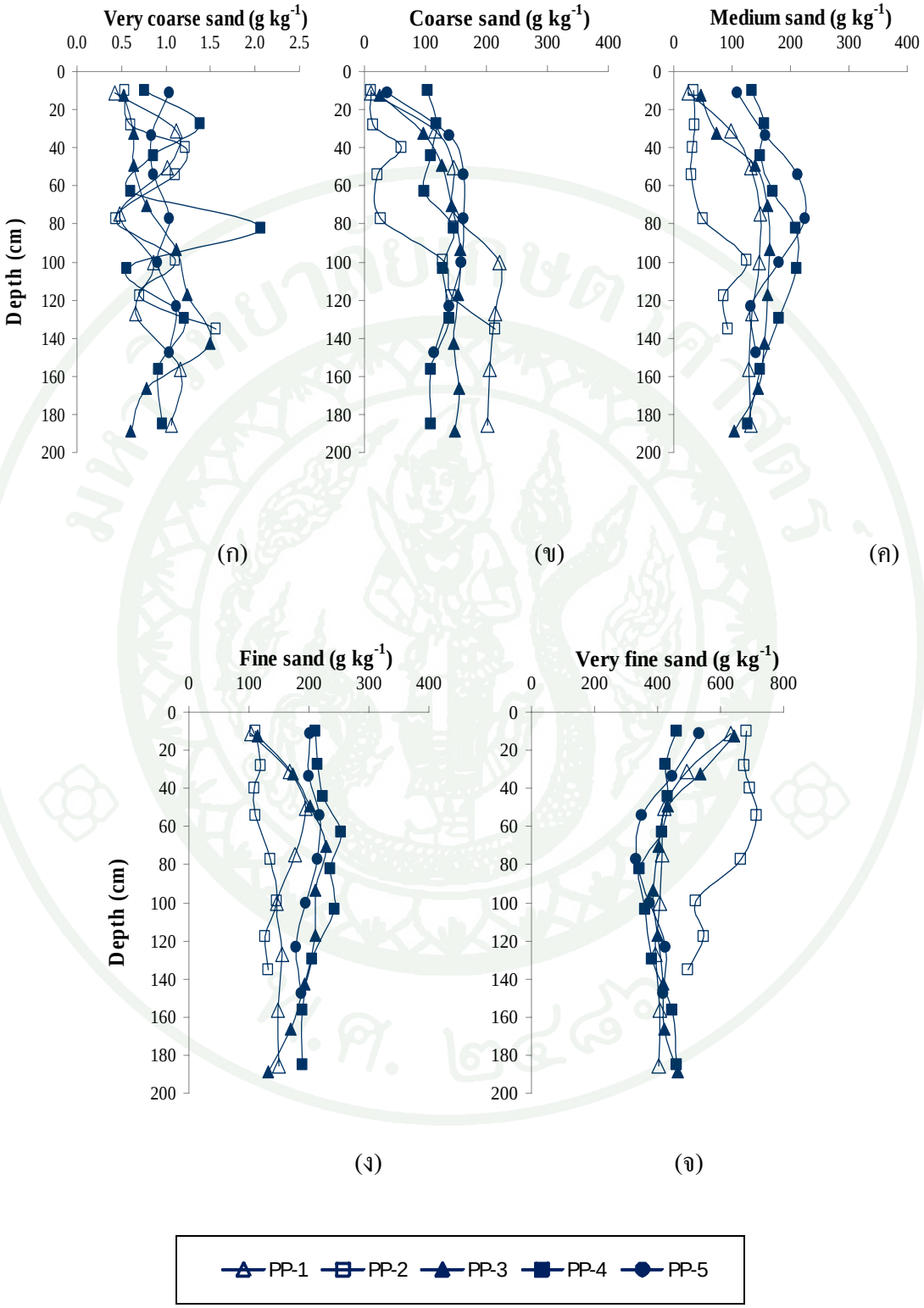
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลักษณะคล้ายคลึงกัน ได้แก่ ปริมาณอนุภาคขนาดทรายมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ดินเหนียวจะมีกระบวนการเคลื่อนย้ายเชิงกล (lessivage) และกระบวนการเคลื่อนย้ายวัสดุจากชั้นดินบน (eluviation) (Buol *et al*., 2003; Soil survey Staff, 1999) ส่วนในชั้นดินล่างดินมีการสะสมดินเหนียวเพิ่มมากขึ้นตามความลึก และมีปริมาณเพียงพอที่จะเป็นชั้นดินวินิจฉัยอาร์จิลลิกได้ (Soil Survey Staff, 1999)

สำหรับการแจกกระจายของอนุภาคขนาดทรายแป้งนั้นค่อนข้างคงที่ตลอดหน้าตัดดิน โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่ระดับความลึกประมาณ 20 เซนติเมตร จากนั้นก็จะมีแนวโน้มลดลงเพียงเล็กน้อย ส่งผลให้ชั้นดินที่ระดับความลึกดังกล่าวเกิดการอัดตัวแน่นเนื่องจากแรงกดทับได้ง่าย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550)

และเมื่อพิจารณาถึงการแจกกระจายของอนุภาคขนาดทราย พบว่า ดินทั้ง 5 บริเวณประกอบด้วยอนุภาคขนาดทรายละเอียดมากในปริมาณสูงที่สุด มีค่าอยู่ในพิสัย 333-714 กรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาได้แก่ อนุภาคขนาดทรายละเอียด (104-253 กรัมต่อกิโลกรัม) และดินมีอนุภาคขนาดทรายหยาบต่ำที่สุด (ภาพที่ 9) ดินส่วนใหญ่ พบว่า ปริมาณทรายละเอียดมากและทรายละเอียดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในชั้นดินที่อยู่ถัดมาจากชั้นดินบน จากนั้นจะเริ่มลดลงที่ระดับความลึกประมาณ 35 เซนติเมตร ซึ่งการที่มีปริมาณอนุภาคขนาดทรายละเอียดมาก ขนาดทรายละเอียด และขนาดทรายแป้งในหน้าตัดดินสูง จะส่งเสริมให้ดินง่ายต่อการถูกอัดตัวแน่นและเกิดเป็นชั้นดานไถพรวนขึ้นใต้ชั้นไถพรวน (กลุ่มมาตรฐาน, 2544) โดยกระบวนการซึมชะของน้ำในแนวดิ่งจะพาอนุภาคขนาดเล็กเหล่านี้ลงไปอัดแน่นในช่องว่างขนาดใหญ่ในดินล่างใต้ชั้นไถพรวน (Chartres and Norton, 1994) แต่ในดินคล้ายชุดดินโพนพิสัยที่เป็นดินทราย (PP-2) พบว่าอนุภาคทรายส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มขนาดทรายละเอียดมากอยู่ในพิสัย 346-640 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าบริเวณอื่น ๆ ทั้งสี่บริเวณ โดยเฉพาะในช่วงความลึกประมาณ 20-40 เซนติเมตร แต่มีปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวต่ำมาก ซึ่งจากลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าอนุภาคส่วนใหญ่จะมีขนาดใกล้เคียงกัน ดังนั้นในกรณีที่ได้รับแรงกดจากเครื่องจักรกลถึงแม้ว่าจะมีการจัดเรียงอนุภาคใหม่แต่อนุภาคขนาดละเอียดที่จะเคลื่อนที่ไปอยู่ในระหว่างช่องว่างจะเกิดขึ้นได้น้อย จึงไม่ส่งผลให้เกิดการอุดตันกลายเป็นชั้นดานไถพรวน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 9 การแจกกระจายของอนุภาคขนาดทราย

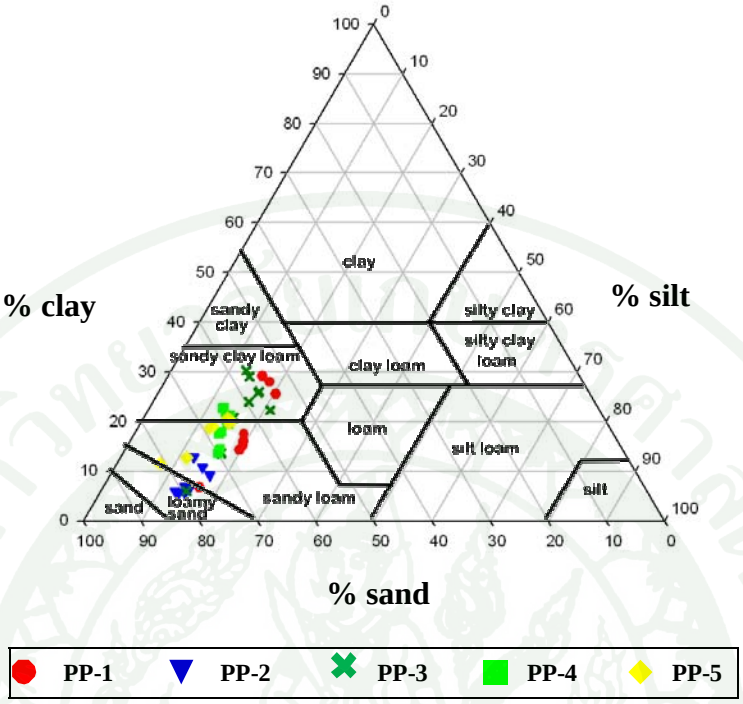
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อนำค่าวิเคราะห์การแจกกระจายขนาดอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ไปเทียบหาประเภทชั้นเนื้อดินจากตารางสามเหลี่ยมแสดงความสัมพันธ์ของอนุภาคดิน โดยใช้เกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA textural class) (เอิบ, 2542; Soil Survey Staff, 2006) พบว่า ดินที่ทำการศึกษาจัดอยู่ในกลุ่มดินเนื้อหยาบและกลุ่มเนื้อปานกลาง โดยมีเนื้อดินอยู่ในพิสัยดินทรายปนดินร่วน ดินร่วนปนทราย และดินร่วนเหนียวปนทราย (ภาพที่ 10) ซึ่งดินที่มีเนื้อดินอยู่ในกลุ่มดินร่วนปนทราย และดินร่วนนี้จะง่ายต่อการเกิดชั้นดานไถพรวนขึ้นในดิน (ชวเลิศ และคณะ, 2548)

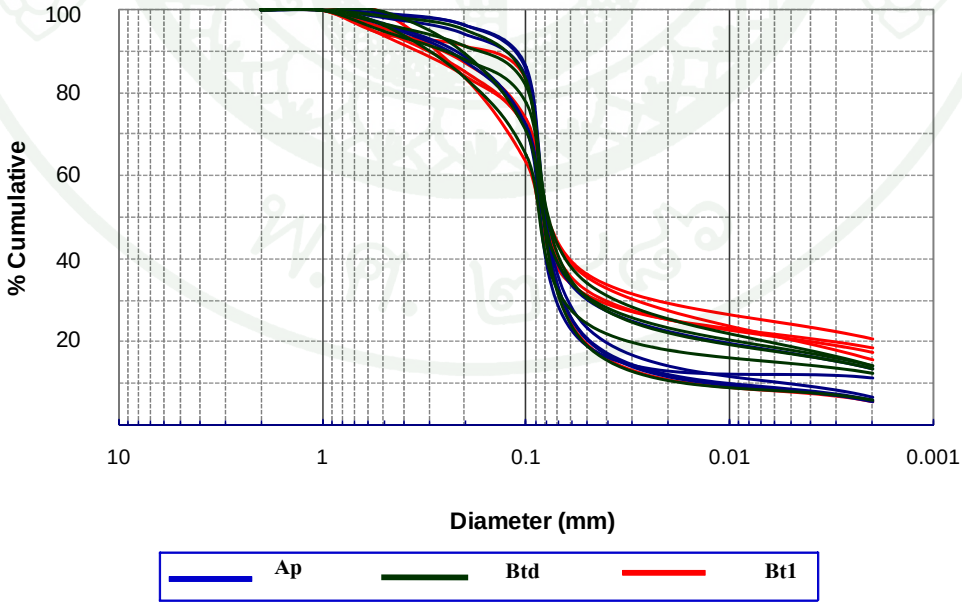
ภาพที่ 11 แสดงถึงลักษณะการแจกกระจายของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ในชั้นดินบน (Ap) ชั้นดานไถพรวนที่พบในดิน (Btd) และ ชั้นที่อยู่ลึกลงไปจากชั้นดานไถพรวน (Bt) ของดินทั้ง 5 บริเวณ พบว่า ทุกชั้นดินของทุกบริเวณสามารถแบ่งกลุ่มของอนุภาคได้เป็น 3 กลุ่มขนาด (gap grade) ได้แก่ อนุภาคในกลุ่มขนาดใหญ่ (0.1-1 มิลลิเมตร) กลุ่มขนาดกลาง (0.07-0.1 มิลลิเมตร) และกลุ่มขนาดเล็ก (0.07-0.001 มิลลิเมตร) ซึ่งเป็นลักษณะที่ง่ายต่อการถูกอัดตัวตั้งแต่ผิวดินลงไป เมื่อมีแรงกดทับไม่ว่าจะเป็นแรงกดทับจากเครื่องจักรกลที่เข้าปฏิบัติงานในแปลง หรือจากการตกกระทบของเม็ดฝน โดยกลุ่มขนาดกลางจะเข้าไปอยู่ในช่องว่างกลุ่มขนาดใหญ่และกลุ่มขนาดเล็กจะเข้าไปอยู่ในช่องว่างระหว่างอนุภาคขนาดใหญ่และอนุภาคขนาดกลาง แต่อย่างไรก็ตาม การร่วนซุยของดินบนจะเป็นผลเนื่องมาจากการปฏิบัติงานของผาลไถ จึงทำให้เกิดการอัดแน่นในชั้นดินด้านล่างของชั้นไถพรวนมากกว่าชั้นดินที่อยู่ลึกลงไป ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากชั้นดินที่อยู่ลึกลงไปจะประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กในปริมาณที่มากกว่าซึ่งส่วนใหญ่มีขนาดเล็กกว่าช่องว่างของดิน จึงไม่เกิดการอัดแน่น และนอกจากนี้การที่มีอนุภาคขนาดละเอียดในปริมาณมากจะส่งเสริมให้เกิดการรวมกันเป็นเม็ดดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548; Jorajuria and Draghi, 2000)

และในกรณีที่ไม่มีการใช้ทางการเกษตร ดินเหล่านี้ก็มีโอกาสอัดตัวแน่นได้ เนื่องจากแรงตกกระทบของเม็ดฝนที่ผิวดิน เกิดเป็นแผ่นแข็งปิดผิวดินซึ่งจะยับยั้งการงอกของเมล็ด และการซาบซึมน้ำผ่านผิวดิน ส่งเสริมให้เกิดการกร่อนดินตามมา (Boer, 1999)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 10 การจำแนกประเภทเนื้อดิน ตามสัดส่วนโดยมวลของอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ของดินที่ทำการศึกษา



ภาพที่ 11 การแจกกระจายขนาดอนุภาคของดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 ความหนาแน่นรวมของดิน

ดินมีความหนาแน่นรวมอยู่ในพิสัยต่ำถึงสูง อยู่ในพิสัย 1.17-1.97 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยค่าความหนาแน่นรวมของชั้นดินบน (Ap) จะมีค่าความหนาแน่นรวมของดินอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง และค่าความหนาแน่นรวมของดินจะสูงที่สุดในชั้นที่เป็นชั้นดานไถพรวน (Btd) มีค่าอยู่ในพิสัย 1.69-1.85 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งอยู่ในระดับค่อนข้างสูงถึงสูง แต่ค่าความหนาแน่นรวมของดินจะลดลงในชั้นดินที่อยู่ลึกลงไป ยกเว้นในบริเวณที่ 2 ที่ค่าความหนาแน่นของชั้นที่เป็นชั้นดานไถพรวนอยู่ในระดับต่ำ (1.26 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ซึ่งมีค่าต่ำกว่าชั้นดินบนและชั้นดินในตอนล่างของดินในบริเวณนี้ (ภาพที่ 12)

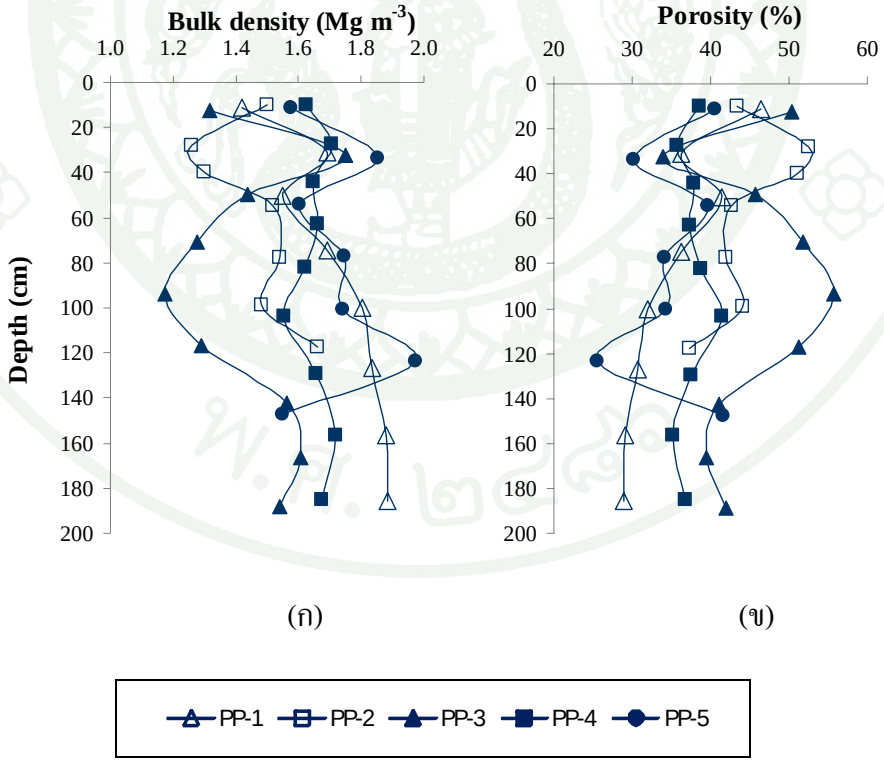
อย่างไรก็ตามการที่ดินบนมีความหนาแน่นรวมต่ำกว่าชั้นดินในตอนล่างเป็นผลเนื่องมาจากการมีปริมาณอินทรียวัตถุที่มากกว่า (Brady and Weil, 2008) และอิทธิพลเนื่องมาจากการไถพรวน (Jorajuria and Draghi, 2000) โดยในบริเวณที่เป็นชั้นดานไถพรวนจะอยู่ลึกเกินกว่าที่ผาลไถจะปฏิบัติงานได้ซึ่งชั้นดังกล่าวจะพบที่ระดับความลึก 30-40 เซนติเมตรลงไป จึงทำให้มีค่าความหนาแน่นรวมสูงกว่า สอดคล้องกับการศึกษาของปรีชา (2542) ที่รายงานว่า การใช้รถบรรทุกขนาด 25 ถึง 40 ตัน ในการเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อย ทำให้ดินเกิดการอัดแน่นที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตรในสภาพที่ดินแห้งไปจนถึงระดับความลึก 50 เซนติเมตรเมื่อดินมีความชื้นมากขึ้น ส่วนในชั้นที่อยู่ลึกถัดลงไปจากชั้นดานไถพรวน พบว่า ความหนาแน่นรวมของดินมีแนวโน้มลดลงจากชั้นดานเล็กน้อยแต่มีค่าสูงกว่าดินบน ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากชั้นที่อยู่ลึกลงไปจะมีการสะสมอนุภาคขนาดดินเหนียวในปริมาณที่มากกว่าชั้นดินบน จึงทำให้ความหนาแน่นรวมของชั้นดินล่างมีค่าสูงกว่า (Brady and Weil, 2008)

ความหนาแน่นรวมของดินส่วนใหญ่โดยเฉพาะชั้นที่เป็นชั้นดานไถพรวนมีค่าไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ยกเว้นในดินคล้ายชุดดินโพนพิสัยที่เป็นดินทราย (PP-2) โดย Coelho *et al.* (2000) พบว่าชั้นดินที่อัดแน่นจะมีค่าความหนาแน่นรวมสูงถึง 1.6-1.7 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งส่งผลต่อการชอนไชของรากพืช ซึ่งชั้นดานไถพรวนที่พบในดินที่ทำการศึกษายกเว้นดินคล้ายชุดดินโพนพิสัยที่เป็นดินทราย (PP-2) มีค่าสูงถึง 1.69-1.85 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยเฉพาะในชุดดินสตึก (PP-5) แสดงให้เห็นว่า ชั้นดานไถพรวนเหล่านี้มีการอัดตัวแน่นทึบมากกว่าชั้นดินอื่น ซึ่งน่าจะมีผลต่อการเจริญของรากพืชและการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน (Brady and Weil, 2008)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 ความพรุนรวมของดิน

ดินมีความพรุนรวมอยู่ในพิสัยร้อยละ 22.5-55.7 โดยในชั้นดินบน (Ap) ดินมีค่าความพรุนรวมสูงที่สุด (ร้อยละ 38.6-50.3) และค่าความพรุนรวมของดินจะลดลงอย่างชัดเจนในชั้นที่เป็นชั้นดานไถพรวน (Btd) ซึ่งมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 30.1-36.2 และความพรุนรวมของดินจะเพิ่มสูงขึ้นในชั้นดินที่อยู่ลึกลงไปจากชั้นดาน (ภาพที่ 12) ในขณะที่ดินคล้ายชุดดินโพนพิสัยที่เป็นดินทราย (PP-2) ให้ผลไปในทางตรงกันข้าม โดยในชั้นที่อยู่ใต้ชั้นไถพรวนมีความพรุนรวมเท่ากับร้อยละ 52.4 ซึ่งมีค่าสูงกว่าชั้นไถพรวนและชั้นดินด้านล่างที่อยู่ลึกลงไป รวมทั้งมีค่าสูงกว่าชั้นดานไถพรวนในบริเวณอื่น ๆ จากลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าดินในบริเวณนี้ (PP-2) มีแนวโน้มที่ไม่พบชั้นดานไถพรวน ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากดินมีอนุภาคขนาดทรายสูงมากและมีอนุภาคขนาดดินเหนียวต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับดินทั้ง 4 บริเวณ อย่างไรก็ตามความพรุนรวมของดินที่ต่ำจะสัมพันธ์กับค่าความหนาแน่นรวมของดินที่มีค่าสูงมาก โดยเฉพาะในชั้นที่เป็นชั้นดาน



ภาพที่ 12 ความหนาแน่นรวม (ก) และความพรุนรวม (ข) ของดินที่ทำการศึกษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4 ค่าสภาพนำน้ำขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำ

ผลการศึกษาค่าสภาพนำน้ำของดิน พบว่า ดินมีสภาพนำน้ำขณะดินอิ่มตัวอยู่ในระดับช้ามากถึงเร็วมาก (0.03-25.24 เซนติเมตรต่อชั่วโมง) โดยในชั้นดินบน (Ap) ดินมีค่าสภาพนำน้ำขณะดินอิ่มตัวอยู่ในระดับช้าปานกลางถึงเร็วปานกลาง (0.68-9.78 เซนติเมตรต่อชั่วโมง) ในชั้นที่เป็นชั้นดานไถพรวน (Btd) ดินมีค่าสภาพนำน้ำขณะดินอิ่มตัวอยู่ในระดับช้ามากถึงช้าปานกลาง (0.03-1.20 เซนติเมตรต่อชั่วโมง) ซึ่งจะช้ากว่าชั้นดินบนค่อนข้างชัดเจน ในขณะที่ชั้นดินตอนล่างที่อยู่ลึกกว่าชั้นดานไถพรวน จะมีค่าสภาพนำน้ำขณะดินอิ่มตัวเร็วกว่าชั้นที่เป็นชั้นดานไถพรวน (ภาพที่ 13) แสดงให้เห็นว่าชั้นดานไถพรวนเหล่านี้สามารถจำกัดการซาบซึมน้ำของดินอาจส่งผลให้เกิดน้ำใต้ดินชั่วคราวได้ หากมีฝนตกหนักและส่งเสริมให้เกิดการกร่อนดินและน้ำไหลบ่าหน้าผิวดิน (Coelho *et al*., 2000) นอกจากนี้อาจจะจำกัดเคลื่อนที่ขึ้นของน้ำใต้ดินในช่วงฤดูแล้ง ส่งผลให้พืชแสดงอาการขาดน้ำได้ (กลุ่มมาตรฐาน, 2544; Boer, 1999)

อย่างไรก็ตาม ค่าสภาพนำน้ำขณะดินอิ่มตัวซึ่งเป็นค่าที่แสดงความยากง่ายของน้ำที่จะสามารถเคลื่อนที่ในดินได้ อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำ ณ เวลาใดเวลาหนึ่งจะขึ้นอยู่กับสมบัติต่างๆ ของดิน โดยปกติจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างของดิน ชนิดของเนื้อดิน ขนาด รูปร่าง การเชื่อมโยง ความต่อเนื่อง ความคงทน การกระจายของช่องว่างในดิน และชนิดของไอออนที่จะทำให้อนุภาคดินฟุ้งกระจาย (Hillel, 1998; Juma, 2001) ดังนั้นจากการที่ค่าสภาพนำน้ำของดินล่างโดยส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในระดับต่ำกว่าในช่วงตอนบนของหน้าตัดดิน เนื่องมาจากดินล่างมีความหนาแน่นรวมและปริมาณดินเหนียวสูงกว่า ส่งผลให้ปริมาณช่องว่างขนาดใหญ่ลดลง ซึ่งเป็นสภาพปกติของดินในระดับลึก (Goldberg and Foster, 1990)

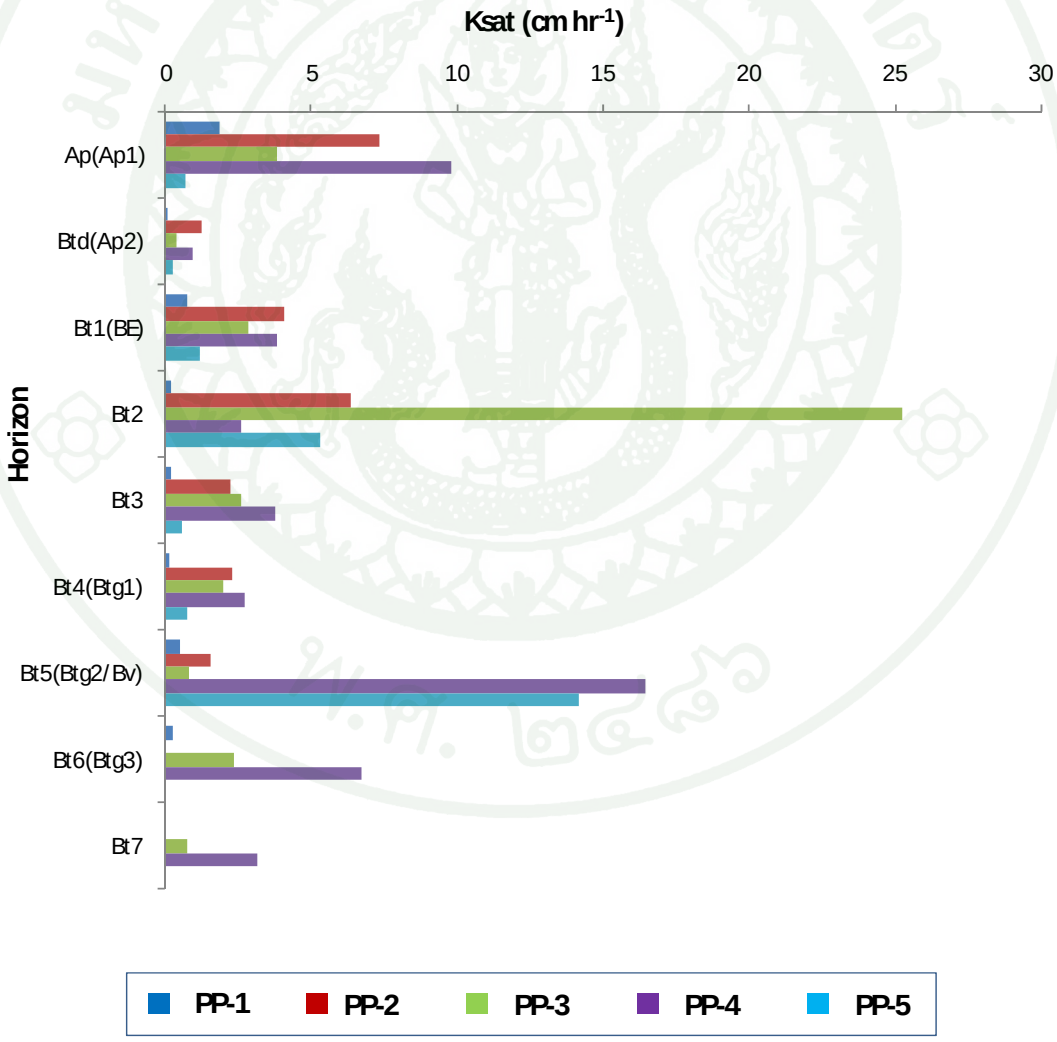
2.5 ความแข็งของดิน

ความแข็งของดินที่วัดในขณะที่ดินไม่มีความชื้นเหลืออยู่ โดยการใช้เครื่องกดคอนกรีต พบว่า ดินที่ทำการศึกษามีค่าความแข็งอยู่ในพิสัย 0-7.9 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยดินบนส่วนใหญ่ไม่สามารถวัดความแข็งของดินได้ เนื่องจากดินบนมีเนื้อดินเป็นดินทรายปนดินร่วนและดินร่วนปนทราย โครงสร้างดินไม่มีความคงทนแข็งแรง ดินไม่มีความเหนียวและความสามารถในการยึดตัว เมื่อแห้งดินจึงไม่สามารถจับตัวเป็นก้อนได้ ค่าความแข็งของดินจึงต่ำ (อยู่ในพิสัย 0-0.3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) อย่างไรก็ตาม ชั้นดานไถพรวนมีความแข็งอยู่ในพิสัย 0.3-3.3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

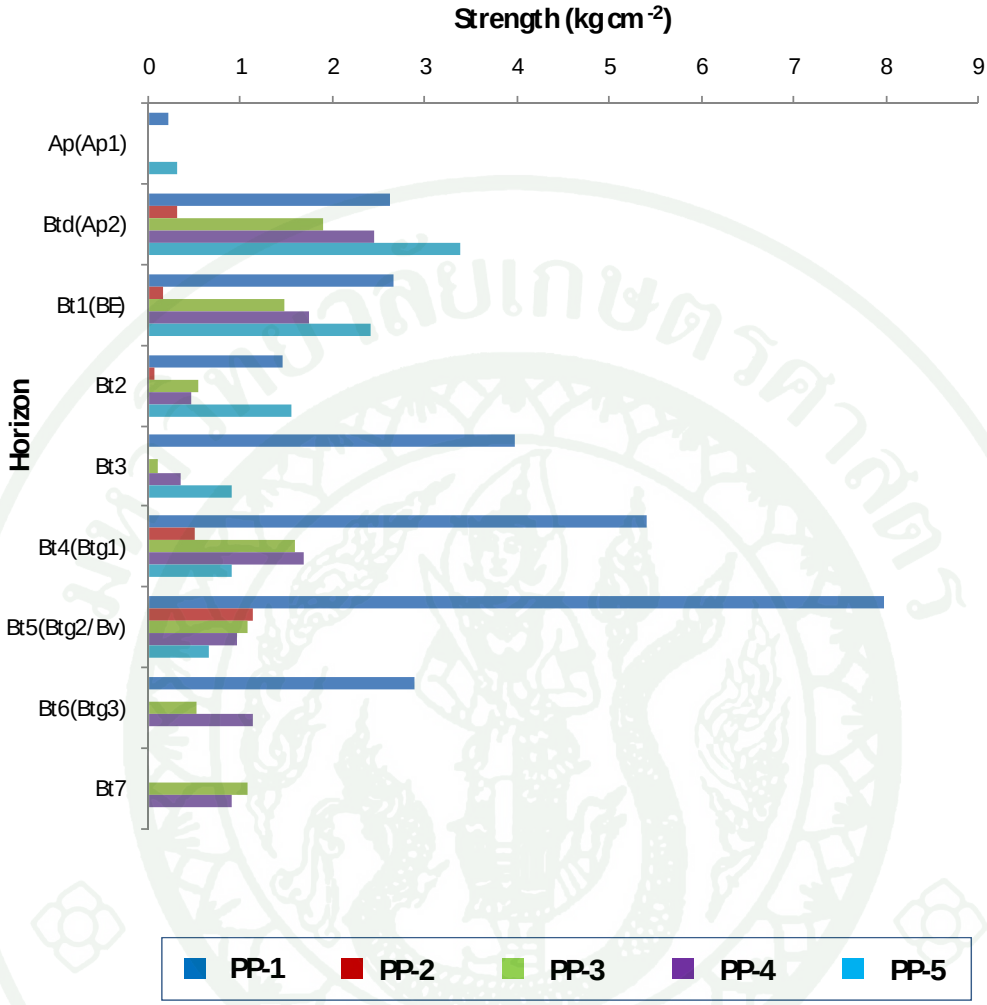
กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ส่วนชั้นที่อยู่ถัดลงไปจากชั้นดานไถพรวนจะมีความแข็งน้อยกว่าชั้นดานไถพรวนเล็กน้อย ยกเว้นดินคล้ายชุดดินสตึกที่มีเบสสูงในดินล่าง (PP-1) ที่ดินล่างมีค่าความแข็งของดินสูงกว่าชั้นดานไถพรวน (อยู่ในพิสัย 2.8-7.9 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) (ภาพที่ 14)

อย่างไรก็ตามดินที่มีความแข็งมากกว่า 6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรจะจัดเป็นชั้นดินที่อัดตัวแน่น (Norfleep *et al*., 1996) ซึ่งชั้นดานไถพรวน (Btd/Ap2) ของดินที่ทำการศึกษาทั้ง 5 บริเวณจะมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้เนื่องจากตัวอย่างดินที่ใช้วัดเป็นก้อนดินจึงไม่มีแรงดูดยึดจากพื้นผิวดินด้านข้าง ดังนั้นค่าความแข็งที่วัดได้จึงมีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง (Norfleep *et al*., 1996)



ภาพที่ 13 สภาพการนำน้ำของดินเมื่ออิ่มตัวด้วยน้ำในดินที่ทำการศึกษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 14 ความแข็งของดินที่วัดในขณะที่ดินไม่มีความชื้นเหลืออยู่

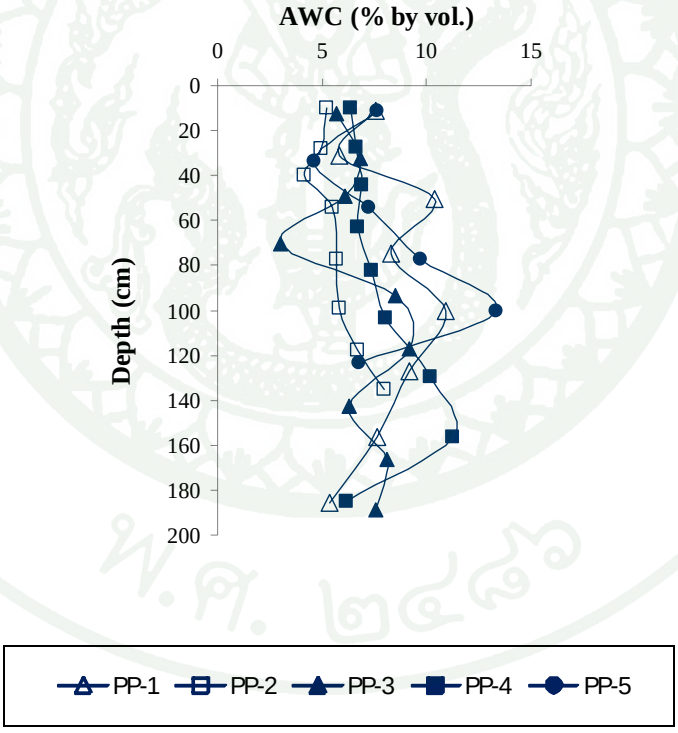
2.6 ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ (available water capacity, AWC)

ดินที่ทำการศึกษามีความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้อยู่ในพิสัยร้อยละ 3.0-13.3 โดยปริมาตร ซึ่งมีค่าอยู่ในพิสัยค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากช่องว่างในดินส่วนใหญ่เป็นช่องว่างขนาดใหญ่ จึงทำให้เกิดการสูญเสียน้ำได้อย่างรวดเร็ว ความจุของน้ำที่ใช้ประโยชน์ได้จึงต่ำ (Brady and Weil, 2008) อย่างไรก็ตามความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้มีแนวโน้มลดลงตามความลึก โดยเฉพาะในชั้นที่อยู่ใต้ชั้นไถพรวน (Btd) ยกเว้นในดินคล้ายชุดดินโพนพิสัยที่เป็นดินทราย (PP-2) (ภาพที่ 15) โดยชั้นที่เป็นชั้นดานไถพรวนมีปริมาณความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้อยู่ในพิสัยร้อยละ 4.9-7.6 โดยปริมาตร ซึ่งมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณต่ำกว่าชั้นดินบนและชั้นดินที่อยู่ด้านล่าง แสดงให้เห็นว่าชั้นดังกล่าวสามารถจำกัดการเคลื่อนที่ขึ้นของน้ำตามท่อแคพิลลารี่ได้ ส่งผลให้พืชขาดน้ำได้ง่าย โดยเฉพาะในฤดูแล้ง (Sindhusen *et al*., 2008)

แต่ในกรณีของดินคล้ายชุดดินโพนพิสัยที่เป็นดินทราย (PP-2) พบว่า ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดหน้าตัดดิน โดยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 4.9-6.7 โดยปริมาตร ซึ่งมีค่าต่ำกว่าดินในบริเวณอื่น ๆ ทั้ง 4 บริเวณ ทั้งนี้เนื่องจากดินบริเวณนี้มีเนื้อดินที่หยาบกว่าดินบริเวณอื่น ๆ อย่างไรก็ตามชั้นที่อยู่ใต้ชั้นไถพรวนที่ระดับความลึกประมาณ 20-25 เซนติเมตร มีความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้สูงกว่าชั้นดินบนและชั้นดินที่อยู่ด้านล่างชั้นดินดังกล่าวเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับการที่ไม่พบชั้นดานไถพรวนในบริเวณดังกล่าว



ภาพที่ 15 ร้อยละความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. สมบัติทางเคมี

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินที่ทำการศึกษา โดยใช้เกณฑ์การแบ่งระดับค่าวิเคราะห์ต่างๆ (นงคราญ, 2529; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) ผลการศึกษาประกอบด้วย

3.1 พีเอชดิน

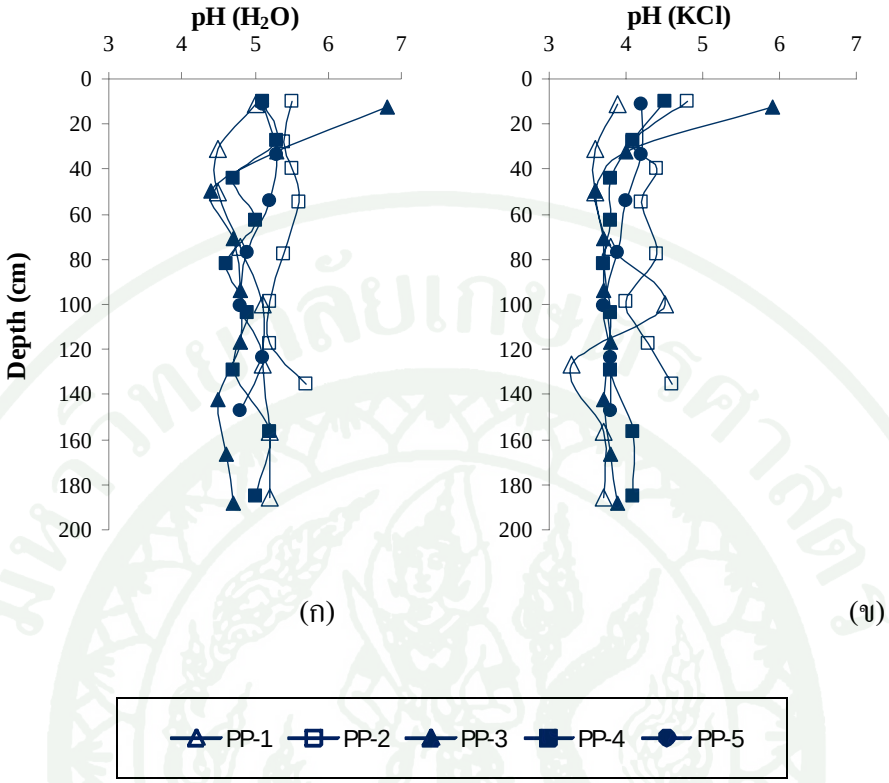
ดินที่ทำการศึกษาเป็นกรดรุนแรงมากถึงเป็นกลาง มีพีเอชอยู่ในพิสัย 4.4-6.8 และมีแนวโน้มลงลดตามความลึก ยกเว้นในดินคล้ายชุดดินโพนพิสัยที่เป็นดินทราย (PP-2) การที่ดินเป็นกรด แสดงให้เห็นว่า ดินที่มีพัฒนาการค่อนข้างดี มีกระบวนการชะละลายเกิดขึ้นรุนแรง ทำให้เกิดการชะละลายแคตไอออนที่เป็นเบสออกไปจากหน้าตัดดิน เกิดการสะสมไฮโดรเจนไอออนที่ผิวอนุภาคของแร่ดินเหนียวในปริมาณมาก ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของดินที่พบทั่วไปในเขตร้อน (Sanchez, 1976; Eiumnoh *et al*., 1984) และเมื่อดินมีพีเอชต่ำกว่า 5.5 ธาตุฟอสฟอรัสจะเกิดการจับตัวกับเหล็กและอะลูมินัมเกิดเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ยาก และจึงทำให้ฟอสฟอรัสไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช นอกจากนี้ ในสภาพกรดนี้จะส่งเสริมให้อะลูมินัมละลายออกมามาก จนอาจเป็นพิษต่อพืชได้ (Halvin *et al*.,2005)

ค่าพีเอชของดินที่วัดด้วยสารละลาย 1M KCl มีค่าอยู่ในพิสัย 3.3–5.9 (ภาพที่ 16) ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าพีเอชดินที่วัดด้วยน้ำจึงทำให้ผลต่างของค่าพีเอชค่าเป็นลบ แสดงว่าดินที่ทำการศึกษามีประจุสุทธิ (net charge) เป็นลบ ทำให้ดินมีระบบที่เน้นการแลกเปลี่ยนประจุบวกหรือแคตไอออน ซึ่งเป็นธรรมชาติของระบบที่ถูกควบคุมด้วยอิทธิพลของแร่ดินเหนียวซิลิเกตและออกไซด์ โดยเฉพาะพวกเซสควิกออกไซด์ (Sanchez, 1976)

3.2 ปริมาณอินทรียวัตถุ

ปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่ทำการศึกษาทั้ง 5 บริเวณ อยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ (0.27-5.59 กรัมต่อกิโลกรัม) และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก (ภาพที่ 17) เนื่องจากการผุพัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 16 ค่าพีเอชของดินที่อัตราส่วนดินต่อน้ำ = 1:1 (ก) และ ดินต่อสารละลาย KCl = 1:1 (ข)

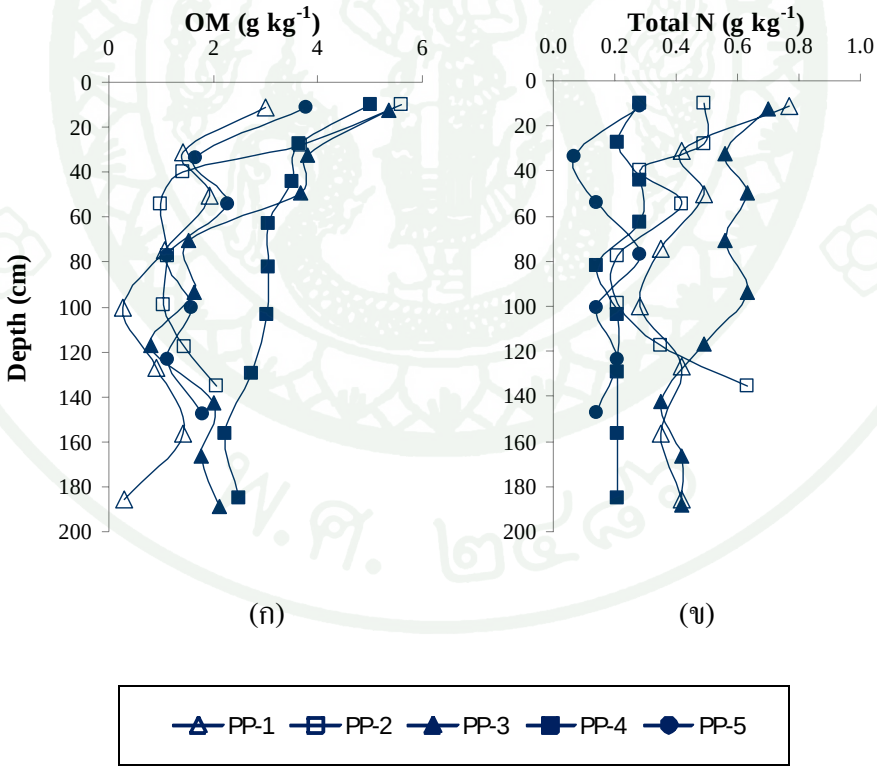
สลายตัวของเศษซากอินทรีย์ที่สะสมอยู่ในบริเวณผิวดินตามธรรมชาติ รวมถึงชิ้นส่วนที่หลงเหลือจากการเกษตรกรรม ตลอดจนรากพืชที่ปกคลุมอยู่บนผิวดิน เมื่อสลายตัวจึงทำให้มีการสะสมอินทรียวัตถุในดินบน นอกจากนี้ ดินในเขตร้อนส่วนใหญ่จะมีอัตราการย่อยสลายเร็วกว่าอัตราการสะสม ดินจึงมี ปริมาณอินทรียวัตถุต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับดินในเขตอบอุ่น เนื่องจากสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิค่อนข้างสูงและมีปริมาณน้ำฝนมาก และนอกจากนี้ยังส่งผลให้อัตราการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินบนจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว การชะละลายลงไปสะสมในดินล่างจึงเกิดได้น้อย จึงทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินล่างต่ำ (Virgo and Holmes, 1997; Baize, 1993; Brady and Weil, 2008) จึงส่งผลให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัส ไนโตรเจน และธาตุอาหารอื่น ๆ ในดินต่ำด้วย (Landon, 1991)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 ปริมาณไนโตรเจนรวม

ดินมีปริมาณไนโตรเจนรวมในระดับต่ำมาก อยู่ในพิสัย 0.07-0.77 กรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 17) ซึ่งให้ผลไปในทิศทางเดียวกับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน แสดงให้เห็นว่าในสภาพธรรมชาติอินทรียวัตถุเป็นแหล่งปลดปล่อยไนโตรเจนที่สำคัญให้แก่ดิน (Brady and Weil, 2008)

ทั้งนี้จากการศึกษาไม่พบว่ามีหินหรือแร่ธาตุใดที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ดังนั้นความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินจึงขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนอินทรีย์เป็นไนโตรเจนอนินทรีย์เพียงอย่างเดียว (Mengesha, 2004) การที่ดินมีไนโตรเจนรวมต่ำมากอาจมีสาเหตุมาจากการนำไปใช้ของพืชและจุลินทรีย์ในดิน จากกระบวนการชะละลาย และบางส่วนหายไปจากรูปของก๊าซในดิน (ไพบูลย์, 2528; Orlov, 1992; Kononova, 1996)



ภาพที่ 17 ปริมาณอินทรียวัตถุ (ก) และปริมาณไนโตรเจนรวม (ข) ในดินที่ทำการศึกษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.4 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

ดินที่ทำการศึกษามีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในระดับต่ำมากถึงสูงมาก (0.44-59.86 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) โดยในดินบนอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงสูงมาก อยู่ในพิสัย 8.81-59.86 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และลดลงตามความลึกอย่างชัดเจน (ภาพที่ 18) ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการจัดการปุ๋ยของเกษตรกรในแต่ละบริเวณ จึงส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินบนมีแปรปรวนสูง แต่โดยส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในระดับสูงมาก และนอกจากนี้ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้น้อยในดิน จึงมักเป็นธาตุที่ตกค้างอยู่ในดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Sanchez, 1976; Brady and Weil, 2008)

โดยทั่วไปฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน และปริมาณดินเหนียว (Sanchez, 1976; Brady and Weil, 2008) โดยอินทรียวัตถุเป็นแหล่งของอินทรียฟอสเฟตและจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Sanchez, 1976; California Fertilizer Association, 1995) นอกจากนี้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสจะขึ้นอยู่กับค่าพีเอชและชนิดของแร่ดินเหนียว (Brady and Weil, 2008) ซึ่งแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์มีกลุ่มไฮดรอกซิลในชั้นอะลูมินาที่สามารถแลกเปลี่ยนกับฟอสฟอรัสได้ (Halvin *et al*., 2005) ดังนั้นในชั้นดินที่ลึกลงไปจากชั้นดินบน จากสภาพดินที่เป็นกรดมากกว่าและมีปริมาณดินเหนียวมากกว่าชั้นดินบน จึงส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่า

3.5 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์

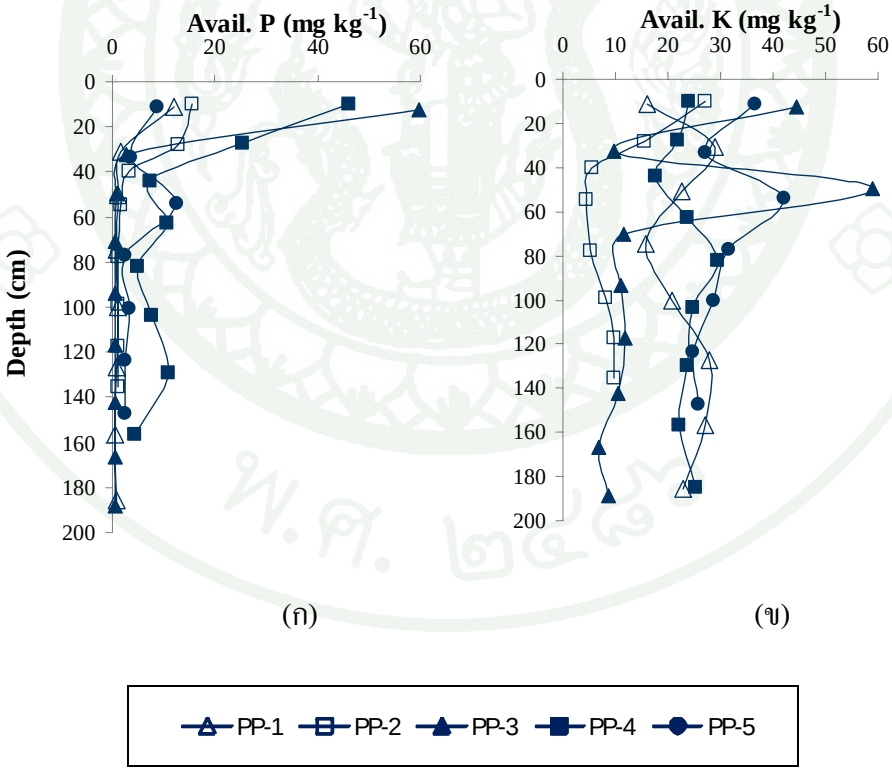
ผลการวิเคราะห์โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ พบว่า ดินที่ทำการศึกษาทั้ง 5 บริเวณ มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ (4.4-59.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก ยกเว้นในชุดดินยโสธร (PP-3) ที่มีแนวโน้มลดลงในชั้นอยู่ถัดจากชั้นดินบนลงไป (Btd) แต่จะเพิ่มขึ้นในชั้นที่อยู่ถัดลงไปที่ระดับความลึกประมาณ 25-40 เซนติเมตร จากนั้นจะลดลงตามความลึกซึ่งคล้ายคลึงกับดินในบริเวณอื่น ๆ (ภาพที่ 18)

โดยการที่ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มีค่าสูงในดินบนและมีแนวโน้มลดลงตามความลึกเป็นผลมากจากการจัดการดินและปุ๋ยในการปลูกพืช และอิทธิพลของอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งโดยทั่วไปจะสะสมอยู่ในชั้นดินบนมากกว่าดินล่าง อินทรียวัตถุเป็นสารที่มีความสามารถใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การดูดซับธาตุไอออนบวกได้สูง และขั้นตอนในการสลายตัวของอินทรียสารจะมีการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์บางส่วนให้กับดิน จึงส่งผลให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในดินบนมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชั้นดินล่าง (Sanchez, 1976; Brady and Weil, 2008)

อย่างไรก็ตาม ดินที่ทำการศึกษาเป็นดินเนื้อหยาบ มีปริมาณดินเหนียวต่ำ จึงทำให้มีความสามารถในการดูดซับแคตไอออนได้น้อย ส่งผลโพแทสเซียมถูกชะละลายออกไปจากหน้าตัดดินได้ง่าย ประกอบกับดินมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในพิสัยต่ำมากถึงต่ำ อินทรียวัตถุจึงสลายตัวให้โพแทสเซียมได้น้อย นอกจากนี้ดินที่เป็นกรดอนุภาคของดินเหนียวส่วนใหญ่จะดูดจับกับไฮโดรเจนไอออนและอะลูมินัมไอออน ซึ่งมีแรงดูดยึดที่แข็งแรงสูง ส่งผลให้โพแทสเซียมในสารละลายดินไม่สามารถเข้าไปแทนที่ได้ แต่เมื่อมีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้องจึงเกิดการสูญเสียไปกับกระบวนการชะละลายเป็นส่วนใหญ่ (Sanchez, 1976; Brady and Weil, 2008)



(ก) (ข)

ภาพที่ 18 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ก) และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ข)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.6 ปริมาณเบสที่สกัดได้

ปริมาณเบสที่สกัดได้ ประกอบด้วย แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียม ผลการศึกษามีดังนี้ (ภาพที่ 19)

1. แคลเซียมที่สกัดได้

ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ของดินที่ทำการศึกษาอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ (0.14-2.35 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) โดยค่ามีการเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบๆภายในหน้าตัดดิน และมีแนวโน้มไม่ชัดเจน

2. แมกนีเซียมที่สกัดได้

ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้อยูในระดับต่ำมากถึงสูงมาก (0.04-12.65 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) การเปลี่ยนแปลงระดับของแมกนีเซียมที่สกัดได้มีความแปรปรวนภายในหน้าตัดดิน และมีแนวโน้มไม่ชัดเจน

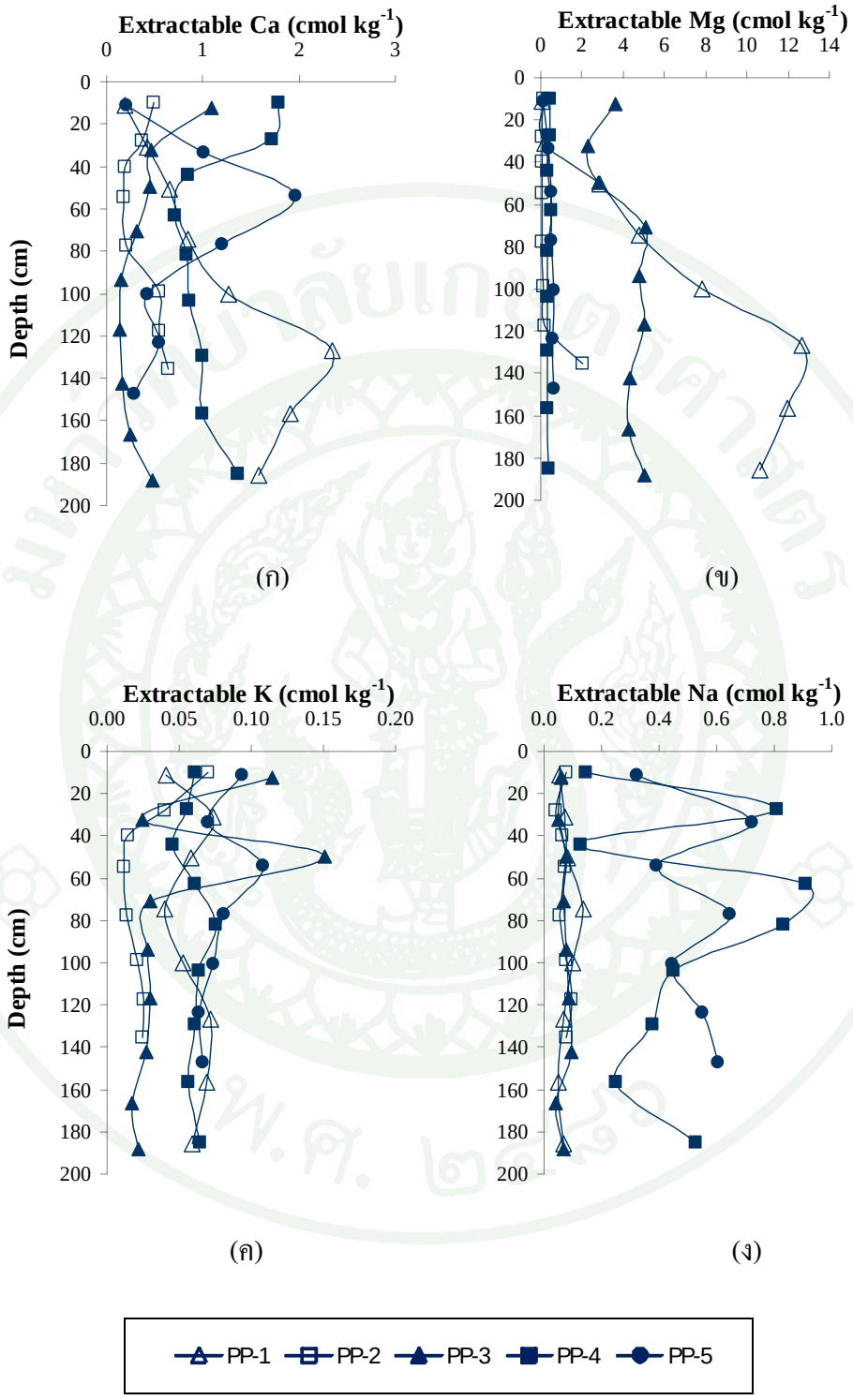
3. โพแทสเซียมที่สกัดได้

ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำมาก (0.01-0.15 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้มีค่าเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบ ภายในหน้าตัดดิน และมีแนวโน้มไม่ชัดเจน

4. โซเดียมที่สกัดได้

ปริมาณโซเดียมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำมากถึงสูง (0.04-0.91 เซนติโมลต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของโซเดียมที่สกัดได้กับระดับความลึกในแต่ละหน้าตัดดิน พบว่า มีแนวโน้มผันแปรมากในทุกบริเวณ เนื่องจากโซเดียมสามารถละลายและเคลื่อนที่ไปกับน้ำได้ง่าย (Brady and Weil, 2008)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 19 ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ (ก) แมกนีเซียมที่สกัดได้ (ข) โพแทสเซียมที่สกัดได้ (ค) และโซเดียมที่สกัดได้ (ง)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวม พบว่า ดินส่วนใหญ่จะมีปริมาณแมกนีเซียมมากที่สุด รองลงมาได้แก่ แคลเซียม โพแทสเซียม และโซเดียม ตามลำดับ และการที่ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียมที่สกัดได้ ของดินในแต่ละบริเวณมีเคาวามแตกต่างกัน และมีความแปรปรวนภายในหน้าตัดดิน อาจเป็นผลมาจากความไม่สม่ำเสมอของวัตถุต้นกำเนิดดิน และอัตราการชะละลายที่แตกต่างกันในแต่บริเวณ (Greenland and Kowel, 1960; Sanchez *et al*., 1976; Brady and Weil, 2008)

3.7 ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้

ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ ได้มาจากผลรวมของธาตุไอออนบวกที่เป็นเบสที่สกัดได้ ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียม โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.30-15.14 เซนติโมล ต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ในระดับต่ำมากถึงสูง และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก โดยเฉพาะในดินคล้ายชุดดินสตึกที่มีเบสสูงในดินล่าง (PP-1) ที่มีปริมาณเบสรวมที่สกัดได้เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนตั้งแต่ระดับความลึกประมาณ 120 เซนติเมตร (ภาพที่ 20) แสดงให้เห็นว่าดินส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลมาจากการชะละลายที่รุนแรง ประกอบกับดินที่มีเนื้อดินส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มดินเนื้อหยาบ ทำให้ความสามารถในการดูดซับไอออนบวกต่ำ เบสจึงถูกชะละลายออกไปจากหน้าตัดดินได้ง่าย (Bloom, 2000; Buol *et al*., 2003)

3.8 ปริมาณกรดที่สกัดได้

ปริมาณกรดที่สกัดได้ของดินที่ทำการศึกษาทั้ง 5 บริเวณ อยู่ในระดับปานกลางถึงสูงมาก (มีค่าอยู่ในพิสัย 6.98-20.99 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของปริมาณกรดที่สกัดได้กับระดับความลึกในหน้าตัดดิน พบว่า มีการกระจายไม่สม่ำเสมอ โดยส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในตอนกลางของหน้าตัดดิน และลดลงในตอนล่าง (ภาพที่ 20)

ปริมาณกรดที่สกัดได้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับกระบวนการชะละลายภายในหน้าตัดดิน และพัฒนาการของดิน (Currie and Aber, 1997; Czepinska-Kaminska *et al*., 2003) การที่ดินมีปริมาณกรดที่สกัดได้อยู่ในระดับปานกลางถึงสูงมาก แสดงให้เห็นถึงการชะละลายแคตไอออนที่เป็นด่างออกไปจากหน้าตัดดิน และมีการแทนที่ด้วยไฮโดรเจนไอออนและอะลูมินัมไอออนที่ผิว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของอนุภาคดินเหนียวซึ่งสามารถบ่งชี้ให้เห็นว่าดินมีพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง (Sanchez, 1976; Brady and Weil, 2008; Buol *et al.*, 2003)

3.9 ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน

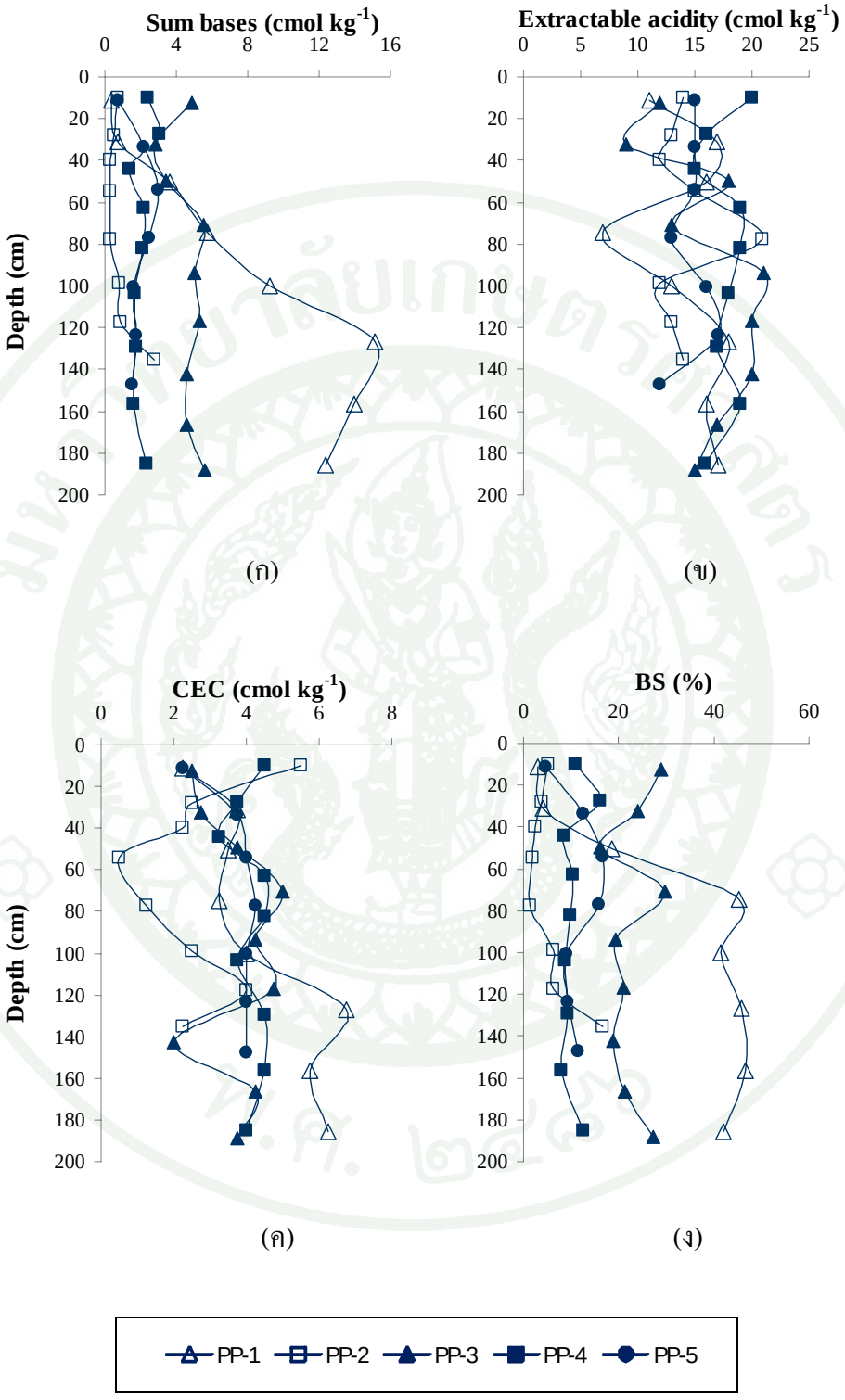
ผลการวิเคราะห์ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินที่ทำการศึกษาในบริเวณที่ 1 ถึง 5 อยู่ในพิสัย 0.50-6.75 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างต่ำ โดยส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก (ภาพที่ 20)

ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดินจะขึ้นอยู่กับค่าพีเอชของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ เนื้อดิน และชนิดของแร่ดินเหนียว (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2548; Sanchez, 1976; Young, 1976; Brady and Weil, 2008) สำหรับดินในบริเวณที่ทำการศึกษา ดินส่วนใหญ่มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ ประกอบกับเป็นดินเนื้อหยาบที่สลายตัวมาจากหินทราย จึงทำให้ดินมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ ส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทำให้ดินมีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในรูปไอออนบวกมีปริมาณต่ำไปด้วย (Foth and Schafer, 1980)

3.10 อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส

ผลการวิเคราะห์อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสของดินที่ทำการศึกษาอยู่ในพิสัยร้อยละ 1.4-46.7 ซึ่งอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลางซึ่งให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนและปริมาณเบสที่สกัดได้ (ภาพที่ 20) เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสกับความลึกแต่ละหน้าตัดดินพบว่า ส่วนใหญ่มีแนวโน้มผันแปร อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของการชะละลายที่ไม่รุนแรงมากพอและไม่สม่ำเสมอในหน้าตัดดิน (Thomson and Troeh, 1978; Sanchez, 1976; Brady and Weil, 2008)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 20 ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (ก) ปริมาณกรดที่สกัดได้ (ข) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (ค) และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (ง)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. การจำแนกดิน

การจำแนกดินตามระบบอนุกรมวิธานดิน (Soil Survey Staff, 2006) โดยใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางสัณฐานวิทยา สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีของดิน พบว่า ดินทุกบริเวณมีการสะสมของอนุภาคขนาดดินเหนียวที่เคลื่อนย้ายจากชั้นดินบนลงสู่ชั้นดินล่างอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นลักษณะของชั้นดินล่างวินิจฉัยอาร์จิลลิก (argillic horizon) และดินในบริเวณที่ 1 (PP-1) มีอัตราร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบสสูงกว่าร้อยละ 35 จึงจัดให้อยู่ในอันดับดินแอลฟิซอลส์ (Alfisol) ในขณะที่ดินในบริเวณที่ 2 ถึง 5 (PP-2 ถึง PP-5) จะมีอัตราร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบสน้อยกว่าร้อยละ 35 ที่ระดับความลึกประมาณ 145-150 เซนติเมตร จึงทำให้จัดอยู่ในอันดับดินอัลทิซอลส์ (Ultisols)

ดินทั้ง 5 บริเวณ มีระบอบความชื้นดินแบบอัสติก (Ustic soil miosture regium) ดังนั้นดินในบริเวณที่ 1 (PP-1) จึงจัดอยู่ในอันดับดินย่อย Ustalf และดินที่เหลืออีก 4 บริเวณ (PP-2 ถึง PP-5) สามารถจัดอยู่ในอันดับดินย่อย Ustults

การจำแนกในขั้นกลุ่มดินใหญ่ (great group) พบว่าดินในบริเวณที่ 1 (PP-1) และ 3 (PP-3) มีปริมาณดินเหนียวลดลงในตอนล่างของหน้าตัดดินมากกว่าร้อยละ 20 จึงจัดอยู่ในกลุ่มดินใหญ่ Haplustalf และ Haplustult ตามลำดับ สำหรับบริเวณที่ 2 (PP-2) จะพบชั้นศิลาแลงอ่อนภายใน 140 เซนติเมตรจากผิวดิน จึงสามารถจัดอยู่ในกลุ่มดินใหญ่ Plinthustult และดินในบริเวณที่ 4 และ 5 (PP-4 และ PP-5) จะมีปริมาณดินเหนียวลดลงในตอนล่างของหน้าตัดดินน้อยกว่าร้อยละ 20 จึงจัดอยู่ในกลุ่มดินใหญ่ Paleustults

การจำแนกในขั้นกลุ่มดินย่อย (subgroup) พบว่าดินเกือบทุกบริเวณไม่แสดงลักษณะอื่นใดที่แตกต่างไปจากกลุ่มดินใหญ่ จึงจัดจำแนกเป็น Typic ยกเว้นในบริเวณที่ 1 (PP-1) ที่มีอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสต่ำกว่าร้อยละ 75 ตลอดชั้นดินล่างวินิจฉัยอัลจิลลิก จึงทำให้จำแนกได้เป็น Ultic

เมื่อนำไปเทียบหาประเภทของหน่วยชุดดินที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กองสำรวจดิน, 2532) พบว่าดินบริเวณที่ 1 (PP-1) เป็นดินคล้ายชุดดินสตึกที่มีเบสสูงในตอนล่าง ดินในบริเวณ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ 2 (PP-2) เป็นดินคล้ายชุดดินโพนพิสัยที่เป็นดินทราย ดินในบริเวณที่ 3 (PP-3) เป็นชุดดินยโสธร และดินในบริเวณที่ 4 และ 5 (PP-4 และ PP-5) เป็นชุดดินสตึก

สรุปโดยรวม ดินที่ทำการศึกษาสามารถจำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดินได้เป็น Ultic Haplusalf, Typic Plinthustult และ Typic Haplustult สำหรับดินคล้ายชุดดินสตึกที่มีเบสสูงในตอนล่าง (PP-1) ดินคล้ายชุดดินโพนพิสัยที่เป็นดินทราย (PP-2) และ ชุดดินยโสธร (PP-3) ตามลำดับ สำหรับชุดดินสตึกทั้งสองบริเวณ (PP-4 และ PP-5) สามารถจำแนกได้เป็น Typic Paleustults

5. การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน

การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยใช้หลักเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน (กองสำรวจดิน, 2523; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) โดยใช้ผลวิเคราะห์ทางเคมีของดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส ซึ่งได้แสดงวิธีคาดคะเนระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้ในตารางที่ 3 พบว่า ดินทั้ง 5 บริเวณ มีปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสอยู่ในระดับต่ำ แสดงให้เห็นว่าความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับต่ำทั้งชั้นดินบน (Ap) ชั้นดานไถพรวน (Btd) และชั้นดินด้านล่างของชั้นดานไถพรวน (Bt)

จากผลการประเมินระดับความอุดมสมบรูณ์ของดิน แสดงให้เห็นว่า ดินที่ทำการศึกษามีความจำเป็นที่จะต้องมีการจัดการด้านอินทรียวัตถุซึ่งมีอยู่ในปริมาณที่ต่ำมาก ประกอบกับมีเนื้อดินค่อนข้างหยาบ หรือมีปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวค่อนข้างต่ำ ส่งผลความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินต่ำเช่นกัน จึงให้ดินมีแนวโน้มที่จะขาดน้ำรวมทั้งการสูญเสียธาตุอาหารพืชโดยเฉพาะธาตุอาหารที่ได้มาจากปุ๋ยที่ใส่เพิ่มเติมได้ง่าย ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพด้านการจัดการปุ๋ย และธาตุอาหารพืช (ตารางที่ 3)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน

Horizon	OM ($g\ kg^{-1}$)	Avail.P (------- $mg\ kg^{-1}$ ------)	Avail.K	CEC ($cmol\ kg^{-1}$)	BS %	Total score	Fertility level
PP-1 Ultic Haplustalf							
Ap	3.00(1)	11.90(2)	15.93(1)	2.25(1)	3.14(1)	6	Low
Btd	1.43(1)	1.70(1)	28.85(1)	3.75(1)	4.20(1)	5	Low
Bt	1.08(1)	1.04(1)	19.65(1)	3.58(1)	35.11(2)	6	Low
PP-2 Typic Plinthustult							
Ap	5.59(1)	15.44(2)	27.20(1)	5.50(1)	5.15(1)	6	Low
Btd	3.67(1)	12.88(2)	15.49(1)	2.50(1)	3.76(1)	6	Low
Bt	1.14(1)	1.74(1)	5.87(1)	1.62(1)	3.03(1)	5	Low
PP-3 Typic Haplustult							
Ap	5.36(1)	59.86(3)	44.55(1)	2.50(1)	28.98(1)	7	Low
Btd	3.81(1)	2.68(1)	9.67(1)	2.75(1)	23.94(1)	5	Low
Bt	2.27(1)	0.68(1)	27.19(1)	4.33(1)	21.74(1)	5	Low
PP-4 Typic Paleustult							
Ap	5.02(1)	46.18(3)	23.84(1)	4.50(1)	10.83(1)	7	Low
Btd	3.64(1)	25.29(3)	21.72(1)	3.75(1)	15.96(1)	7	Low
Bt	3.16(1)	7.67(1)	23.93(1)	4.00(1)	9.27(1)	5	Low
PP-5 Typic Paleustult							
Ap	3.78(1)	8.81(1)	36.49(1)	2.25(1)	4.67(1)	5	Low
Btd	1.67(1)	3.68(1)	27.16(1)	3.75(1)	12.61(1)	5	Low
Bt	1.65(1)	6.07(1)	34.15(1)	4.08(1)	13.87(1)	5	Low

หมายเหตุ Ap ที่ระดับความลึกประมาณ 0-20/25 เซนติเมตร

Btd ที่ระดับความลึกประมาณ 25- 30/40 เซนติเมตร

Bt ที่ระดับความลึกประมาณ 35/40-100 เซนติเมตร

วิธีคิดระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ใช้วิธีให้คะแนน (วงเล็บในตาราง)

ถ้าคะแนนรวมเท่ากับ 7 หรือน้อยกว่า ถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

ถ้าคะแนนรวมอยู่ระหว่าง 8-12 ถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง

ถ้าคะแนนรวมเท่ากับ 13 ถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์สูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. ลักษณะและสมบัติของชั้นดานไถพรวนในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังและอ้อย

6.1 ความต้านทานในการแทงทะลุในสนาม

การทดสอบความต้านทานในการแทงทะลุของดินที่ทำการศึกษาในสนามแบ่งออกเป็น 2 แนว ได้แก่ แนวที่ทำการปลูกและแนวขวางแนวปลูกของมันสำปะหลังและอ้อย เป็นระยะทาง 50 เซนติเมตร โดยทำการสำรวจตั้งแต่ผิวหน้าดินลงไปถึงที่ระดับความลึกประมาณ 50 เซนติเมตร (ภาพที่ 21-24) พบว่า ดินที่ทำการปลูกมันสำปะหลังพบชั้นดานไถพรวนที่ระดับความลึกประมาณ 10 เซนติเมตร แต่ในดินคล้ายชุดดินสตึกที่มีเบสสูงในตอนล่าง (PP-1) จะพบในระดับที่ลึกกว่าเล็กน้อย (15 เซนติเมตร) แต่อย่างไรก็ตามชั้นดังกล่าวมีความหนาประมาณ 20-35 เซนติเมตร และมีความต้านทานในการแทงทะลุอยู่ในพิสัย 3-10 เมกะพาสคาล แสดงให้เห็นว่าชั้นดินดังกล่าวเป็นชั้นดินอัดแน่น โดย Groenevelt (2001) รายงานว่า ดินที่มีค่าความต้านทางการแทงทะลุเท่ากับ 2 เมกะพาสคาล แสดงว่าชั้นดินนั้นเริ่มอัดแน่น โดยจะส่งผลให้รากพืชเจริญเติบโตลดลงครึ่งหนึ่ง และจะส่งผลรุนแรงเมื่อมีค่าตั้งแต่ 3 เมกะพาสคาล แต่โดยทั่วๆ ไป ดินที่พบชั้นดินอัดแน่นจะมีค่าความต้านทางการแทงทะลุมากกว่า 4 เมกะพาสคาล อย่างไรก็ตาม หากดินมีความชื้นสูง ค่าที่วัดได้จะมีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง

แต่ในกรณีของดินที่คล้ายชุดดินโพนพิสัยที่เป็นดินทราย (PP-2) กลับพบชั้นดานไถพรวนในระดับที่ค่อนข้างลึก (35 เซนติเมตร) และมีความหนาเพียง 10 เซนติเมตร (ภาพที่ 21) แสดงให้เห็นว่าชั้นดานไถพรวนในดินนี้มีแนวโน้มที่จะส่งผลกระทบต่อพืชน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับดินในบริเวณอื่น ๆ อีก 4 บริเวณ นอกจากนี้ชั้นดานที่พบในดินคล้ายชุดดินโพนพิสัยที่เป็นดินทราย (PP-2) มีความต้านทานในการแทงทะลุต่ำที่สุด (อยู่ในพิสัย 4-7 เมกะพาสคาล) ตามมาด้วย ดินคล้ายชุดดินสตึกที่มีเบสสูงในตอนล่าง (PP-1) (อยู่ในพิสัย 3-9 เมกะพาสคาล) ชุดดินยโสธร (PP-3) (อยู่ในพิสัย 4-9 เมกะพาสคาล) และชุดดินสตึก (PP-4 และ PP-5) (อยู่ในพิสัย 5-10 เมกะพาสคาล) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามดินมีค่าความต้านทานในการแทงทะลุสูงที่สุดพบที่ระดับความลึกประมาณ 25 เซนติเมตร แต่ในดินคล้ายชุดดินสตึกที่มีเบสสูงในตอนล่าง (PP-1) และดินคล้ายชุดดินโพนพิสัยที่เป็นดินทราย (PP-2) จะพบในระดับที่ลึกกว่า (35 เซนติเมตร)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนี้ในบางบริเวณของชุดดินยโสธร (PP-3) และ ชุดดินสตึก (PP-4 และ PP-5) พบว่าที่ผิวดินมีความต้านทานในการแทงทะลุสูงถึง 4 เมกะพาสคาล แสดงให้เห็นว่าอาจพบแผ่นแข็งอยู่ที่ผิวดินได้ ซึ่งจะส่งผลยับยั้งการงอกของเมล็ด และการซาบซึมน้ำผ่านผิวดิน ส่งเสริมให้เกิดการกร่อนดินตามมา (Bennie, 1991; Radford *et al*., 2001; Boer, 1999)

ในกรณีของดินที่ปลูกอ้อย พบชั้นดานไถพรวนอยู่ลึกกว่าดินที่ปลูกมันสำปะหลัง (ภาพที่ 23) โดยในบริเวณดินคล้ายชุดดินสตึกที่มีเบสสูงในตอนล่าง (PP-1) ดินคล้ายชุดดินโพนพิสัยที่เป็นดินทราย (PP-2) และ ชุดดินสตึก(PP-5) พบที่ระดับความลึกประมาณ 30-35 เซนติเมตร มีความหนาของชั้นเท่ากับ 10 เซนติเมตร แต่ในดินสตึก (PP-5) ชั้นดังกล่าวจะมีความหนา 15 เซนติเมตร และมีความต้านทานในการแทงทะลุอยู่ในพิสัย 4-7, 5-8 และ 4-10 เมกะพาสคาล สำหรับในบริเวณดินคล้ายชุดดินสตึกที่มีเบสสูงในตอนล่าง (PP-1) ดินคล้ายชุดดินโพนพิสัยที่เป็นดินทราย (PP-2) และ ชุดดินสตึก (PP-5) ตามลำดับ นอกจากนี้ที่ระดับความลึก 40 เซนติเมตร จะมีความความต้านทานในการแทงทะลุสูงที่สุดสำหรับดินคล้ายชุดดินสตึกที่มีเบสสูงในตอนล่าง (PP-1) และชุดดินสตึก (PP-5) และที่ความลึก 35 เซนติเมตรสำหรับในบริเวณดินคล้ายชุดดินโพนพิสัยที่เป็นดินทราย (PP-2) แต่ในชุดดินยโสธร (PP-3) พบชั้นดานไถพรวนที่ระดับความลึก 20-30 เซนติเมตร และมีความหนาของชั้นประมาณ 10-15 เซนติเมตร และมีความความต้านทานในการแทงทะลุสูงที่สุดอยู่ที่ระดับความลึก 25 เซนติเมตร (มีค่าอยู่ในพิสัย 4-8 เมกะพาสคาล)

ในขณะที่บริเวณชุดดินสตึก (PP-4) พบว่าดินมีความต้านทานในการแทงทะลุสูงตั้งแต่ที่ผิวหน้าดินลงไป โดยมีค่าตั้งแต่ 2-8 เมกะพาสคาล และพบชั้นดานไถพรวนอยู่ในระดับที่ตื้นมาก (10 เซนติเมตร) โดยชั้นดานที่พบมีความหนาประมาณ 15-25 เซนติเมตร และมีความความต้านทานในการแทงทะลุสูงที่สุดอยู่ที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร (มีค่าอยู่ในพิสัย 4-9 เมกะพาสคาล) แสดงให้ว่าในบริเวณดินนี้น่าจะเป็นปัญหาต่ออ้อยมากกว่าในบริเวณอื่น ๆ เนื่องจากชั้นดานที่พบในระดับตื้นมาก และมีความแข็งสูง รวมทั้งอาจพบแผ่นแข็งที่ผิวดินด้วย

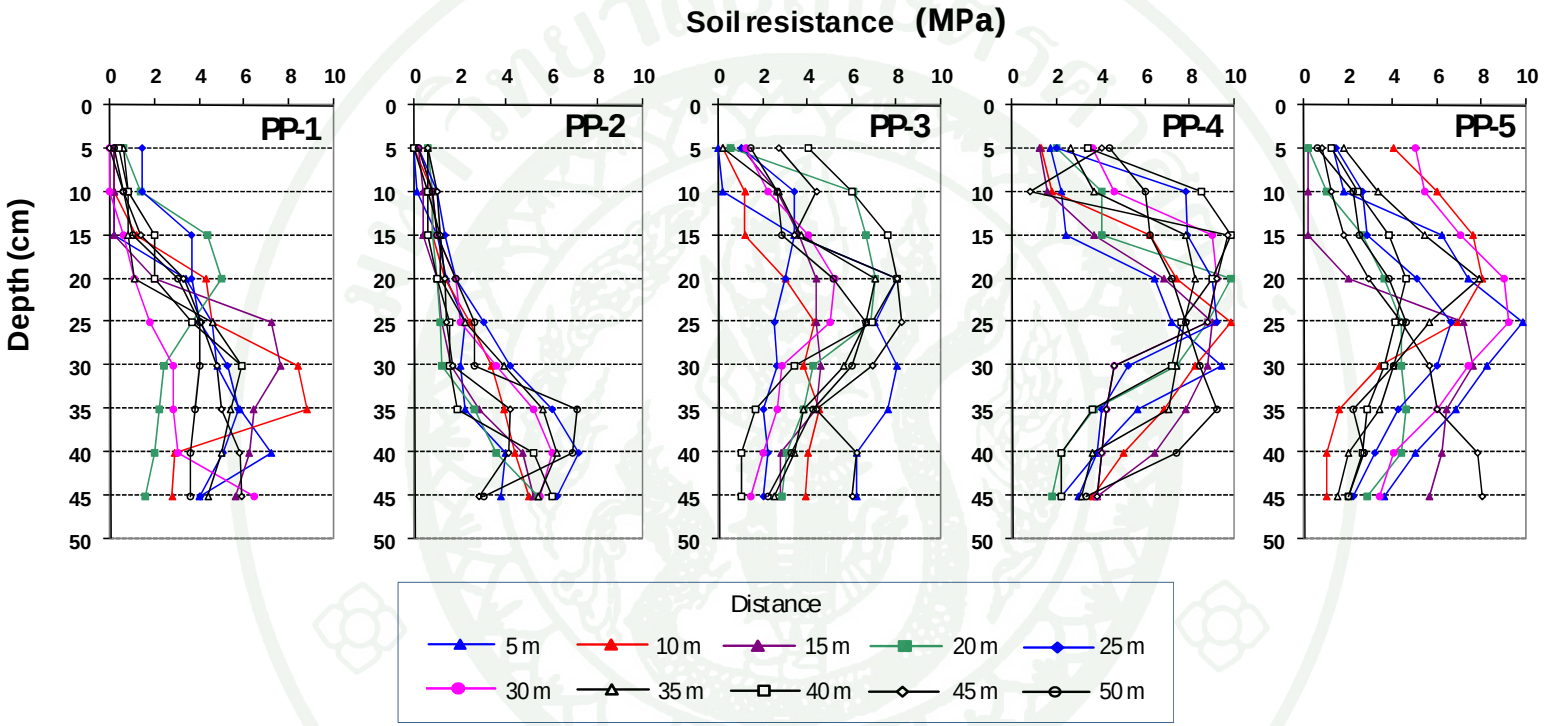
โดยภาพรวมพบว่า ชั้นดานไถพรวนในแปลงอ้อยมีความแข็งน้อยกว่าดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลัง (ประมาณ 2-8 และ 3-10 เมกะพาสคาล สำหรับดินที่ปลูกอ้อยและมันสำปะหลังตามลำดับ) และพบอยู่ในระดับที่ลึกกว่าด้วย (ประมาณ 20 และ 10 เซนติเมตร สำหรับดินที่ปลูกอ้อยและมันสำปะหลัง ตามลำดับ) ทั้งนี้น่าจะเป็นผลมาจากการที่อ้อยมีเศษเหลือหลังจากการเก็บ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

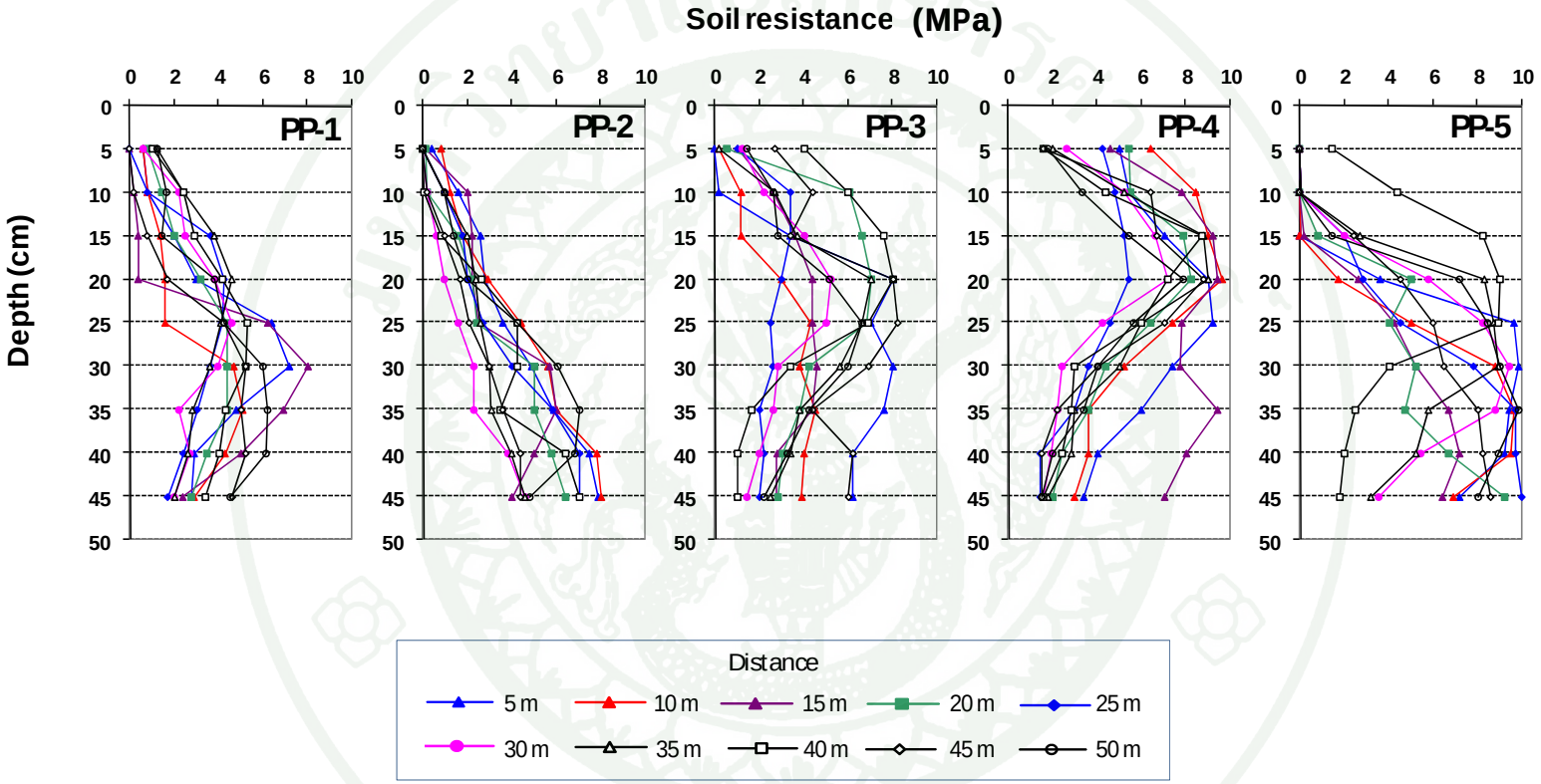
เกี่ยวมากกว่ามันสำปะหลัง จึงทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุมากกว่า ส่งเสริมให้โครงสร้างดินแข็งแรงมากกว่า จึงทนทานต่อการอัดแน่นของเครื่องจักรกลทางการเกษตรได้มากกว่า

และเมื่อพิจารณาแนวที่ขวางการปลูกพืชทั้งสองชนิด พบว่า ให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับแนวปลูกพืช (ภาพที่ 23, 24) อย่างไรก็ตาม ในบริเวณชุดดินยโสธร (PP-3) และชุดดินสตึก (PP-4) ทั้งในแปลงที่ปลูกมันสำปะหลังและอ้อย จะมีค่าความต้านทานในการแทงทะลุสูงถึง 6 เมกะพาสคาล ตั้งแต่ที่ผิวดิน แสดงให้เห็นว่าอาจพบแผ่นแข็งอยู่ที่ผิวดินด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

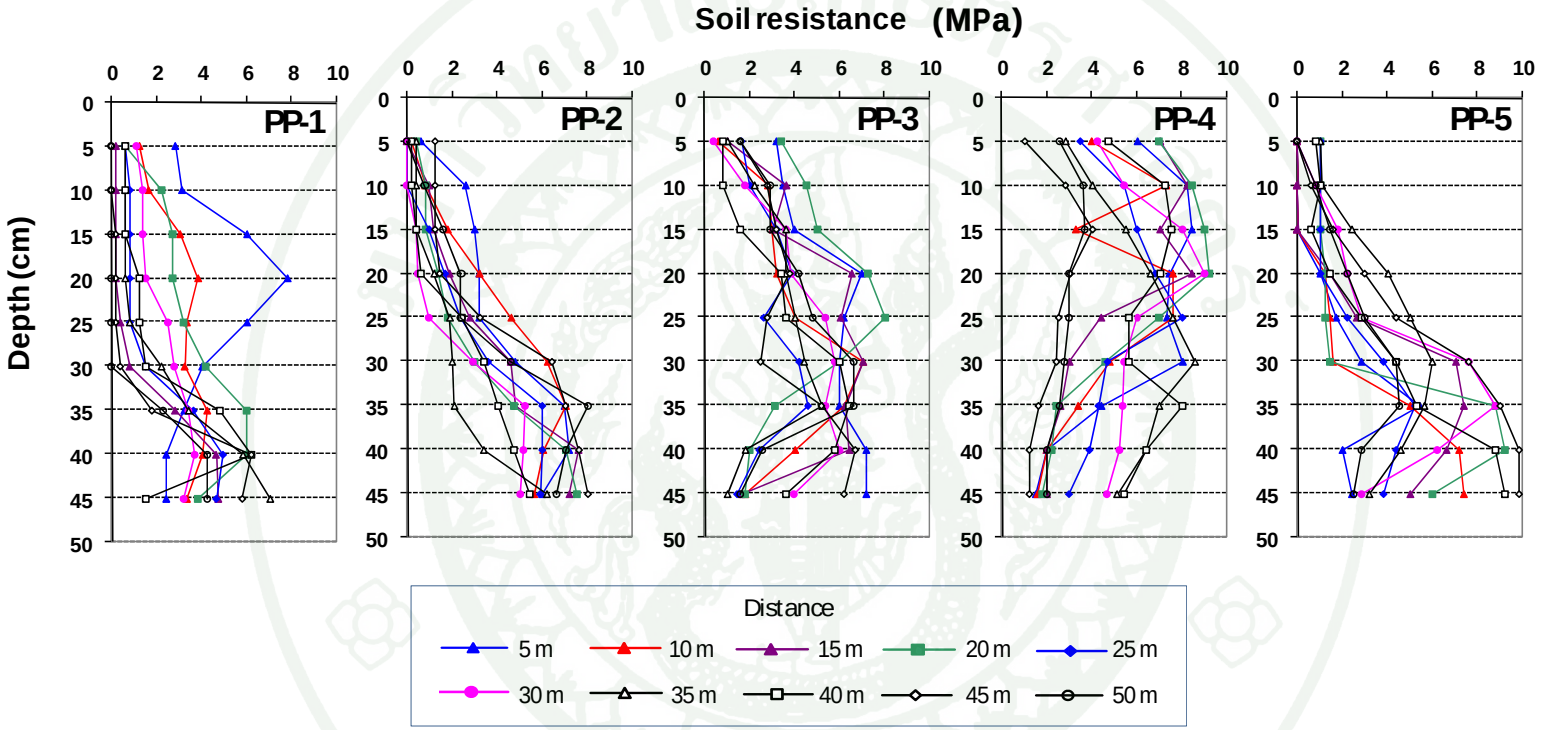


ภาพที่ 21 ความต้านทานในการแทงทะลุของดินที่วัดในสนามในแนวปลูกมันสำปะหลังจากจุดที่ทำการเก็บตัวอย่างดินเป็นระยะทาง 50 เมตร



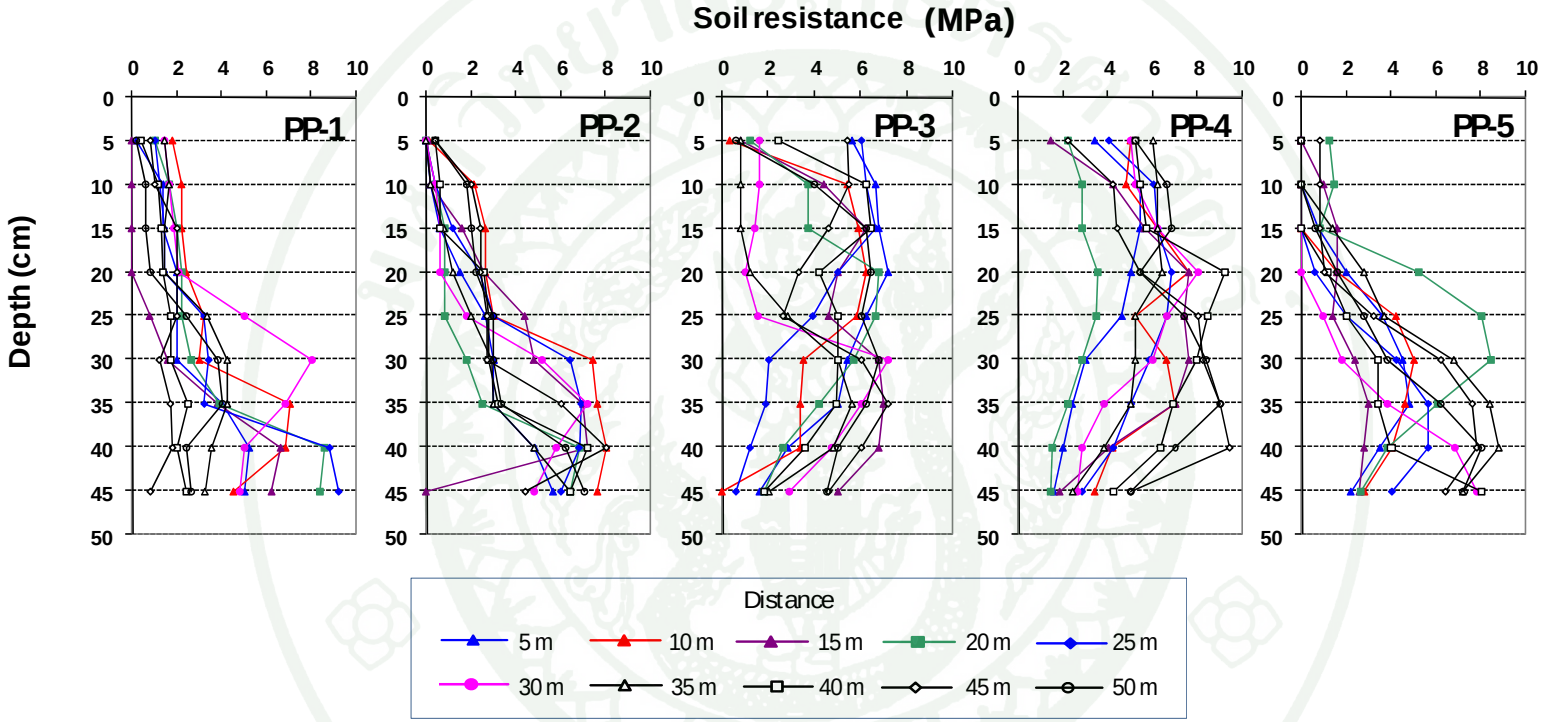
ภาพที่ 22 ความต้านทานในการแทงทะลุของดินที่วัดในสนามในแนวขวางแนวปลูกมันสำปะหลังจากจุดที่ทำการเก็บตัวอย่างดินเป็นระยะทาง 50 เมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 23 ความต้านทานในการแทงทะลุของดินที่วัดในสนามในแนวปลูกอ้อยจากจุดที่ทำการเก็บตัวอย่างดินเป็นระยะทาง 50 เมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 24 ความต้านทานในการแทงทะลุของดินที่วัดในสนามในแนวขวางแนวปลูกอ้อยจากจุดที่ทำการเก็บตัวอย่างดินเป็นระยะทาง 50 เมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.2 การแจกกระจายของรากพืช

การแจกกระจายของรากพืชในหน้าตัดดิน พบว่า ในพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร ดินทุกบริเวณ มีการกระจายของรากที่พบมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร และไม่พบรากที่มีขนาดใหญ่ โดยดินที่ใช้ในการปลูกอ้อยจะมีปริมาณรากพืชมากกว่าดินที่ใช้ในการปลูกมันสำปะหลัง โดยเฉพาะในชั้นดินบน โดยมีปริมาณอยู่ในพิสัย 1-5 ราก และ มากกว่า 5 รากต่อตารางเซนติเมตร สำหรับดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังและอ้อย ตามลำดับ ทั้งนี้น่าจะเป็นผลเนื่องมาจากอ้อยเป็นพืชที่มีระบบรากฝอย ในขณะที่มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีการสะสมแป้งในส่วนหัว (เกษมและชุลี, 2523; Holm *et al*., 1977; ดนัย, 2537) แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณรากพืชในชั้นดานไถพรวนภายใต้พืชทั้งสองชนิดจะมีปริมาณลดลงจากดินชั้นบนอย่างชัดเจนโดยเฉพาะในพื้นที่ปลูกมันอ้อย ซึ่งในชั้นดินบนมีการแพร่กระจายของรากมากกว่า 5 รากต่อตารางเซนติเมตร ในขณะที่ชั้นดานไถพรวนมีการแจกกระจายของรากจำนวน 1 รากต่อตารางเซนติเมตร แสดงให้เห็นว่าชั้นดังกล่าวสามารถจำกัดการชอนไชของรากพืชได้ (ตารางที่ 4)

6.3 สมบัติของดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังและอ้อย

6.3.1 ความหนาแน่นรวม

ผลการศึกษาพบว่า ดินมีความหนาแน่นรวมอยู่ในพิสัย 1.24-1.86 และ 1.27-1.80 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับดินที่ปลูกมันสำปะหลังและอ้อย ตามลำดับ โดยความหนาแน่นรวมจะมีค่าต่ำในชั้นดินบนและมีค่าเพิ่มขึ้นในชั้นดานไถพรวนที่อยู่ถัดลงมา จากนั้นมีแนวโน้มลดลงในชั้นดินที่ลึกลงไป (ภาพที่ 25) อย่างไรก็ตาม ชั้นดานไถพรวนของดินภายใต้พืชทั้งสองชนิดมีความหนาแน่นรวมใกล้เคียงกัน โดยมีค่าประมาณ 1.65 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะมีส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของอ้อยมากกว่ามันสำปะหลัง โดยมีรายงานว่าความหนาแน่นรวมที่มีค่าเท่ากับ 1.8-1.9 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะเป็นค่าวิกฤตที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของรากอ้อย (Hunsigi, 1993)

อย่างไรก็ตามชั้นดานไถพรวนของดินคล้ายชุดดินโพนพิสัยที่เป็นดินทราย (PP-2) มีความหนาแน่นรวมต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณอื่น ๆ โดยมีค่าเท่ากับ 1.24 และ 1.47 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ภายใต้การปลูกมันสำปะหลังและอ้อย ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 การแจกกระจายของรากพืชในหน้าตัดดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังและอ้อย โดยพิจารณาในพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร

Pedon	Cassava					Sugarcane				
	Root diameter									
	VC	C	M	F	VF	VC	C	M	F	VF
PP-1 Ultic Haplustalf										
Ap	-	-	-	**	**	-	-	-	***	***
Btd	-	-	-	-	*	-	-	-	*	*
Bt1	-	-	-	-	*	-	-	-	*	*
PP-2 Typic Plinthustult										
Ap1	-	-	-	**	**	-	-	-	***	***
Ap2	-	-	-	-	*	-	-	-	*	*
Bt1	-	-	-	-	*	-	-	-	-	*
PP-3 Typic Haplustult										
Ap	-	-	-	*	**	-	-	-	***	***
Btd	-	-	-	-	*	-	-	-	*	*
Bt1	-	-	-	-	*	-	-	-	-	*
PP-4 Typic Paleustult										
Ap	-	-	-	*	*	-	-	-	***	***
Btd	-	-	-	-	*	-	-	-	**	**
Bt1	-	-	-	-	*	-	-	-	-	*
PP-5 Typic Paleustult										
Ap	-	-	-	**	**	-	-	-	*	**
Btd	-	-	-	-	*	-	-	-	-	*
Bt1	-	-	-	-	*	-	-	-	-	*

หมายเหตุ เส้นผ่าศูนย์กลางราก

VC = >10 มิลลิเมตร

C = 5-10 มิลลิเมตร

M = 2-5 มิลลิเมตร

F = 1-2 มิลลิเมตร

VF = <1 มิลลิเมตร

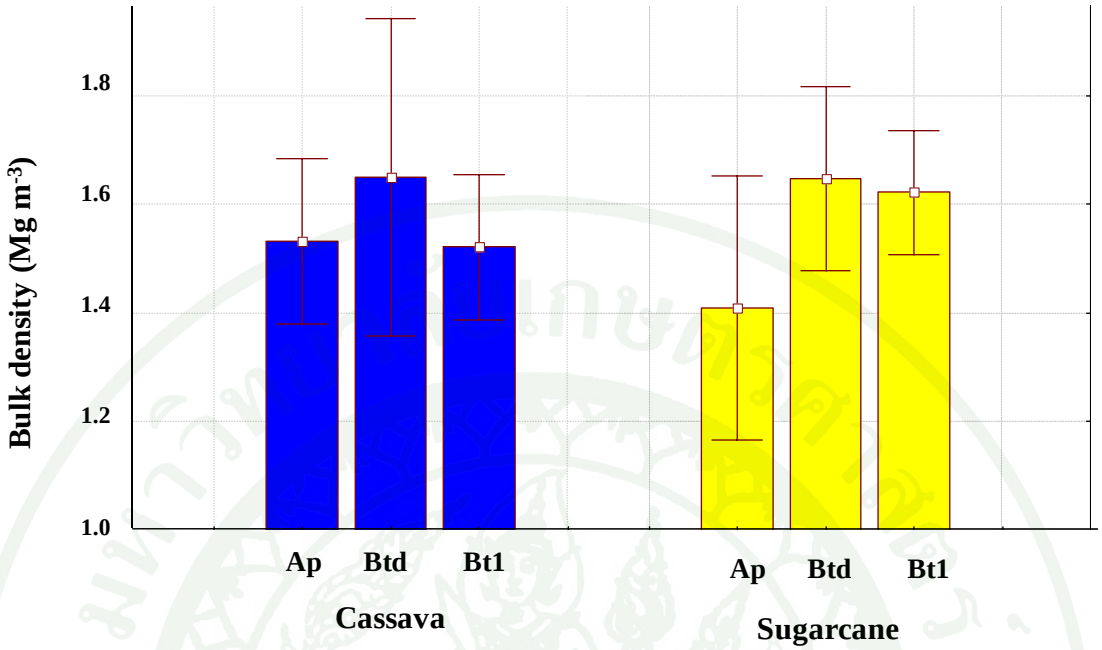
จำนวนรากต่อพื้นที่

* = 1 ราก ซม.$^{-2}$

** = 1-5 ราก ซม.$^{-2}$

*** = >5 ราก ซม.$^{-2}$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

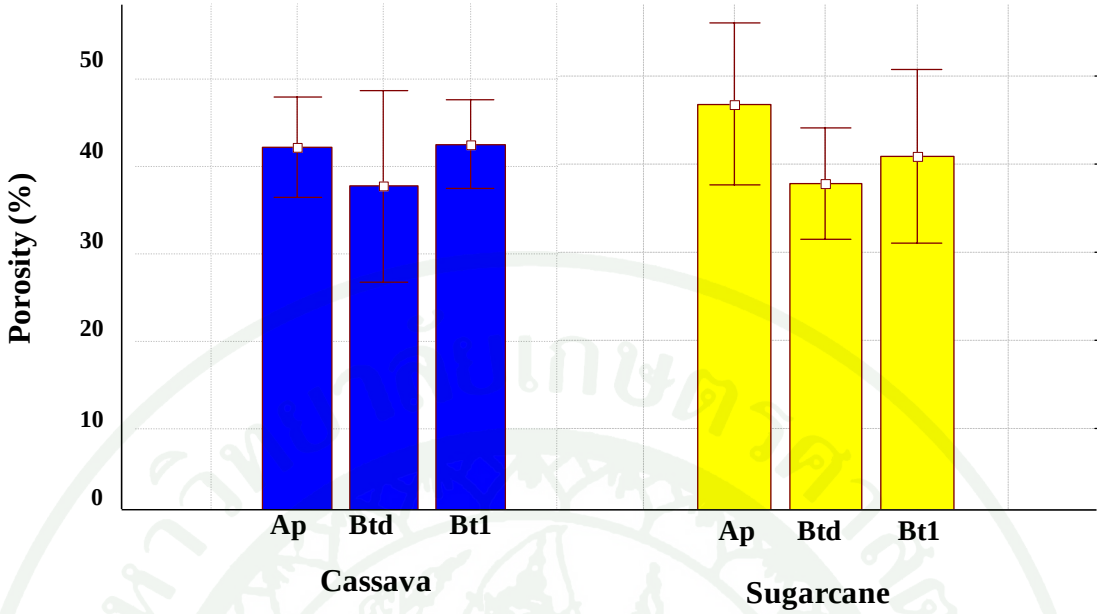


ภาพที่ 25 ความหนาแน่นรวมของดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังและอ้อย

6.3.2 ความพรุนรวม

จากผลการศึกษา พบว่าความพรุนรวมจะให้ผลสอดคล้องกับความหนาแน่นรวม โดยค่าความพรุนรวมของชั้นดินบนจะมีค่าสูงอยู่ในพิสัยร้อยละ 39.1-50.3 และ 34.8-51.9 สำหรับดินที่ปลูกมันสำปะหลังและอ้อย ตามลำดับ (ภาพที่ 26) และมีแนวโน้มลดลงในชั้นที่เป็นชั้นดานไถพรวนมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 30.8-35.8 และ 32.2-41.2 สำหรับดินที่ปลูกมันสำปะหลังและอ้อย ตามลำดับ จากนั้นจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นในชั้นที่อยู่ด้านล่างชั้นดานไถพรวน มีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 37.1-46.5 และ 35.1-54.8 สำหรับดินที่ปลูกมันสำปะหลังและอ้อย ตามลำดับ ยกเว้นในดินคล้ายชุดดินโพนพิสัยที่เป็นดินทราย (PP-2) ที่ใช้ในการปลูกมันสำปะหลังที่มีความพรุนรวมของชั้นดานไถพรวนสูงถึงร้อยละ 53.2 ซึ่งมีค่ามากกว่าชั้นดินบนและชั้นดินล่าง รวมทั้งมีค่ามากกว่าชั้นดานไถพรวนของดินในบริเวณอื่น ๆ อีก 4 บริเวณ นอกจากนี้ความพรุนรวมของดินมีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้ของดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

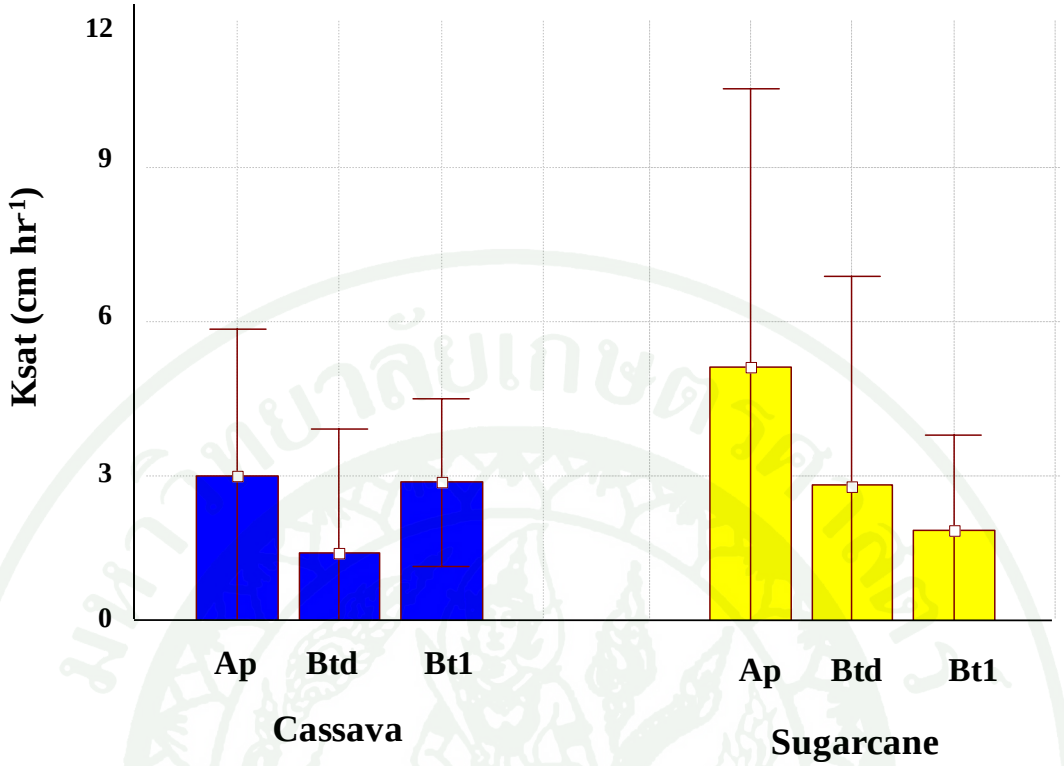


ภาพที่ 26 ความพรุนรวมของดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังและอ้อย

6.3.3 ค่าสภาพการนำน้ำขณะดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ

ค่าสภาพการนำน้ำของดินอยู่ในพิสัย 0.26-9.36 เซนติเมตรต่อชั่วโมง และ 0.03-11.7 เซนติเมตรต่อชั่วโมง สำหรับมันสำปะหลังและอ้อย ตามลำดับ (ภาพที่ 27) โดยสภาพการนำน้ำของดินบนจะเร็วมากกว่าและลดลงในชั้นดินล่างโดยเฉพาะในชั้นดานไถพรวน และสภาพการนำน้ำของดินจะเพิ่มขึ้นในชั้นดินที่อยู่ถัดลงมาจากชั้นดานไถพรวนโดยเฉพาะในกรณีของดินที่ใช้ในการปลูกมันสำปะหลัง แสดงให้เห็นว่าชั้นดานไถพรวนในดินเหล่านี้จะไปจำกัดการเคลื่อนที่ของน้ำในแนวดิ่ง จึงส่งผลโดยตรงต่อความชื้นในดิน (Coelho *et al*., 2000) นอกจากนี้โดยทั่วไปแล้วแปลงมันสำปะหลังจะมีเศษพืชปกคลุมน้อยกว่าแปลงอ้อย ดังนั้นจึงอาจทำให้เกิดการกร่อนดินได้มากกว่าแปลงอ้อย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 27 ค่าสภาพนำน้ำของดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังและอ้อย

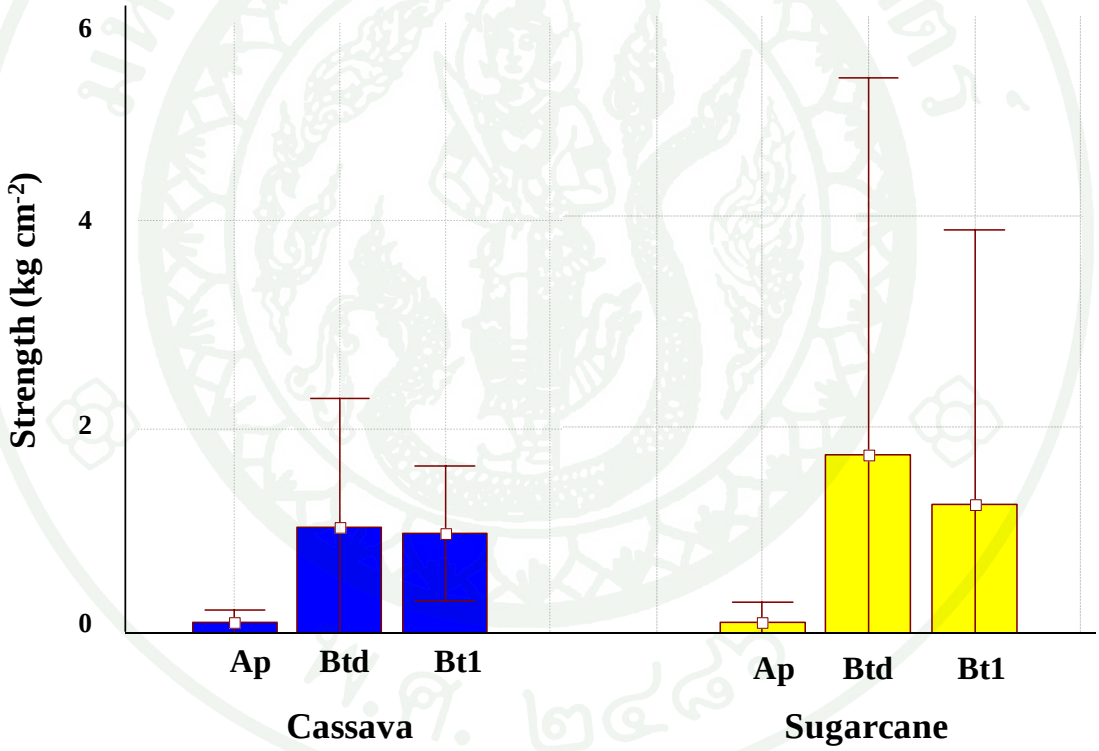
6.3.4 ความแข็ง

ค่าความแข็งของดินเมื่อวัดในขณะที่ดินไม่มีความชื้นเหลืออยู่ มีค่าอยู่ในพิสัย 0-2.8 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และ 0-6.8 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังและอ้อย ตามลำดับ (ภาพที่ 28)โดยในดินชั้นบนบางบริเวณภายใต้การใช้ประโยชน์พืชทั้งสองไม่สามารถวัดความแข็งได้ เนื่องจากดินบนมีเนื้อดินเป็นดินทรายปนดินร่วนและดินร่วนปนทราย โครงสร้างดินไม่มีความคงทนแข็งแรง ดินไม่มีความสามารถในการเปลี่ยนรูปได้ เมื่อแห้งดินจึงไม่สามารถจับตัวเป็นก้อนได้ จึงส่งผลให้ค่าความแข็งของดินบนต่ำ ชั้นดานไถพรวนจะมีความแข็งอยู่ในพิสัย 0.43-2.79 และ 0.28-6.87 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังและอ้อย ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าชั้นดินบนและชั้นดินที่อยู่ตอนล่างของชั้นดานไถพรวน

ชั้นดานไถพรวนภายใต้การปลูกอ้อยจะมีค่าสูงถึง 6.87 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งมีความแข็งมากกว่าดินที่ใช้ในการปลูกมันสำปะหลังซึ่งให้ผลสอดคล้องกับความ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หนาแน่นรวมของดิน ทั้งนี้น่าจะมีสาเหตุมาจากเครื่องจักรกลทางการเกษตรที่ใช้ในแปลงอ้อยส่วนใหญ่มีขนาดใหญ่และมีจำนวนครั้งในการปฏิบัติการมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกมันสำปะหลัง เช่น การปลูกอ้อยจะต้องมีการไถเตรียมดินประมาณ 3-4 ครั้ง เพื่อให้ได้ดินที่ค่อนข้างละเอียดและมีพื้นที่สม่ำเสมอก่อนทำการยกร่องปลูก จากนั้นทำการใช้รถไถเพื่อทำการกลบท่อนพันธุ์อีกครั้งหนึ่ง ในขณะที่มันสำปะหลังใช้เพียงรถไถติดตั้งผาล 3 จากนั้นตามด้วยผาล 7 และทำการยกร่องปลูกได้เลย นอกจากนี้ยังมีการใช้รถไถในการกำจัดวัชพืช และมีความจำเป็นที่จะต้องใช้รถบรรทุกขนาดใหญ่เข้าไปในแปลงอ้อย เพื่อขนอ้อยที่ทำการเก็บเกี่ยวในแปลง เนื่องจากอ้อยที่เก็บเกี่ยวมีน้ำหนักมาก แรงงานคนจึงทำได้ลำบาก นอกจากนี้หลังการเก็บเกี่ยวแล้วยังต้องใช้รถไถเข้าไปเพื่อย่ำตออ้อยอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้อ้อยตอเจริญเติบโตได้ดีขึ้น



ภาพที่ 28 ความแข็งของดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังและอ้อย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.4 ปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณธาตุอาหารหลัก

ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ชั้นความหนา 5 เซนติเมตร ตอนล่างของชั้นไถพรวนหรือชั้นดินบน (Ap-b) และตอนบนหนา 5 เซนติเมตร ของชั้นดานไถพรวน (Btd-t) ในแนวปลูกพืชและขวางแนวการปลูก แสดงในตารางที่ 5

ในกรณีของดินที่ปลูกมันสำปะหลังในแนวปลูกพืช พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุอาหารหลักส่วนใหญ่มีปริมาณใกล้เคียงกันทั้งที่ชั้นหนา 5 เซนติเมตรในตอนล่างของดินบนและที่ความหนาเดียวกันในตอนบนของชั้นดานไถพรวน โดยมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในพิสัย 2.7-5.49 และ 1.91-4.45 กรัมต่อกิโลกรัม ไนโตรเจนรวมอยู่ในพิสัย 0.21-0.49 และ 0.21-0.56 กรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในพิสัย 5.56-51.81 และ 3.70-28.28 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในพิสัย 8.29-50.42 และ 8.15-56.86 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับตอนล่างของชั้นไถพรวน และตอนบนของชั้นดานไถพรวน ตามลำดับ

ปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุอาหารพืชในชั้นดานไถพรวนของดินในพื้นที่ปลูกอ้อยในแนวปลูกพืชให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับแปลงมันสำปะหลัง โดยมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในพิสัย 1.51-4.29 และ 1.78-4.29 กรัมต่อกิโลกรัม ไนโตรเจนรวมอยู่ในพิสัย 0.14-0.42 และ 0.14-0.35 กรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในพิสัย 2.99-11.43 และ 2.48-7.16 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในพิสัย 5.47-110.24 และ 4.38-24.63 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับตอนล่างของชั้นไถพรวน และตอนบนของชั้นดานไถพรวน (ตารางที่ 5)

เมื่อพิจารณาในแนวขวางแนวปลูกของพืชทั้งสองชนิดให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับแนวปลูกพืช

จากผลการศึกษา แสดงให้เห็นว่าชั้นดานไถพรวนไม่ได้ช่วยลดการสูญเสียธาตุอาหารพืชออกจากดิน หรืออีกนัยหนึ่งช่วยทำให้เกิดการสะสมบริเวณตอนบนของชั้นดานไถพรวน ซึ่งการที่ดินเหล่านี้มีปริมาณธาตุอาหารและอินทรียวัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำน่าจะเป็นผลมาจากการดูดใช้ของพืช การสูญเสียไปกับตะกอนดินที่ถูกกร่อน และ/หรือการชะละลายบางส่วน อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของปริมาณธาตุอาหารเหล่านี้เมื่อเปรียบเทียบแต่ละบริเวณแสดงถึงอิทธิพลของการจัดการโดยเกษตรกรในพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของชั้นดานไถพรวนในแนวปลูกและแนวล้อรถในดินปลูกมันสำปะหลังและอ้อย

	Collected layer	OM		Total N		Avail. P		Avail. K	
		(----------g kg^{-1}----------)				(----------mg kg^{-1}----------)			
		C	S	C	S	C	S	C	S
In row									
PP-1	Ap-b	3.7	2.4	0.28	0.42	10	3	15	5
	Btd-t	1.9	1.9	0.56	0.35	6	2	27	4
PP-2	Ap-b	5.5	4.3	0.42	0.28	9	9	18	11
	Btd-t	3.2	4.3	0.35	0.28	3	6	13	15
PP-3	Ap-b	4.5	2.7	0.49	0.28	26	11	50	110
	Btd-t	2.6	2.5	0.35	0.21	15	6	57	25
PP-4	Ap-b	4.2	3.4	0.28	0.21	52	3	8	7
	Btd-t	5.1	3.6	0.21	0.14	28	7	12	8
PP-5	Ap-b	2.7	1.5	0.21	0.14	5	6	11	22
	Btd-t	1.9	1.8	0.21	0.14	6	4	8	14
Between row									
PP-1	Ap-b	1.4	1.8	0.35	0.49	2	2	11	5
	Btd-t	1.4	2.1	0.35	0.42	2	2	15	10
PP-2	Ap-b	3.9	3.7	0.35	0.35	8	8	7	11
	Btd-t	2.1	4.2	0.28	0.35	9	6	7	5
PP-3	Ap-b	5.2	3.5	0.35	0.35	50	5	71	62
	Btd-t	3.4	3.5	0.35	0.56	35	2	92	64
PP-4	Ap-b	4.6	3.7	0.35	0.28	5	14	14	9
	Btd-t	4.3	3.9	0.21	0.21	18	15	18	10
PP-5	Ap-b	18.9	1.4	0.21	0.14	3	4	12	13
	Btd-t	19.0	2.8	0.28	0.07	6	4	9	12

หมายเหตุ C = ดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลัง

S = ดินที่ใช้ปลูกอ้อย

Ap-b = ชั้นความหนา 5 เซนติเมตรในตอนล่างของชั้นไถพรวนหรือชั้นดินบน

Btd-t = ชั้นความหนา 5 เซนติเมตรในตอนบนของชั้นดานไถพรวน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ดินที่ทำการศึกษามีวัตถุต้นกำเนิดเป็นตะกอนน้ำพาท้องถิ่นและตะกอนล้างผิวดินที่วางตัวอยู่วัสดุตกค้างที่ตัวสลายมาจากหินทราย พบอยู่บนตอนกลางและตอนล่างของตะพักลุ่มน้ำ พื้นที่มีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดเทอยู่ในพิสัยร้อยละ 2-6 อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลางระหว่าง 177-195 เมตร จำแนกในระดับกลุ่มดินย่อยได้เป็น Ultic Haplustalf, Typic Plinthustult, Typic Haplustult และ Typic Paleustults (2 บริเวณ) มีเนื้อดินอยู่ในกลุ่มเนื้อดินหยาบถึงเนื้อปานกลาง มีแจกกระจายของอนุภาคแบบ 3 กลุ่มขนาด และมีปริมาณทรายละเอียดมากและทรายแป้งสูง ซึ่งง่ายต่อการอัดแน่นเนื่องจากแรงกดทับ ดินทั้งหมดมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

ดินเกือบทุกบริเวณยกเว้นดินคล้ายชุดดินโพนพิสัยที่เป็นดินทราย พบชั้นดานไถพรวนที่ระดับความลึก 20-25 เซนติเมตร และมีความหนาประมาณ 15-20 เซนติเมตร ชั้นดานไถพรวนมีความหนาแน่นรวมอยู่ในระดับสูงปานกลางถึงสูง มีสภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำอยู่ในระดับต่ำปานกลางถึงต่ำ และมีปริมาณความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ต่ำมาก ความต้านทานในการแทงทะลุของดินในพื้นที่ปลูกอ้อยมีค่าต่ำกว่าในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง อย่างไรก็ตามพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังจะพบชั้นดานไถพรวนอยู่ตื้นกว่าพื้นที่ปลูกอ้อย นอกจากนี้ชั้นดานไถพรวนในดินที่ปลูกมันสำปะหลังมีความหนาแน่นรวมสูงกว่าแต่มีความแข็งต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ใช้ปลูกอ้อย ชั้นดานไถพรวนไม่มีผลต่อการสะสมธาตุอาหารพืชและปริมาณอินทรียวัตถุในตอนบนของชั้นนี้หรือในช่วงต่อระหว่างชั้นดินบนและชั้นดานไถพรวน การแจกกระจายของรากพืชในชั้นดานไถพรวนมีปริมาณน้อยกว่าชั้นดินบนอย่างชัดเจน

ปัญหาของชั้นดานไถพรวนในดินที่ทำการศึกษาที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชมีความรุนแรงไม่มากนัก โดยจะมีผลต่อการจำกัดการชอนไชของรากพืชและการแทงหัวของมันสำปะหลังบ้าง รวมถึงจะไปลดปริมาณน้ำใช้ประโยชน์ได้ในดินเหล่านี้ โดยจะเป็นปัญหารุนแรงขึ้นในฤดูแล้ง แต่อย่างไรก็ตามชั้นดานไม่มีผลต่อการสะสมธาตุอาหารพืชในตอนบนของชั้นตามที่มีรายงานมา และมีความเป็นไปได้สูงที่ชั้นดานไถพรวนนี้จะไปส่งเสริมให้เกิดการกร่อนดิน เนื่องจากเป็นชั้นที่ชะลอการซาบซึมน้ำ ทำให้เกิดการสะสมน้ำที่ดินบน ส่งเสริมให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าผิวดินโดยเฉพาะในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเนื่องจากมีสิ่งปกคลุมผิวดินน้อยกว่าพื้นที่ปลูกอ้อย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

การที่ดินที่ศึกษามีเนื้อดินอยู่ในกลุ่มเนื้อปานกลางซึ่งส่วนใหญ่ใช้ในการผลิตพืชไร่ที่สำคัญ ได้แก่ มันสำปะหลังและอ้อย ชั้นดานไถพรวนเกิดขึ้นในหน้าตัดดินได้ง่ายเนื่องจากการเตรียมดินและการปฏิบัติงานตามปกติ ซึ่งจะมีผลต่อความชื้นในดินและการเจริญเติบโตของรากพืช ดังนั้น แนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ควรประกอบด้วย การไถลึกเพื่อระเบิดดินดานโดยการใช้ไถสิ่ว (chisel) และไถดินดาน (subsoilers) ทุก ๆ 3-4 ปี ระดับความลึกของการไถควรไม่ต่ำกว่า 40 เซนติเมตร และควรปฏิบัติในช่วงที่ดินแห้ง เพื่อให้ชั้นดานถูกทำลายโดยสมบรูณ์ นอกจากนี้การไถพรวนดินเพื่อเตรียมพื้นที่ก่อนการเพาะปลูก ไม่ควรไถพรวนดินที่ระดับเดิมทุกปี หรือในขณะที่ความชื้นดินไม่เหมาะสม หากเป็นไปได้ควรใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์น้ำหนักเบา ใช้ยางหน้ากว้างหรือใช้ล้อคู่เพื่อกระจายน้ำหนัก

อย่างไรก็ตาม การแก้ไขดังกล่าวไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างถาวร โดยดินเหล่านี้สามารถกลับมาอัดตัวกันแน่นเป็นชั้นดานไถพรวนขึ้นอีกได้ดังที่มีรายงานมาก่อนหน้านี้ จึงจำเป็นต้องมีการใส่วัสดุปรับปรุงดินร่วมด้วย การใช้วัสดุปรับปรุงดิน เช่น ยิปซัม หินฝุ่น ซึ่งมีแคลเซียมและแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบสำคัญ เนื่องจากแคลเซียมและแมกนีเซียมเป็นแคตไอออนที่มีอำนาจในการแทนที่สูง ส่งผลให้อนุภาคเกิดการรวมตัวกัน เช่นเดียวกับการเพิ่มเติมอินทรียวัตถุให้แก่ดิน เช่น การใช้ปุ๋ยคอก จะช่วยส่งเสริมโครงสร้างดินให้ดีขึ้น ความหนาแน่นรวมลดลง ความพรุนรวมและ ความคงทนของเม็ดดินเพิ่มขึ้น ดินจะมีการซาบซึมดีขึ้นทำให้น้ำสามารถเคลื่อนที่ลงไปในยังดินล่างได้ง่ายขึ้น และจากการที่ช่องว่างมีความเสถียรมากขึ้น ก็จะส่งผลให้รากพืชแทงลงไปในดินได้ลึก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใส่ลงในดินแล้วมีการไถกลบให้ลงไปสะสมอยู่ในระดับลึก หรือข้างใต้ชั้นไถพรวนทั่วไปก็น่าจะเป็นการช่วยแก้ปัญหาได้ถาวรมากยิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

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

กรมวิชาการเกษตร. 2547. **อ้อย.** เอกสารวิชาการ เล่มที่ 1. พิมพ์ครั้งที่ 1 ธนประดิษฐ์การพิมพ์ กรุงเทพฯ.

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

เกษม สุขสถาน และ ชุลี ชัยพิพัฒน์. 2523. **อ้อย**. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน 5: 65-107.

_____ และ อุดม พูลเกษม. 2521. การเลือกทำเลและที่ดินสำหรับปลูกอ้อย, น. 54-56. *ใน* **หลักการทำไร่อ้อย**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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

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

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

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จำลอง เจียมจำนรรจา. 2542. **มันสำปะหลัง**, น. 80-93. *ใน* พฤกษศาสตร์พืชเศรษฐกิจ. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชวเลิศ นวลโคกสูง, อดิสร ใจชื้น และอารีรัตน์ ดอกเข็ม. 2548. **แนวทางการใช้ประโยชน์บนพื้นที่ดินดาน**. เอกสารวิชาการเลขที่ 05/01/48. ส่วนวางแผนพัฒนาพื้นที่ร้าง พื้นที่แล้งซ้ำซากและดินดาน. สถาบันวิจัยพัฒนาเพื่อป้องกันการเป็นทะเลทรายและการเตือนภัย. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

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

นงคราญ กาญจนประเสริฐ. 2529. **การศึกษาลักษณะวินิจฉัยที่สำคัญในพัฒนาการของดินและศักยภาพของดินอันดับแอลฟิซอลส์และอินเซปติซอลส์บริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

ปิยะวุฒิ พูลสงวน, วิจารณ์ วิชชุกิจ, เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์, เอ็จ สโรบล, ปิยะ ดวงพัตรา จำลอง เจียมจำนรรจา และวัชรี เลิศมงคล. 2542. **เทคนิคในการเพิ่มผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลัง**. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 4. โครงการเพื่อบรรเทาผลกระทบทางสังคมเนื่องจากวิกฤตการณ์ทางเศรษฐกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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

สถาบันวิจัยพืชไร่. 2526. **คำแนะนำการปลูกพืชไร่**. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกราช มีวาสนา. 2552. **ลักษณะและปัญหาของชั้นดานไถพรวนในระบบการปลูกมันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา.** วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2542. **การสำรวจดิน**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2542. **คู่มือปฏิบัติการ การสำรวจดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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

Anusontpornperm, S., S. Nortcliff and I. Kheoruenromne. 2005. Hardpan formation of some coarse-textured upland soils in Thailand. **Paper presented at Management of Tropical Sandy Soils from Sustainable Agriculture**, November 27-December 2, 2005. Khon Kaen, Thailand.

Baize, D. 1993. **Soil Science Analysis: A Guide to Current Use**. John Wiley and Sons, Ltd., England.

Balbuena, R.H., A.M.Terminiello, J.A. Claverie, J.P. Casado, and R. Marlats. 2000. Soil compaction by forestry harvester operation. Evolution of physical properties. **Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental** 4: 453-459

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

Blackburn, F. 1984. **Sugarcane**. Longman, Inc., New York.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Blake, G.R. and H. Hartage. 1986. Bulk density, pp. 363-375. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis: Part I**. 2nd ed. Am. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.

Bloom, P.R. 2000. Soil pH and pH Buffering, pp. B333-B352. *In* M.E. Sumner, ed. **Handbook of Soil Science.** CRC Press LLC.

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

Buol, S.W. 1987. Fertility capability classification system and its utilization, pp. 317-331. *In* **Soil Management under Humid Conditions in Asia (ASIALAND). IBSRAM** Proceedings No. 5, Bangkok.

Bradford, J.M. 1986. Penetrability, pp. 463-477. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis. Part I**. Agronomy No. 9. Am. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.

Brady, N.C. and R.R. Weil. 2008. **The Nature and Properties of Soils**. 15th ed. Prentice Hall, Inc., NewJersey

Brantley, S.L., S.R. Crane, D.A. Crerar, R. Hellman and R. Stallard. 1986. Dissolution at dislocation etch pits in quartz. **Geochem. Cosmochim Acta 50**: 2349-2361.

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

Brewer, R. 1976. **Fabric and Mineral Analysis of Soils**. R.E. Krieger Publishing Company, Huntington, New York.

California Fertilizer Association. 1995. **Western Fertilizer Handbook**. Interstate Publishers Inc., California.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Chadwick, O.A., D.M. Hendricks and W.D. Nettleton. 1987. Silica in duric soils: I.A. depositional model. **Soil Sci. Soc. Am. J**. 51: 975-982.

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

Chapman, N. 1965. Cation exchange capacity, pp. 891-901. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Amalysis. Part II**. Agronomy No. 9. Amer. Soc. of Agron., Madison, Wisconsin, USA.

Cremeens, D.L., R.G. Darmody and L.D. Norton. 1992. Etch-pit size and shape distribution on orthoclase and pyriboles in a loess catena. **Geochem. Cosmochim Acta** 56: 3423-3434.

Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity, pp. 891-901. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis. Part II**. Monograph No. 9. American Society of Agronomy Inc., Madison,Wisconsin.

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

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.

Currie, W.S. and J.D. Aber. 1997. Modeling leaching as a decomposition process in humid montane forest. **Ecology** 78 (6): 1844-1860.

Czepinska-Kaminska, D., K. Konecka-Bettey and E. Janowska. 2003. **The Dynamics of Exchangeable Cations in the Environment of Soils at Kampinoski National Park.** Article in Press. Chemosphere. Davis, S.N., Ph. H. Reitan and R. Pestrong. 19

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Dauda, A and A. Samari. 2002. Cowpea yield response to soil compaction under tractor traffic on a sandy loam soil in the semi-arid region of northern Nigeria. **Soil & Tillage Res.** 68. 17–22.

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

Eiumnoh, A. 1984. Application of soil taxonomy to fertility capability classification of problem soils in the S.E. Coast of Thailand, pp. 169-190. *In* **Ecology and Management of Problem Soils in Asia. FFTC Book Series** No. 27. Taipei, Taiwan.

Elder, J.W. and R. Lal. 2007. Tillage effects on physical properties of agricultural organic soils of North Central Ohio. **Soil Till. Res.** 98: 208-210.

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

Goldberg, S. and H.S. Foster. 1990. Flocculation of reference clays and arid-zone soil clay. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 54: 714-718.

Greenland, D.J. and J.M.L. Kowel. 1960. Nutrient content of the most tropical forest of Ghana. **Plant and Soil** 12: 154-174.

Groenevelt, P.H., C.D. Grant, S. Semesta, 2001. A new procedure to determine water availability. **Aust. J. Soil Res.** 39: 577–598.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Hassan, F.U., M. Ahmad, N. Ahmad and M. Kaleem 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.

Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale and W.L. Nelson. 2005. **Soil Fertility and Fertilizer: an Introduction to Nutrient Management.** 7th ed., Prince-Hall Inc., Upper Saddle River, New Jersey.

Hillel, D. 1998. **Environment Soil Physics.** Academic Press, San Diego, USA.

Hollingsworth, I.D. and R.W. Fitzpatrick. 1994. Nature and origin of a duripan in a Durixeralf-Duraqualf toposequence: micromorphological aspects. pp. 835-844. *In* A.J. Ringrose-Voase and G.S. Humphreys, eds. **Soil Micromorphology**. Development in Soil Science. Elsevier, Amsterdam.

Holm, L.G., D.L. Plucknett, J.V. Pancho and J.P. Herberger. 1977. **The Worlds Worst Weeds Distribution and Biology**. Pub. Por the west center by the Univ. Press of Hawaii, Honolulu.

Hunsigi, G. 1993. **Production of Sugarcane**. Theory and Practice Springer-Verlag., Berlin.

Iler, R.K. 1970. **Chemistry of Silica**. Wiley Interscience, New York.

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

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Juma, N.G. 2001**. The Pedosphere and Its Dynamics: A Systems Approach to Soil Science.** Salman Productions Inc., Edmonton, Alberta, Canada.

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

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

Kononova, M.M. 966. **Soil Organic Matter.** Pergamon Press, New York.

Koppen, W. 1931. **Grundriss der Klimakunde**. Walter der Gruyster, Leipzig.

Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. **Soil Interpretation Handbook for Thailand.** Dept. of Land Development, Ministry of Agri. and Coop., Bangkok.

Lowery, B. and R.T. Schuler. 1991. Temporal effects of subsoils compaction on soil strength and plant growth. **Soil Sci.** 55: 216-223

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

Mengesha, Y.G.S. 2004. **Modeling of Nitrogen and Phosphorus Fertilizer Recommendations for Maize (Zea Mays L.) Grown on Alfisols of Northwestern Ethiopia.** Ph.D. dissertation, Kasetsart University.

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

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

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

Neyde, F., B. Giarola, A.P. Silva, S. Imhoff and A.R. Dexter. 2003. Contribution of natural soil compaction on hardsetting behavior. **Geoderma** 113: 95-108.

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

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

Orlov, D.S. 1992. **Soil Chemistry.** A.A. Balkema Puplisher, Brookfield

Oussible, M., P.K. Crookston and W.E. Larson. 1992. Subsurface compaction reduces the root and shoot growth and grain yield of wheat. **Agron. J.** 84. 34-38

Peech, M. 1945. **Determination of Exchangeable Cation and Exchange Capacity of Soil Rapid**. Micromethod No. 9. American Soiety of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

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

Radford, B.J., B.J. Bridge, R.J. Davis, D. McGarry, U.P. Pillai, J.F. Rickman, P.A. Walsh and D.F. Yule. 2000. Changes in the properties of a Vertisol and responses of wheat after compaction with harvester traffic. **Soil Till**. **Res.** 54. 155–170.

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

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

Simmonds, N.W. 1976. **Evolution of Crop Plant**. Longman, London.

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

Sittibusaya, C., C. Narkaviroj and D.Tunrnaphirom. 1987. Cassava soil research in Thailand, pp. 145-156. *In* R.H. Howeler and K. Kawano, eds. **Cassava Breeding and Agronomy Research in Asia**. Proceedings of a Regional Workshop Held in Rayong, Thailand.

Soil Survey Division Staff. 1993. **Soil Survey Manual**. US. Dep. of Agr. Handbook No. 18, U.S. Government Printing Office, Washington D.C.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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.

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

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

Virgo, K.J. and D.A. Holmes. 1977. Soils and landform features of mountainous terrain in South Thailand. **Geoderma** 18: 207-225.

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

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Soil Profile Description

Site Characterization of the Area

Location 1

I. Information on the site

Profile symbol : PP-1
Classification : Ultic Haplustalf
Date of examination : November 5, 2009
Described by : Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Orapin Kliaklom, Sumrit Riyapun, Pattra Prasertsombut, Ruchanee Khumdet, Pahon Ruksumroud, Sirintra Trasarika, Jiranut Hongjaturun
Location : Ban Kud Nam Sai, Tambon Kud Nam Sai, Amphoe Nam Pong, Changwat Khon Kaen
Elevation : 177 m (MSL)
Map sheet number : Coordination : $48Q64557^{E}$,45924^{N}

Landform
1. Physiographic position : Lower middle terrace
2. Surrounding land form : Slightly undulating
3. Slope on which profile site : 2 % Aspect : 252 Azi

Landuse : Cassava
Annual rainfall : Approximately 1039 mm yr^{-1}
Mean temperature : Approximately 27 ^{o} C
Climate : Tropical savanna
Others : -

II. General information on the soil

Parent material : Local alluvium
Drainage : Well drained
Permeability : Rapid
Runoff : Moderate
Depth of ground water : Deeper than 200 cm at time of sampling

III. Profile description

Horizon	Depth	Description
Ap	0-22	Reddish brown (5 YR 4/4); loamy sand; weak very fine and fine subangular blocky structure partly breaking into single grains; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many very fine variegated sands; common very fine vesicular pores; common very fine and fine roots; few trace of dead roots, few trace of charcoal; slightly acid (field pH 6.5); abrupt, smooth boundary to Btd
Btd	22-40	Reddish brown (5 YR 5/4); sandy loam; moderate fine and medium angular blocky structure; hard dry, firm moist, slightly sticky and slightly plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridge between sand grains, many very fine variegated sands; few very fine and

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

		few fine vesicular pores; very few very fine roots.; few spots of shifted sand accumulation.; strongly acid (field pH 5.5); clear, smooth boundary to Bt1
Bt1	40-61	Mixed strong brown (7.5 YR 5/6) (60%) with light brown (7.5 YR 6/4) (35%), common distinct strong brown (7.5 YR 5/8) mottles; sandy loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine variegated sands; few very fine and few fine vesicular pores; very few very fine roots; very strongly acid (field pH 5.0); clear, smooth boundary to Bt2
Bt2	61-88	Mixed light brown (7.5 YR 6/4) (60%) with reddish yellow (7.5 YR 6/6) (35%), common distinct strong brown (7.5 YR 5/8) mottles; sandy loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; hard dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine variegated sands; common very fine vesicular pores; very few very fine roots; strongly acid (field pH 5.5); gradual, smooth boundary to Bt3
Bt3	88-112	Mixed light brown (7.5 YR 6/4) (60%) with reddish yellow (7.5 YR 6/6) (35%), common distinct yellowish red (5 YR 5/8) 5% mottles; sandy loam; strong fine and medium subangular blocky structure; hard dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; many distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine variegated sands; common very fine vesicular pores; very few very fine roots; slightly acid (field pH 6.5); clear, smooth boundary to Btg1
Btg1	112-142	Pinkish gray (5YR 6/2) (70%), many distinct yellowish red (5 YR 5/8) mottles; sandy clay loam; strong medium subangular blocky structure; very hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; many distinct clay coating on face of peds and clay bridges between sand grains; many very fine variegated sands; few very fine vesicular pores; very few very fine roots; moderately acid (field pH 6.0); clear, smooth boundary to Btg2
Btg2	142-171	Pinkish gray (5YR 6/2) (80%), common distinct red (2.5 YR 5/8) , yellowish red (5 YR 5/8) mottles; sandy clay loam; strong medium semi angular blocky structure; very hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; many distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine variegated sands; common very fine and few very fine simple tubular pores; very few very fine roots; moderately acid (field pH 6.0) ; few medium clay balls, few traces of dead roots.; clear, smooth boundary to Btg3
Btg3	171-200+	Pale red (5YR 7/2) (75%), common distinct red (2.5 YR 5/8) mottles; sandy clay loam; strong medium semi-angular blocky structure; very hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; many distinct clay coating on faces of peds, pore walls and clay bridges between sand grains; many very fine variegated sands; common very fine and few very fine simple tubular pores; very few very fine roots; few medium clay balls, few traces of charcoal; strongly acid (field pH 5.5).

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Location 2

I. Information on the site

Profile symbol : PP-2
Classification : Typic Plinthustult
Date of examination : November 6, 2009
Described by : Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Orapin Kliaklom, Sumrit Riyapun, Pattra Prasertsombut, Ruchanee Khumdet, Pahon Ruksumroud, Sirintra Trasarika, Jiranut Hongjaturun
Location : Ban Kud Nam Sai, Tambon Kud Nam Sai, Amphoe Nam Pong, Changwat Khon Kaen
Elevation : Approximately : 195 m (MSL)
Map sheet number : Coordination : $48Q65505^{E}$,45688^{N}

Landform
1. Physiographic position : Middle terrace
2. Surrounding land form : Undulating
3. Slope on which profile site : 4 % Aspect : 22 Azi

Landuse : Sugarcane
Annual rainfall : Approximately 1039 mm yr^{-1}
Mean temperature : Approximately 27 ^{o} C
Climate : Tropical savanna
Others : -

II. General information on the soil

Parent material : Wash over residuum derived from sandstone
Drainage : Well drained
Permeability : Rapid
Runoff : Moderate
Depth of ground water : Deeper than 140 cm at time of sampling

III. Profile description

Horizon	Depth	Description
Ap1	0-20	Brown (10 YR 5/3); sand; very weak fine and medium subangular blocky partly breaking into single grains; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few very fine coated sands; many very fine vesicular pores; many very fine and fine roots; few small semi-angular gravel of fresh quartz, few traces of dead roots; neutral (field pH 7.0); clear, smooth boundary to Ap2
Ap2	20-36	Brown (10 YR 5/3); sand; weak fine semi-angular blocky structure; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few very fine coated sands; common very fine vesicular pores; few very fine and fine roots; few traces of dead roots; slightly acid (field pH 6.5); abrupt, smooth boundary to BE
BE	36-37/44	Very pale brown (10 YR 7/4); loamy sand; very weak very fine and fine subangular blocky structure; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few very fine coated sands; very fine vesicular pores; few very

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

		fine roots; few traces of charcoal; slightly acid (field pH 6.5); abrupt, wavy boundary to Bt1
Bt1	44-65	Light yellowish brown (10 YR 6/4); loamy sand; very weak very fine and fine subangular blocky structure; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; very few faint clay bridges between sand grains; few very fine coated sands; many very fine vesicular pores; very few very fine roots; few small angular gravel of weathered sandstone; slightly acid (field pH 6.5); clear, smooth boundary to Bt2
Bt2	65-72/90	Mixed yellowish red (5 YR 5/8) (90%) with reddish yellow (5 YR 6/8) (10%); sandy loam; very weak very fine and fine subangular blocky structure; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; common very fine coated sands; many very fine and few fine vesicular pores; few very fine roots; few traces of charcoal; moderately acid (field pH 6.0); abrupt, smooth boundary to Bt3
Bt3	90-108	Mixed reddish yellow (5 YR 6/6) (50%) with reddish yellow (5 YR 6/8) (50%); sandy loam; weak fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; many distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine coated sands; many very fine vesicular and common very fine simple tubular pores; very few very fine roots; few small subrounded gravel of fresh quartz.; moderately acid (field pH 6.0); abrupt, wavy boundary to Bt4
Bt4	108-127	Mixed reddish yellow (7.5 YR 6/6) (70%) with reddish yellow (5 YR7/8) (30%); sandy loam; weak fine subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; common distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; common very fine coated sands; many very fine vesicular pores; very few very fine roots; few small subrounded gravel of fresh quartz with some bring coated, few traces of dead roots; slightly acid (field pH 6.5); clear, smooth boundary to Bv
Bv	127-140	Reddish yellow (5 YR 6/6); sandy loam; mainly containing consolidated laterite structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and non plastic; common distinct clay coating on faces of peds and Fe-Mn indurated nodules; common very fine coated sands; many very fine vesicular pores; very few very fine roots; few traces of dead roots; slightly acid (field pH 6.5) .

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Location 3

I. Information on the site

Profile symbol : PP-3
Classification : Typic Haplustult
Date of examination : November 5, 2009
Described by : Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Orapin Kliaklom, Sumrit Riyapun, Pattra Prasertsombut, Ruchanee Khumdet, Pahon Ruksumroud, Sirintra Trasarika, Jiranut Hongjaturun
Location : Ban Kambong, Tambon Sa-ad, Amphoe Nam Pong, Changwat Khon Kaen
Elevation : 189 m (MSL)
Map sheet number : Coordination : 48Q67588^{E},56565^{N}

Landform
1. Physiographic position : Crestal slope of low hill
2. Surrounding land form : Undulating
3. Slope on which profile site : 6 % Aspect : 4 Azi

Landuse : Cassava
Annual rainfall : Approximately 1039 mm yr^{-1}
Mean temperature : Approximately 27 ^{o} C
Climate : Tropical savanna
Others : -

II. General information on the soil

Parent material : Residuum derived from sandstone
Drainage : Well drained
Permeability : Rapid
Runoff : Moderate
Depth of ground water : Deeper than 200 cm at time of sampling

III. Profile description

Horizon	Depth	Description
Ap	0-20/25	Yellowish brown (10YR 5/6); loamy sand; weak fine and medium subangular blocky structure; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; very few very fine coated sands; many very fine vesicular pores; common very fine and very few fine roots; many fine soil organic condition through the horizon (black colour); neutral (field 7.0); abrupt, wavy boundary to Btd
Btd	25-40	Strong brown (7.5YR 5/8); loamy sand; moderate fine subangular blocky structure; slightly hard dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few faint clay bridges between sand grains; common very fine coated sands; common very fine vesicular pores; very few fine roots; moderately acid (field 6.0) ; clear, wary boundary to Bt1
Bt1	40-59	Red (2.5 YR 4/8); sandy loam; moderate fine subangular blocky structure;

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

		slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and moderately plastic; common faint clay bridges between sand grains; many very fine coated sands; many very fine vesicular pores; few very fine roots; common medium sand pockets; strongly acid (field pH 5.5); gradual, smooth boundary to Bt2
Bt2	59-82	Red (2.5 YR 4/6); sandy loam; moderate fine subangular blocky structure; soft dry, firm moist, slightly sticky and moderately plastic; common faint clay bridges between sand grains; many very fine and very few fine coated sands; many very fine vesicular and few very fine simple tubular pores; few very fine roots; few fine and medium sand pockets, very few small angular gravel of fresh quartz; strongly acid (field pH 5.5); diffuse, smooth boundary to Bt3
Bt3	82-105	Red (2.5 YR 4/8); sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; soft dry, firm moist, slightly sticky and moderately plastic; common distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine and very few fine coated sands; common very fine, few fine vesicular and few very fine simple tubular pores; few very fine roots; few small angular gravel of fresh quartz.; strongly acid (field pH 5.5); diffuse, smooth boundary to Bt4
Bt4	105-129	Red (2.5 YR 4/8); sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; many prominent clay coating on faces of peds, pore walls and clay bridges between sand grains; many very fine and very few fine coated sands; common very fine vesicular and common very fine simple tubular pores; few very fine roots; few fine Fe-Mn oxide nodules, few traces of dead roots, few small angular gravel of fresh quartz; very strongly acid (field pH 4.5); diffuse, smooth boundary to Bt5
Bt5	129-156	Red (2.5 YR 4/8); sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; many prominent clay coating on faces of peds, pore wall and clay bridges between sand grains; many very fine coated sands, few fine Fe-Mn oxide nodules; many very fine, few fine vesicular and few very fine simple tubular pores; few very fine roots; few small angular gravel of fresh quartz, few traces of dead roots, few medium clay balls; strongly acid (field pH 5.5); diffuse, smooth boundary to Bt6
Bt6	156-177	Red (2.5 YR 4/8); sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, very sticky and very plastic; many distinct coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine coated sands, few fine Fe-Mn oxide nodules; common very fine vesicular and few very fine simple tubular pores; few very fine roots; small angular gravel of fresh quartz; diffuse, smooth boundary to Bt7.
Bt7	177-200+	Red (2.5 YR 4/8); sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; soft dry, firm moist, very sticky and very plastic; many prominent clay coating on faces of peds, pore wall and clay bridges between sand grains; many very fine and few fine coated sands; many very fine vesicular common very fine and fine dendritic pores; few very fine roots; few traces of dead roots, few very fine Fe-Mn oxide nodules; slightly acid (field pH 6.5).

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Location 4

I. Information on the site

Profile symbol : PP-4
Classification : Typic Pelaustult
Date of examination : December 9, 2009
Described by : Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Orapin Kliaklom, Sumrit Riyapun, Pattra Prasertsombut, Ruchanee Khumdet, Sirintra Trasarika
Location : Ban Sawang, Tambon Suan Mon, Amphoe Manjakiri, Changwat Khon Kaen
Elevation : 181 m (MSL)
Map sheet number : Coordination : 48Q39367^{E}, 94424^{N}

Landform
1. Physiographic position : Middle terrace
2. Surrounding land form : Slightly undulating
3. Slope on which profile site : 2 % Aspect : 326 Azi

Landuse : Cassava
Annual rainfall : Approximately 1039 mm yr^{-1}
Mean temperature : Approximately 27 ^{o} C
Climate : Tropical savanna
Others : -

II. General information on the soil

Parent material : Local alluvium
Drainage : Well drained
Permeability : Moderate
Runoff : Rapid
Depth of ground water : Deeper than 190 cm at time of sampling

III. Profile description

Horizon	Depth	Description
Ap	0-20	Brown (7.5 YR 4/3); sandy loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, very friable moist, non sticky and non plastic; common very fine and fine coated sands; common very fine, few medium vesicular and common very fine simple tubular pores; common very fine and few fine roots; few medium sand pockets; moderately acid (field pH 6.0); clear, smooth boundary to Btd
Btd	20-35	Brown (7.5 YR 4/4); sandy loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few faint clay coating on faces of peds; common very fine and fine coated sands; common very fine vesicular pores; common very fine and very few fine roots; few medium sand pockets; moderately acid (field pH 6.0); clear, smooth boundary to Bt1
Bt1	35-53	Strong brown (7.5 YR 5/6); sandy clay loam; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

		bridges between sand grains; few very fine and few sand pockets, common very fine coated sands; common very fine and very few fine vesicular pores; common very fine and very few fine roots; few small angular gravel of weathered quartz; strongly acid (field pH 5.5); clear, smooth boundary to Bt2
Bt2	53-73	Strong brown (7.5 YR 4/6); sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, moderately sticky and slightly plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; common very fine and fine coated sands; common very fine, fine vesicular and few very fine simple tubular pores; common very fine and very few fine roots; very strongly acid (field pH 5.0); gradual, smooth boundary to Bt3
Bt3	73-91	Strong brown (7.5 YR 5/8); sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; slightly hard dry, very friable moist, moderately sticky and moderately plastic; many faint clay coating on faces of peds and many distinct clay bridges between sand grains; few spots of Mn oxide accumulation; few very fine and fine vesicular pores; common very fine roots; few small subrounded gravel of fresh quartz; strongly acid (field pH 5.5); gradual, smooth boundary to Bt4
Bt4	91-116	Strong brown (7.5 YR 5/8); sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; slightly hard dry, very friable moist, moderately sticky and moderately plastic; many distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine and fine coated sands; many very fine and common fine vesicular pores; few very fine and medium roots; few traces of dead roots, few very fine spots of OM accumulation, few small subrounded gravel of fresh quartz; strongly acid (field pH 5.5); gradual, smooth boundary to Bt5
Bt5	116-143	Strong brown (7.5 YR 5/6); sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; slightly hard dry, very friable moist, moderately sticky and moderately plastic; many prominent clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine and fine coated sands; common very fine, few fine vesicular and common very fine simple tubular pores; very few very fine and medium roots; very strongly acid (field pH 4.5); gradual, smooth boundary to Bt6
Bt6	143-170	Strong brown (7.5 YR 5/6); sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; slightly hard dry, very friable moist, moderately sticky and moderately plastic; many prominent clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine and fine coated sands; common very fine, few fine vesicular and common very fine simple tubular pores; very few very fine and medium roots; very strongly acid (field pH 4.5); gradual, smooth boundary to Bt7
Bt7	170-200+	Mixed strong brown (7.5 YR 4/6) (60%) with light brown (7.5 YR 6/4) (40%); sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, moderately sticky and moderately plastic; many distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine and fine coated sands; common very fine vesicular pores; very few very fine and few medium roots; few traces of dead roots; few very fine spots of Mn oxide accumulation; strongly acid (field pH 5.5).

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Location 5

I. Information on the site

Profile symbol : PP-5
Classification : Typic Pelaustult
Described by : Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Orapin Kliaklom, Sumrit Riyapun, Pattra Prasertsombut, Ruchanee Khumdet, Sirintra Trasarika
Date of examination : December 11, 2009
Location : Ban Num Kod, Tambon Suan Mon, Amphoe Manjakiri, Changwat Khon Kaen
Elevation : 197 m (MSL)
Map sheet number : Coordination : 48Q39729^{E},97843^{N}

Landform
1. Physiographic position : Lower middle terrace
2. Surrounding land form : Slightly undulating
3. Slope on which profile site : 2 % Aspect : 90 Azi

Landuse : Cassava
Annual rainfall : Approximately 1039 mm yr^{-1}
Mean temperature : Approximately 27 ^{o} C
Climate : Tropical savanna
Others : -

II. General information on the soil

Parent material : Local alluvium
Drainage : Well drained
Permeability : Moderate
Runoff : Moderate
Depth of ground water : Deeper than 160 cm at time of sampling

III. Profile description.

Horizon	Depth	Description
Ap	0-22	Brown (7.5 YR 4/4); loamy sand; weak very fine and fine subangular blocky structure partly breaking into single grains; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many very fine and few fine coated sands; common very fine, few fine vesicular and very few very fine simple tubular pores; common very fine and fine roots; few traces of dead roots; moderately acid (field pH 6.0); abrupt, smooth boundary to Btd
Btd	22-43	Strong brown (7.5YR5/6); sandy loam; moderate fine and medium semi angular blocky structure; hard dry, friable moist, non sticky and non plastic; common distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between rains; many very fine and common fine coated sands; few very fine and fine vesicular pores; very few very fine roots; few small semi angular gravel of fresh quartz; moderately acid (field pH 6.0); Abrupt, smooth boundary to Bt1
Bt1	43-65	Strong brown (7.5YR5/6); sandy loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

		and non plastic; many prominent clay coating on faces of peds, pore wall and clay bridges between sand grains; many very fine and fine coated sands; common very fine and few fine vesicular pores; very few very fine roots; few small semi angular gravel of fresh quartz; moderately acid (field pH 6.0); clear, smooth boundary to Bt2
Bt2	65-89	Mixed strong brown (7.5 YR 5/8) (90%) with pink (7.5 YR 7/4) (10%); sandy clay loam; moderate medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; many prominent coating on faces of peds, pore wall and clay bridges between sand grains; many very fine and fine coated sands; common very fine, few fine vesicular and very few fine simple tubular pores; very few very fine roots; few small semi angular gravel of fresh quartz; moderately acid (field pH 6.0); clear, smooth boundary to Bt3
Bt3	89-112	Mixed reddish yellow (7.5 YR 6/6) (80%) with pink (7.5 YR 7/4) (20%); sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; many prominent clay coating on faces of peds, pore wall and clay bridges between sand grains; many very fine and fine coated sands; few medium sand pockets, few very fine spots of organic material accumulation; many very fine few fine vesicular and very few very fine simple tubular pores; very few very fine roots; few small semi angular gravel of fresh quartz; strongly acid (field pH 5.5); gradual, smooth boundary to Bt4
Bt4	112-135	Mixed reddish yellow (7.5 YR 6/6) (70%) with pink (7.5 YR 7/4) (30%); sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; hard dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; many prominent clay coating on faces of peds, pore wall and clay bridges between sand grains; many very fine and fine coated sands; few traces of organic material; many fine, few fine vesicular and common very fine simple tubular pores; very few very fine roots; few small semi angular gravel of fresh quartz; strongly acid (field pH 5.5); gradual, smooth boundary to Bt5
Bt5	135-160	Mixed strong brown (7.5 YR 5/6) (60%) with pink (7.5 YR 7/4) (40%); sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; hard dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic;many prominent clay coating on faces of peds, pore wall and clay bridges between sand grains; many very fine and fine coated sands; common very fine, fine vesicular and common very fine simple tubular pores; very few very fine roots; few small semi angular gravel of fresh quartz; very strongly acid (field pH 5.0);.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Soil Profile Description

Cassava Growing Soils

I. Information on the site

Profile symbol : PP-1 CR/C
Classification : Ultic Haplustalf
Date of examination : November 5, 2009
Described by : Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Orapin Kliaklom, Sumrit Riyapun, Pattra Prasertsombut, Ruchanee Khumdet, Pahon Ruksumroud, Sirintra Trasarika, Jiranut Hongjaturun
Location : Ban Kud Nam Sai, Tambon Kud Nam Sai, Amphoe Nam Pong, Changwat Khon Kaen
Elevation : 177 m (MSL)
Map sheet number : Coordination : $48Q64557^{E}$,45924^{N}

Landform
1. Physiographic position : Lower middle terrace
2. Surrounding land form : Slightly undulating
3. Slope on which profile site : 2 % Aspect : 252 Azi

Landuse : Sugarcane field
Annual rainfall : Approximately 1039 mm yr^{-1}
Mean temperature : Approximately 27 ^{o} C
Climate : Tropical savanna
Others : -

II. General information on the soil

Parent material : Local alluvium
Drainage : Well drained
Permeability : Rapid
Runoff : Moderate
Depth of ground water : Deeper than 200 cm at time of sampling

III. Profile description

Cassava in row (CR)

Horizon	Depth	Description
Ap	0-22	Reddish brown (5 YR 4/4); loamy sand; weak very fine and fine subangular blocky structure partly breaking into single grains; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many very fine variegated sands; common very fine vesicular pores; common very fine and fine roots; few trace of dead roots, few trace of charcoal; slightly acid (field pH 6.5); abrupt, smooth boundary to Btd
Btd	22-40	Reddish brown (5 YR 5/4); sandy loam; moderate fine and medium angular blocky structure; hard dry, firm moist, slightly sticky and slightly plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridge between sand grains, many very fine variegated sands; few very fine and few fine vesicular pores; very few very fine roots.; few spots of shifted

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

		sand accumulation.; strongly acid (field pH 5.5); clear, smooth boundary to Bt1
Bt1	40-61	Mixed strong brown (7.5 YR 5/6) (60%) with light brown (7.5 YR 6/4) (35%), common distinct strong brown (7.5 YR 5/8) mottles; sandy loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine variegated sands; few very fine and few fine vesicular pores; very few very fine roots; very strongly acid (field pH 5.0); clear, smooth boundary to Bt2
Bt2	61-88	Mixed light brown (7.5 YR 6/4) (60%) with reddish yellow (7.5 YR 6/6) (35%), common distinct strong brown (7.5 YR 5/8) mottles; sandy loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft hard dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine variegated sands; common very fine vesicular pores; very few very fine roots; strongly acid (field pH 5.5).

Cassava between row (C)

Ap	0-12	Light reddish brown (2.5 YR 6/4); loamy sand; weak fine and medium subangular blocky structure partly breaking into single grains; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many very fine variegated sands; many very fine vesicular pore; few very fine and fine roots; moderately acid (field pH 6.0); abrupt, smooth boundary to Btd
Btd	12-25	Strong brown (7.5YR5/6); sandy loam; moderate fine and medium semi angular blocky structure; very hard dry, friable moist, non sticky and non plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine vesicular pore; few very fine and fine roots; few trace of charcoal; strongly acid (field pH 5.5); clear, smooth boundary to Bt1
Bt1	25-42	Reddish yellow (5YR7/8); sandy loam; moderate fine subangular blocky structure; slight hard dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine variegated sands; many very fine vesicular pore; few very fine and fine roots; very strongly acid (field pH 4.5); clear, smooth boundary to Bt2
Bt2	42-65	Reddish yellow (5YR7/8); sandy loam; moderate fine subangular blocky structure; slight hard dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine variegated sands; many very fine, few very fine and few fine simple tubular pores; very few very fine roots; strongly acid (field pH 5.5).

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

I. Information on the site

Profile symbol : PP-2 CR/C
Classification : Typic Plinthustult
Date of examination : November 6, 2009
Described by : Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Orapin Kliaklom, Sumrit Riyapun, Pattra Prasertsombut, Ruchanee Khumdet, Pahon Ruksumroud, Sirintra Trasarika, Jiranut Hongjaturun
Location : Ban Kud Nam Sai, Tambon Kud Nam Sai, Amphoe Nam Pong, Changwat Khon Kaen
Elevation : Approximately : 195 m (MSL)
Map sheet number : Coordination : $48Q65505^{E}$,45688^{N}

Landform
1. Physiographic position : Middle terrace
2. Surrounding land form : Undulating
3. Slope on which profile site : 4 % Aspect : 22 Azi

Landuse : Sugarcane
Annual rainfall : Approximately 1039 mm yr^{-1}
Mean temperature : Approximately 27 ^{o} C
Climate : Tropical savanna
Others : -

II. General information on the soil

Parent material : Wash over residuum derived from sandstone
Drainage : Well drained
Permeability : Rapid
Runoff : Moderate
Depth of ground water : Deeper than 140 cm at time of sampling

III. Profile description

Cassava in row (CR)

Horizon	Depth	Description
Ap1	0-20	Reddish yellow (7.5YR6/6); sand; very weak very fine and fine subangular blocky structure; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few faint clay bridges between sand grains; few very fine and fine coated sand; common very fine vesicular pores; very few very fine roots; few traces of dead roots; neutral (field pH 7.0); clear, smooth boundary to Ap2
Ap2	20-37/42	Brown (10YR5/3); sand; weak very fine and fine subangular blocky structure; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; common very fine vesicular pores; very few very fine roots; few traces of dead roots and charcoal; neutral (field pH 7.0); abrupt, smooth boundary to Bt1
Bt1	42-54	Reddish yellow (7.5YR7/6); sand; weak very fine and fine subangular blocky structure; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few faint clay bridges between sand grains; common very fine vesicular pores; very few very fine roots; moderately acid (field pH 6.0); clear, smooth boundary to Bt2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Bt2	54-70+	Mixed pink (7.5YR7/4)80%, reddish yellow (7.5YR7/6) 20%; sand; weak very fine and fine subangular blocky structure; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few faint clay bridges between sand grains; many very fine vesicular pores; very few very fine roots; few spots of organic material accumulaton; slightly acid (field pH 6.5).

Cassava between row (C)

Ap1	0-21	Yellowish brown (10YR5/4); sand; very weak very fine and fine subangular blocky partly breaking into single grains; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few very fine and fine coated sand; many very fine vesicular pores; very few very fine roots; strongly acid (field pH 5.5); clear, smooth boundary to Ap2
Ap2	21-30/35	Dark yellowish brown (10YR4/5); sand; weak very fine and fine subangular structure; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few very fine and fine coated sand; common very fine vesicular pores; very few very fine roots; moderately acid (field pH 6.0); clear, smooth boundary to Bt1
Bt1	35-52	Reddish yellow (7.5YR6/6); sand; weak very fine and fine subangular structure; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few faint clay bridges between sand grains; few very fine and fine coated sand; common very fine vesicular pores; very few very fine roots; moderately acid (field pH 6.0); clear, smooth boundary to Bt2
Bt2	52-72+	Reddish yellow (7.5YR6/6); sand; weak very fine and fine subangular structure; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few faint clay bridges between sand grains; few very fine and fine coated sand; common very fine vesicular pores; very few very fine roots; neutral (field pH 7.0).

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

I. Information on the site

Profile symbol : PP-3 CR/C
Classification : Typic Haplustult
Date of examination : November 5, 2009
Described by : Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Orapin Kliaklom, Sumrit Riyapun, Pattra Prasertsombut, Ruchanee Khumdet, Pahon Ruksumroud, Sirintra Trasarika, Jiranut Hongjaturun

Location : Ban Kambong, Tambon Sa-ad, Amphoe Nam Pong, Changwat Khon Kaen
Elevation : 189 m (MSL)
Map sheet number : Coordination : $48Q67588^{E}$,56565^{N}

Landform
1. Physiographic position : Crestal slope of low hill
2. Surrounding land form : Undulating
3. Slope on which profile site : 6 % Aspect : 4 Azi

Landuse : Cassava
Annual rainfall : Approximately 1039 mm yr^{-1}
Mean temperature : Approximately 27 ^{o} C
Climate : Tropical savanna
Others : -

II. General information on the soil

Parent material : Residuum derive from sandstone
Drainage : Well drained
Permeability : Rapid
Runoff : Moderate
Depth of ground water : Deeper than 200 cm at time of sampling

III. Profile description

Cassava in row (CR)

Horizon	Depth	Description
Ap	0-20/25	Yellowish brown (10YR 5/6); loamy sand; weak fine and medium subangular blocky structure; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; very few very fine coated sands; many very fine vesicular pores; common very fine and very few fine roots; many fine soil organic condition through the horizon (black colour); neutral (field 7.0); abrupt, wavy boundary to Btd
Btd	25-40	Strong brown (7.5YR 5/8); loamy sand; moderate fine subangular blocky structure; slightly hard dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few faint clay bridges between sand grains; common very fine coated sands; common very fine vesicular pores; very few fine roots; moderately acid (field 6.0); clear, wary boundary to Bt1
Bt1	40-59	Red (2.5 YR 4/8); sandy loam; moderate fine subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and moderately plastic; common faint clay bridges between sand grains; many very fine coated

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

		sands; many very fine vesicular pores; few very fine roots; common medium sand pockets; strongly acid (field pH 5.5); gradual, smooth boundary to Bt2
Bt2	59-82	Red (2.5 YR 4/6); sandy loam; moderate fine subangular blocky structure; soft dry, firm moist, slightly sticky and moderately plastic; common faint clay bridges between sand grains; many very fine and very few fine coated sands; many very fine vesicular and few very fine simple tubular pores; few very fine roots; few fine and medium sand pockets, very few small angular gravel of fresh quartz; strongly acid (field pH 5.5).

Cassava between row (C)

Ap	0-16	Yellowish red (5YR5/6); loamy sand; very weak very fine and fine subangular blocky partly breaking into single grains; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; common very fine vesicular pores; common very fine and fine roots; neutral (field 7.0);); abrupt, smooth boundary to Btd
Btd	16-33	Red (2.5YR5/6); sandy loam; very weak very fine and fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, non sticky and non plastic; few faint clay bridges between sand grains; many very fine and very few fine coated sands; many very fine vesicular and few very fine simple tubular pores; few very fine roots; few traces of dead roots; slightly acid (field pH 6.5); clear, smooth boundary to Bt1
Bt1	33-54	Red (2.5YR4/8); sandy loam; very weak very fine and fine subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; common faint clay bridges between sand grains; many very fine and very few fine coated sands; many very fine vesicular pores; common medium sand pockets; strongly acid (field pH 5.5); gradual, smooth boundary to Bt2
Bt2	54-70+	Red (2.5YR4/6); sandy loam; very weak very fine and fine subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; common faint clay bridges between sand grains; many very fine and very few fine coated sands; many very fine vesicular pores; very few very fine roots; common medium sand pockets; moderately acid (field 6.0).

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

I. Information on the site

Profile symbol : PP-4 CR/C
Classification : Typic Pelaustult
Date of examination : December 9, 2009
Described by : Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Orapin Kliaklom, Sumrit Riyapun, Pattra Prasertsombut, Ruchanee Khumdet, Sirintra Trasarika
Location : Ban Sawang, Tambon Suan Mon, Amphoe Manjakiri, Changwat Khon Kaen
Elevation : 181 m (MSL)
Map sheet number : Coordination : 48Q39367^{E},94424^{N}

Landform
1. Physiographic position : Middle terrace
2. Surrounding land form : Slightly undulating
3. Slope on which profile site : 2 % Aspect : 326 Azi

Landuse : Cassava
Annual rainfall : Approximately 1039 mm yr^{-1}
Mean temperature : Approximately 27 ^{o} C
Climate : Tropical savanna
Others : -

II. General information on the soil

Parent material : Local alluvium
Drainage : Well drained
Permeability : Moderate
Runoff : Rapid
Depth of ground water : Deeper than 190 cm at time of sampling

III. Profile description

Cassava in row (CR)

Horizon	Depth	Description
Ap	0-20	Brown (7.5 YR 4/3); sandy loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, very friable moist, non sticky and non plastic; common very fine and fine coated sands; common very fine, few medium vesicular and common very fine simple tubular pores; common very fine and few fine roots; few medium sand pockets; moderately acid (field pH 6.0); clear, smooth boundary to Btd
Btd	20-35	Brown (7.5 YR 4/4); sandy loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few faint clay coating on faces of peds; common very fine and fine coated sands; common very fine vesicular pores; common very fine and very few fine roots; few medium sand pockets; moderately acid (field pH 6.0); clear, smooth boundary to Bt1
Bt1	35-53	Strong brown (7.5 YR 5/6); sandy clay loam; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few very fine and few sand

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

		pockets, common very fine coated sands; common very fine and very few fine vesicular pores; common very fine and very few fine roots; few small angular gravel of weathered quartz; strongly acid (field pH 5.5); clear, smooth boundary to Bt2
Bt2	53-73	Strong brown (7.5 YR 4/6); sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, moderately sticky and slightly plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; common very fine and fine coated sands; common very fine, fine vesicular and few very fine simple tubular pores; common very fine and very few fine roots; very strongly acid (field pH 5.0).

Cassava between row (C)

Ap	0-21	Strong brown (7.5YR4/6); sandy loam; weak very fine subangular blocky structure; slightly hard dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many very fine coated sands; many very fine vesicular pores; few very fine and very few fine roots; few traces of charcoal; moderately acid (field pH 6.0); clear, smooth boundary to Btd
Btd	21-34	Brown (7.5YR4/3); sandy loam; moderate fine subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, non sticky and non plastic; few faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine coated sands; few very fine vesicular pores; few very few fine roots; moderately acid (field pH 6.0); clear, smooth boundary to Bt1
Bt1	34-50	Stronng brown (7.5YR4/6); sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine and fine coated sands; common very fine, fine vesicular and few very fine simple tubular pores; very few very fine roots; moderately acid (field pH 6.0); gradual, smooth boundary to Bt2
Bt2	50-70+	Stronng brown (7.5YR4/6); sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, moderately sticky and slightly plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine and fine coated sands; common very fine, fine vesicular and few very fine simple tubular pores; very few very fine roots; strongly acid (field pH 5.5).

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

I. Information on the site

Profile symbol : PP-5 CR/C
Classification : Typic Pelaustult
Described by : Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Orapin Kliaklom, Sumrit Riyapun, Pattra Prasertsombut, Ruchanee Khumdet, Sirintra Trasarika
Date of examination : December 11, 2009
Location : Ban Num Kod, Tambon Suan Mon, Amphoe Manjakiri, Changwat Khon Kaen
Elevation : 197 m (MSL)
Map sheet number : Coordination : $48Q39729^{E}$,97843^{N}

Landform
1. Physiographic position : Lower middle terrace
2. Surrounding land form : Slightly undulating
3. Slope on which profile site : 2 % Aspect : 90 Azi

Landuse : Cassava
Annual rainfall : Approximately 1039 mm yr^{-1}
Mean temperature : Approximately 27 ^{o} C
Climate : Tropical savanna
Others : -

II. General information on the soil

Parent material : Local alluvium
Drainage : Well drained
Permeability : Moderate
Runoff : Moderate
Depth of ground water : Deeper than 160 cm at time of sampling

III. Profile description.

Cassava in row (CR)

Horizon	Depth	Description
Ap	0-22	Brown (7.5 YR 4/4); lamy sand; weak very fine and fine subangular blocky structure partly breaking into single grains; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many very fine and few fine coated sands; common very fine, few fine vesicular and very few very fine simple tubular pores; common very fine and fine roots; few traces of dead roots; moderately acid (field pH 6.0); abrupt, smooth boundary to Btd
Btd	22-43	Strong brown (7.5YR5/6); sandy loam;weak medium semi angular blocky structure; hard dry, friable moist, non sticky and non plastic; common distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand gains; many very fine and common fine coated sands; few very fine and fine vesicular pores; very few very fine roots; few small semi angular gravel of fresh quartz; moderately acid (field pH 6.0); abrupt, smooth boundary to Bt1
Bt1	43-65	Strong brown (7.5YR5/6); sandy loam; weak medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and non plastic; many prominent clay coating on faces of peds, pore wall and clay bridges

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

		between sand grains; many very fine and fine coated sands; common very fine and few fine vesicular pores; very few very fine roots; few small semi angular gravel of fresh quartz; moderately acid (field pH 6.0)); abrupt, smooth boundary to Bt2
Bt2	65-89	Mixed strong brown (7.5 YR 5/8)90% with pink (7.5 YR 7/4) 10%; sandy clay loam; moderate medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; many prominent coating on faces of peds, pore wall and clay bridges between sand grains; many very fine and fine coated sands; common very fine, few fine vesicular and very few fine simple tubular pores; very few very fine roots; few small semi angular gravel of fresh quartz; moderately acid (field pH 6.0).

Cassava between row (C)

Ap	0-20	Brown (7.5YR4/4); loamy sand; weak very fine and fine subangular blocky structure partly breaking into single grains; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many very fine and few fine coated sands; many very fine and few fine vesicular pores; few very fine and fine roots; moderately acid (field pH 6.0); abrupt, smooth boundary to Btd
Btd	20-35	Brown (7.5YR4/4); sandy loam; moderate fine and medium semi angular blocky structure; hard dry, friable moist, non sticky and non plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand gains; many very fine and few fine coated sands; few very fine vesicular pores; very few very fine roots; strongly acid (field pH 5.5); abrupt, smooth boundary to Bt1
Bt1	35-50	Strong brown (7.5YR5/6); sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and non plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand gains; many very fine and few fine coated sands; few very fine vesicular pores; few very fine roots; strongly acid (field pH 5.5); clear, smooth boundary to Bt2
Bt2	50-70+	Reddish yellow (7.5YR6/8); sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; many prominent clay coating on faces of peds, pore wall and clay bridges between sand grains; many very fine and few fine coated sands; few very fine vesicular pores; few very fine roots; strongly acid (field pH 5.5).

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Soil Profile Description

Sugarcane Growing Soils

I. Information on the site

Profile symbol : PP-1 SR/S
Classification : Ultic Haplustalf
Date of examination : November 5, 2009
Described by : Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Orapin Kliaklom, Sumrit Riyapun, Pattra Prasertsombut, Ruchanee Khumdet, Pahon Ruksumroud, Sirintra Trasarika, Jiranut Hongjaturun
Location : Ban Kud Nam Sai, Tambon Kud Nam Sai, Amphoe Nam Pong, Changwat Khon Kaen
Elevation : 177 m (MSL)
Map sheet number : Coordination : $48Q64557^{E}$,45924^{N}

Landform
1. Physiographic position : Lower middle terrace
2. Surrounding land form : Slightly undulating
3. Slope on which profile site : 2 % Aspect : 252 Azi

Landuse : Sugarcane
Annual rainfall : Approximately 1039 mm/Y
Mean temperature : Approximately 27 ^{o} C
Climate : Tropical savanna
Others : -

II. General information on the soil

Parent material : Local alluvium
Drainage : Well drained
Permeability : Rapid
Runoff : Moderate
Depth of ground water : Deeper than 200 cm at time of sampling

III. Profile description

Sugarcane in row (SR)

Horizon	Depth	Description
Ap	0-27	Brown (5 YR 5/4); loamy sand; weak very fine and fine subangular blocky structure; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many very fine variegated sands; many very fine vesicular pores; many very fine and fine roots; few trace of dead roots, few trace of charcoal; moderately acid (field pH 6.0); abrupt, smooth boundary to Btd
Btd	27-45	Reddish yellow (5 YR 6/6); sandy loam; moderate fine semi angular blocky structure; hard dry, friable moist, slightly sticky and non plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridge between sand grains, many very fine variegated sands; common very fine and few fine vesicular pores; few very fine and fine roots.; moderately acid (field pH 6.0); clear, smooth boundary to Bt1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Bt1	45-60	Mixed yellowish red (5 YR 5/8) (78%) with pole red (2.5 YR 7/2) (20%), common distinct strong brown (7.5 YR 5/8) mottles; sandy loam; moderate fine subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine variegated sands; common very fine and many fine vesicular pores; very few very fine and fine roots; strongly acid (field pH 5.5); clear, smooth boundary to Bt2
Bt2	60-72	Mixed yellowish red (5 YR 5/8) (60%) with red (5 YR 5/6) (30%), common distinct strong brown (7.5 YR 5/8) mottles; sandy loam; moderate fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; many faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine variegated sands; common very fine vesicular pores; very few very fine roots; strongly acid (field pH 5.5)

Sugarcane between row (S)

Ap	0-19	Yellowish red (5 YR 4/4); loamy sand; weak fine and medium subangular blocky structure partly breaking into single grains; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many very fine variegated sands; many very fine vesicular pore; few very fine and fine roots; slightly acid (field pH 6.5); abrupt, smooth boundary to Btd
Btd	19-35	Mixed yellowish red (5 YR 5/8) (60%) with red (5 YR 5/6) (30%), common distinct strong brown (7.5 YR 5/8) mottles; sandy loam; moderate fine and medium semi angular blocky structure; very hard dry, friable moist, slightly sticky and non plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine vesicular pore; few very fine and fine roots; few trace of charcoal; moderately acid (field pH 6.0); gradual, smooth boundary to Bt1
Bt1	35-60	Mixed yellowish red (5 YR 5/8) (60%) with red (5 YR 5/6) (30%), common distinct strong brown (7.5 YR 5/8) mottles; sandy loam; moderate fine subangular blocky structure; slight hard dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine variegated sands; common very fine and few fine vesicular pore; few very fine and fine roots; strongly acid (field pH 5.5); gradual, smooth boundary to Bt2
Bt2	42-65	Mixed yellowish red (5 YR 5/8) (60%) with red (5 YR 5/6) (30%), common distinct strong brown (7.5 YR 5/8) mottles; sandy loam; moderate fine subangular blocky structure; slight hard dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; many faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine variegated sands; few very fine vesicular pores; very few very fine roots; strongly acid (field pH 5.5).

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

I. Information on the site

Profile symbol : PP-2 SR/S
Classification : Typic Plinthustult
Date of examination : November 6, 2009
Described by : Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Orapin Kliaklom, Sumrit Riyapun, Pattra Prasertsombut, Ruchanee Khumdet, Pahon Ruksumroud, Sirintra Trasarika, Jiranut Hongjaturun
Location : Ban Kud Nam Sai, Tambon Kud Nam Sai, Amphoe Nam Pong, Changwat Khon Kaen
Elevation : Approximately : 195 m (MSL)
Map sheet number : Coordination : 48Q65505^{E},45688^{N}

Landform
1. Physiographic position : Middle terrace
2. Surrounding land form : Undulating
3. Slope on which profile site : 4 % Aspect : 22 Azi

Landuse : Sugarcane
Annual rainfall : Approximately 1039 mm yr^{-1}
Mean temperature : Approximately 27 ^{o} C
Climate : Tropical savanna
Others : -

II. General information on the soil

Parent material : Wash over residuum derived from sandstone
Drainage : Well drained
Permeability : Rapid
Runoff : Moderate
Depth of ground water : Deeper than 140 cm at time of sampling

III. Profile description

sugar cane in row (SR)

Horizon	Depth	Description
Ap1	0-20	Reddish yellow (7.5YR6/6); sand; very weak very fine and fine subangular blocky structure; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few faint clay bridges between sand grains; few very fine and fine coated sand; common very fine vesicular pores; very few very fine roots; few traces of dead roots; neutral (field pH 7.0); clear, smooth boundary to Ap2
Ap2	20-37/42	Brown (10YR5/3); sand; weak very fine and fine subangular blocky structure; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; common very fine vesicular pores; very few very fine roots; few traces of dead roots and charcoal; neutral (field pH 7.0); abrupt, smooth boundary to Bt1
Bt1	42-54	Reddish yellow (7.5YR7/6); sand; weak very fine and fine subangular blocky structure; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few faint clay bridges between sand grains; common very fine vesicular pores; very few very fine roots; moderately acid (field pH 6.0); clear, smooth boundary to Bt2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Bt2	54-70+	Mixed pink (7.5YR7/4) (80%) with reddish yellow (7.5YR7/6) (20%); sand; weak very fine and fine subangular blocky structure; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few faint clay bridges between sand grains; many very fine vesicular pores; very few very fine roots; few spots of organic material accumulaton; slightly acid (field pH 6.5).

Sugarcane between row (S)

Ap1	0-17	Brown (10YR5/3); sand; very weak very fine and fine subangular blocky partly breaking into single grains; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few very fine coated sand; many very fine vesicular pores; very few very fine roots; slightly acid (field pH 6.5); clear, smooth boundary to Ap2
Ap2	21-30/35	Brown (10YR5/3); sand; very weak very fine and fine subangular blocky partly breaking into single grains; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few very fine coated sand; common few vesicular pores; few very fine and fine roots; slightly acid (field pH 6.5); abrupt, smooth boundary to BE
BE	35-45	Pink (7.5YR7/4); sand; very weak very fine and fine subangular structure; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few faint clay bridges between sand grains; few very fine and fine coated sand; common very fine vesicular pores; very few very fine roots; slightly acid (field pH 6.5); clear, smooth boundary to Bt2
Bt2	45-60+	Pink (7.5YR7/4); loamy sand; very weak very fine and fine subangular structure; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few faint clay bridges between sand grains; few very fine and fine coated sand; common very fine vesicular pores; very few very fine roots; neutral (field pH 7.0).

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

I. Information on the site

Profile symbol : PP-3 SR/S
Classification : Typic Haplustult
Date of examination : November 5, 2009
Described by : Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Orapin Kliaklom, Sumrit Riyapun, Pattra Prasertsombut, Ruchanee Khumdet, Pahon Ruksumroud, Sirintra Trasarika, Jiranut Hongjaturun
Location : Ban Kambong, Tambon Sa-ad, Amphoe Nam Pong, Changwat Khon Kaen
Elevation : 189 m (MSL)
Map sheet number : Coordination : $48Q67588^{E}$,56565^{N}

Landform
1. Physiographic position : Crestal slope of low hill
2. Surrounding land form : Undulating
3. Slope on which profile site : 6 % Aspect : 4 Azi

Landuse : Sugarcane
Annual rainfall : Approximately 1039 mm yr^{-1}
Mean temperature : Approximately 27 ^{o} C
Climate : Tropical savanna
Others : -

II. General information on the soil

Parent material : Residuum derived from sandstone
Drainage : Well drained
Permeability : Rapid
Runoff : Moderate
Depth of ground water : Deeper than 200 cm at time of sampling

III. Profile description

Sugarcane in row (SR)

Horizon	Depth	Description
Ap1	0-15	Light yellowish brown (10YR 6/4); loamy sand; weak fine and medium subangular blocky structure; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; very few very fine coated sands; many very fine vesicular pores; many very fine and very few fine roots; slightly acid (field pH 6.5); clear, smooth boundary to Ap2
Ap2	15-31	Pole brown (10YR 6/3); loamy sand; weak fine subangular blocky structure; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; common very fine coated sands; common very fine vesicular pores; few very fine and fine roots; neutral (field 7.0); abrupt, smooth boundary to Bt1
Bt1	31-50	Reddish yellow (7.5 YR 6/6); loamy sand; moderate fine subangular blocky structure; soft dry, firm moist, non sticky and non plastic; common distinct clay bridges between sand grains; few very fine and fine coated sands; common very fine and fine vesicular pores; few very fine roots; slightly acid (field pH 6.5); clear, smooth boundary to Bt2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Bt2	50-68+	Yellowish red (5YR5/8); sandy loam; moderate fine subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, non sticky and moderately plastic; many faint clay bridges between sand grains; many very fine and very few fine coated sands; common very fine vesicular and few very fine simple tubular pores; few very fine roots; strongly acid (field pH 5.5).

Sugarcane between row (S)

Ap	0-15	Yellowish brown (10YR5/4); loamy sand; weak very fine and fine subangular blocky structure; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; very few very fine coated sands; many very fine vesicular pores; many very fine and fine roots; neutral (field 7.0); clear, smooth boundary to Btd
Btd	15-25	Strong brown (7.5YR5/6); loamy sand; weak very fine and fine subangular blocky structure; slight hard dry, friable moist, non sticky and non plastic; common faint clay bridges between sand grains; many very fine and very few fine coated sands; commmon very fine vesicular pores; few very fine and fine roots; few traces of dead roots; slightly acid (field pH 6.5); abrupt, smooth boundary to Bt1
Bt1	25-42	Yellowish red (5YR5/6); sandy loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and slightly plastic; common faint clay bridges between sand grains; many very fine and very few fine coated sands; many very fine vesicular pores; common medium sand pockets; strongly acid (field pH 5.5); gradual, smooth boundary to Bt2
Bt2	42-69	Red (2.5YR4/6); sandy loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and moderately plastic; common faint clay bridges between sand grains; many very fine and very few fine coated sands; many very fine vesicular pores; very few very fine roots; common medium sand pockets; strongly acid (field pH 5.5);.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

I. Information on the site

Profile symbol : PP-4 SR/S
Classification : Typic Pelaustult
Date of examination : December 9, 2009
Described by : Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Orapin Kliaklom, Sumrit Riyapun, Pattra Prasertsombut, Ruchanee Khumdet, Sirintra Trasarika
Location : Ban Sawang, Tambon Suan Mon, Amphoe Manjakiri, Changwat Khon Kaen
Elevation : 181 m (MSL)
Map sheet number : Coordination : 48Q39367^{E},94424^{N}

Landform
1. Physiographic position : Middle terrace
2. Surrounding land form : Slightly undulating
3. Slope on which profile site : 2 % Aspect : 326 Azi

Landuse : Sugarcane
Annual rainfall : Approximately 1039 mm yr^{-1}
Mean temperature : Approximately 27 ^{o} C
Climate : Tropical savanna
Others : -

II. General information on the soil

Parent material : Local alluvium
Drainage : Well drained
Permeability : Moderate
Runoff : Rapid
Depth of ground water : Deeper than 190 cm at time of sampling

III. Profile description

sugarcane in row (SR)

Horizon	Depth	Description
Ap	0-18	Brown (7.5 YR 4/4); loamy sand; weak very fine and fine subangular blocky structure; slightly hard dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many very fine coated sands; many very fine vesicular pores; many very fine and fine roots; few small gravel of fresh quartz; moderately acid (field pH 6.0); clear, smooth boundary to Btd
Btd	18-31	Brown (7.5YR4/3); sandy loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few faint clay coating on faces of peds; many very fine coated sands; common very fine vesicular pores; common very fine and very few fine roots; few medium sand pockets; slightly acid (field pH 6.5); clear, smooth boundary to Bt1
Bt1	31-45	Brown (7.5YR4/3); sandy loam; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, very friable moist, non sticky and non plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few very fine and few sand pockets, many very fine coated sands; common very fine and very few fine vesicular pores; few

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

		very fine roots; slightly acid (field pH 6.5);clear, smooth boundary to Bt2
Bt2	45-60	Brown (7.5YR4/4); sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, non sticky and non plastic; many faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine and fine coated sands; common very fine, fine vesicular and few very fine simple tubular pores; common very fine and very few fine roots; slightly acid (field pH 6.5).

Sugarcane between row (S)

Ap	0-14	Brown (7.5YR4/3); loamy sand; weak very fine and fine subangular blocky structure; slightly hard dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many very fine coated sands; many very fine vesicular pores; few very fine and very few fine roots; slightly acid (field pH 6.5); clear, smooth boundary to Btd
Btd	14-29	Brown (7.5YR4/4); sandy loam; weak fine subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, non sticky and non plastic; few faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine coated sands; common very fine and few fine vesicular pores; few very few fine roots; slightly acid (field pH 6.5); clear, smooth boundary to Bt1
Bt1	29-46	Brown (7.5YR4/4); sandy loam; weak fine subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, non sticky and non plastic; few faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine and fine coated sands; common very fine vesicular pores; few very fine roots; slightly acid (field pH 6.5); clear, smooth boundary to Bt2
Bt2	46-60+	Brown (7.5YR4/4); sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, non sticky and non plastic; many distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine and fine coated sands; common very fine, fine vesicular and few very fine simple tubular pores; very few very fine roots; slightly acid (field pH 6.5).

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

I. Information on the site

Profile symbol : PP-5 SR/S
Classification : Typic Pelaustult
Described by : Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Orapin Kliaklom, Sumrit Riyapun, Pattra Prasertsombut, Ruchanee Khumdet, Sirintra Trasarika
Date of examination : December 11, 2009
Location : Ban Num Kod, Tambon Suan Mon, Amphoe Manjakiri, Changwat Khon Kaen
Elevation : 197 m (MSL)
Map sheet number : Coordination : 48Q39729^{E},97843^{N}

Landform
1. Physiographic position : Lower middle terrace
2. Surrounding land form : Slightly undulating
3. Slope on which profile site : 2 % Aspect : 90 Azi

Landuse : Sugarcane
Annual rainfall : Approximately 1039 mm/Y
Mean temperature : Approximately 27 ^{o} C
Climate : Tropical savanna
Others : -

II. General information on the soil

Parent material : Local alluvium
Drainage : Well drained
Permeability : Moderate
Runoff : Moderate
Depth of ground water : Deeper than 160 cm at time of sampling

III. Profile description.

Sugarcane in row (SR)

Horizon	Depth	Description
Ap	0-26	Brown (7.5 YR 4/4); lamy sand; weak very fine and fine subangular blocky structure partly breaking into single grains; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many very fine and few fine coated sands; common very fine, few fine vesicular and very few very fine simple tubular pores; common very fine and fine roots; few traces of dead roots; slightly acid (field pH 6.5); clear, smooth boundary to Btd
Btd	26-40	Strong brown (7.5YR4/6); sandy loam; weak fine subangular blocky structure; hard dry, friable moist, non sticky and non plastic; few faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand gains; many very fine and common fine coated sands; few very fine and fine vesicular pores; very few very fine roots; few small semi angular gravel of fresh quartz; moderately acid (field pH 6.0); clear, smooth boundary to Bt1
Bt1	40-52	Strong brown (7.5YR5/6); sandy clay loam; weak fine subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and non plastic; common distinct clay coating on faces of peds, pore wall and clay bridges between sand grains; many very fine and fine coated sands; common very

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

		fine and few fine vesicular pores; very few very fine roots; few small semi angular gravel of fresh quartz; moderately acid (field pH 6.0).

Sugarcane between row (S)

Ap	0-17	Brown (7.5YR4/3); loamy sand; weak very fine and fine subangular blocky structure; slightly hard dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many very fine and few fine coated sands; few very fine and few fine vesicular pores; few very fine and fine roots; slightly acid (field pH 6.5); clear, smooth boundary to Btd
Btd	17-30	Brown (7.5YR4/4); sandy loam; weak fine and medium subangular blocky structure; hard dry, friable moist, non sticky and non plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand gains; many very fine and few fine coated sands; few very fine vesicular pores; very few very fine roots; moderately acid (field pH 6.0); clear, smooth boundary to Bt1
Bt1	30-47	Strong brown (7.5YR5/6); sandy clay loam; weak fine subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and non plastic; many distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand gains; many very fine and few fine coated sands; few very fine vesicular pores; few very fine roots; moderately acid (field pH 6.0); clear, smooth boundary to Bt2
Bt2	47-60+	Brownish yellow (10YR6/6); sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blockly; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; many prominent clay coating on faces of peds, pore wall and clay bridges between sand grains; many very fine and few fine coated sands; few very fine vesicular pores; few very fine roots; strongly acid (field pH 5.5).

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 การกระจายขนาดอนุภาคดินและชั้นเนื้อดิน

Depth	Horizon	Sand						Silt	Clay	Texture class
(cm)		VC	C	M	F	VF	Total			
		(---------- g kg^{-1} ----------)								
PP-1 Ultic Haplustalf										
0-22	Ap	0.42	11	25	104	625	766	167	68	Loamy sand
22-40	Btd	1.12	56	88	132	382	659	198	143	Sandy loam
40-61	Bt1	1.02	87	92	143	322	645	196	159	Sandy loam
61-88	Bt2	0.48	94	94	127	334	649	200	151	Sandy loam
88-112	Bt3	0.86	136	119	104	276	636	190	175	Sandy loam
112-142	Btg1	0.66	75	78	94	298	546	163	292	Sandy clay loam
142-171	Btg2	1.16	76	89	99	274	539	181	279	Sandy clay loam
171-200	Btg3	1.06	92	95	106	246	540	205	255	Sandy clay loam
PP-2 Typic Plinthustult										
0-20	Ap1	0.54	11	34	154	597	797	147	56	Loamy sand
20-36	Ap2	0.60	15	36	120	640	812	129	60	Loamy sand
36-37/44	BE	1.22	62	33	108	604	808	136	56	Loamy sand
44-65	Bt1	1.10	21	31	112	625	790	142	68	Loamy sand
65-72/90	Bt2	0.44	27	50	136	573	786	150	63	Loamy sand
90-108	Bt3	1.10	128	125	146	346	746	126	128	Loamy sand
108-127	Bt4	0.70	109	85	94	447	736	173	92	Loamy sand
127-144	Bv	1.56	113	93	132	401	741	152	108	Loamy sand
PP-3 Typic Haplustult										
0-20/25	Ap	0.52	24	47	115	605	792	148	60	Loamy sand
25-40	Btd	0.64	97	73	119	404	694	170	135	Sandy loam
40-59	Bt1	0.64	77	89	115	355	637	155	208	Sandy loam
59-82	Bt2	0.78	62	56	152	324	595	166	239	Sandy loam
82-105	Bt3	1.12	57	76	136	298	568	130	302	Sandy clay loam
105-129	Bt4	1.24	34	68	136	328	567	173	260	Sandy clay loam
129-156	Bt5	1.50	47	76	112	332	569	141	290	Sandy clay loam
156-177	Bt6	0.78	45	79	103	342	570	172	258	Sandy clay loam
177-200	Bt7	0.60	49	62	96	359	567	211	222	Sandy clay loam
PP-4 Typic Paleustult										
0-20	Ap	0.76	34	71	134	459	699	165	136	Sandy loam
20-35	Btd	1.38	26	92	149	424	693	164	144	Sandy loam
35-53	Bt1	0.86	39	94	136	408	678	146	176	Sandy loam
53-73	Bt2	0.60	99	82	148	343	673	149	179	Sandy loam
73-91	Bt3	2.06	56	122	148	313	641	148	211	Sandy clay loam
91-116	Bt4	0.56	39	110	140	355	645	128	227	Sandy clay loam
116-143	Bt5	1.20	48	115	128	355	647	142	211	Sandy clay loam
143-170	Bt6	0.92	52	128	136	336	653	152	195	Sandy loam
170-200	Bt7	0.96	51	95	159	344	650	146	204	Sandy clay loam

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	Sand						Silt	Clay	Texture class
		VC	C	M	F	VF	Total			
		(---------- g kg^{-1} ---------)								
PP-5 Typic Paleustult										
0-22	Ap	1.04	38	110	178	483	810	75	115	Loamy sand
22-45	Btd	0.84	77	128	157	395	758	115	127	Sandy loam
43-65	Bt1	0.86	81	119	149	339	689	124	186	Sandy loam
65-89	Bt2	1.04	99	108	127	310	645	151	204	Sandy loam
89-112	Bt3	0.90	78	108	138	324	649	145	206	Sandy loam
112-135	Bt4	1.12	84	99	148	349	681	129	190	Sandy loam
135-160	Bt5	1.04	69	85	115	381	651	154	195	Sandy loam

หมายเหตุ VC = Very coarse sand (1.0-2.0 mm)

C = Coarse sand (0.5-1.0 mm)

M = Medium sand (0.25-0.50 mm)

F = Fine sand (0.10-0.25 mm)

VF = Very fine sand (0.05-0.10 mm)

Sand = 0.05-2.0 mm

Silt = 0.002-0.05 mm

Clay = < 0.002 mm

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 สมบัติทางกายภาพของดิน

Depth (cm)	Horizon	BD ($Mg\ m^{-3}$)	Porosity (%)	Ksat ($cm\ hr^{-1}$)	Strength (kg/cm^2)	FC (--------% by volume --------)	PWP	AWC
PP-1 Ultic Haplustalf								
0-22	Ap	1.42	46.44	1.85	0.20	11.27	3.68	7.59
22-40	Btd	1.69	36.19	0.04	2.61	17.39	6.97	10.41
40-61	Bt1	1.55	41.49	0.75	2.66	8.31	2.52	5.80
61-88	Bt2	1.69	36.18	0.20	1.45	17.69	9.36	8.33
88-112	Bt3	1.80	31.97	0.18	3.97	21.66	10.76	10.89
112-142	Btg1	1.83	30.79	0.14	5.40	26.00	16.80	9.20
142-171	Btg2	1.88	29.05	0.47	7.97	24.85	17.23	7.62
171-200	Btg3	1.88	28.96	0.25	2.88	21.44	16.11	5.33
PP-2 Typic plinthustult								
0-20	Ap1	1.50	43.35	7.30	ND	6.98	1.72	5.26
20-36	Ap2	1.26	52.43	1.21	0.30	6.49	1.54	4.95
36-37/44	BE	1.30	51.01	4.06	0.16	5.45	1.33	4.12
44-65	Bt1	1.52	42.68	6.33	0.06	8.44	2.96	5.48
65-72/90	Bt2	1.54	41.95	2.23	0.00	7.99	2.32	5.67
90-108	Bt3	1.48	44.04	2.27	0.50	10.42	4.56	5.85
108-127	Bt4	1.66	37.34	1.55	1.12	14.40	7.70	6.70
127-144	Bv	-	-	-	-	-	-	-
PP-3 Typic Haplustult								
0-20/25	Ap	1.32	50.33	3.82	ND	7.62	1.91	5.72
25-40	Btd	1.75	33.99	0.36	1.89	13.90	7.06	6.84
40-59	Bt1	1.44	45.69	2.85	1.47	16.88	10.77	6.11
59-82	Bt2	1.28	51.86	25.24	0.53	14.00	10.98	3.02
82-105	Bt3	1.17	55.72	2.60	0.09	16.73	8.26	8.47
105-129	Bt4	1.29	51.25	1.98	1.58	20.49	11.33	9.16
129-156	Bt5	1.56	41.02	0.83	1.07	18.85	12.56	6.28
156-177	Bt6	1.61	39.39	2.34	0.51	20.25	12.13	8.13
177-200	Bt7	1.54	41.92	0.72	1.07	13.07	5.51	7.56
PP-4 Typic Paleustult								
0-20	Ap	1.63	38.60	9.78	ND	13.32	6.95	6.37
20-35	Btd	1.70	35.73	0.94	2.44	15.33	8.69	6.64
35-53	Bt1	1.65	37.78	3.85	1.74	15.99	9.11	6.88
53-73	Bt2	1.66	37.31	2.58	0.45	17.18	10.47	6.71
73-91	Bt3	1.62	38.82	3.78	0.35	17.95	10.55	7.40
91-116	Bt4	1.55	41.38	2.70	1.67	18.17	10.12	8.05
116-143	Bt5	1.66	37.45	16.45	0.95	20.11	9.96	10.15
143-170	Bt6	1.72	35.15	6.71	1.13	21.75	10.51	11.25
170-200	Bt7	1.68	36.76	3.12	0.90	15.54	9.41	6.13

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	BD (Mg m^{-3})	Porosity (%)	Ksat (cm hr^{-1})	Strength (kg/cm^2)	FC (--------% by volume --------)	PWP	AWC
PP-5 Typic Paleustult								
0-22	Ap	1.58	40.49	0.68	0.30	13.60	8.33	5.27
22-45	Btd	1.85	30.10	0.22	3.38	10.08	2.45	7.63
45-65	Bt1	1.60	39.60	1.17	2.41	11.39	6.74	4.65
65-89	Bt2	1.75	34.06	5.29	1.54	18.25	11.02	7.23
89-112	Bt3	1.74	34.37	0.57	0.89	18.99	9.32	9.68
112-135	Bt4	1.97	25.57	0.75	0.90	22.88	9.54	13.34
135-160	Bt5	1.55	41.60	14.15	0.65	9.40	2.63	6.77

หมายเหตุ ND = Not determined

BD = Bulk density

Ksat = Hydraulic conductivity

FC = Field capacity

PWP = Permanent wilting point

AWC = Available water capacity

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 สมบัติทางเคมีของดิน

Horizon	Depth	pH 1:1		OM	Total N	Available		Extractable bases				Sum	Extr.	CEC		BS
	(cm)	H_2O	KCl			P	K	Ca	Mg	Na	K	bases	acidity	By sum	NH_4OAc	%
				(----g kg^{-1}----)		(----mg kg^{-1}----)		(---------- cmol kg^{-1} ---------)								
PP-1 Ultic Haplustalf																
Ap	0-22	5.0	3.9	3.00	0.77	11.90	15.93	0.19	0.07	0.06	0.04	0.36	10.99	11.34	2.25	3.13
Btd	22-40	4.5	3.6	1.43	0.42	1.71	28.85	0.42	0.17	0.07	0.07	0.74	16.96	17.71	3.75	4.20
Bt1	40-61	4.5	3.6	1.92	0.49	1.16	22.52	0.66	2.85	0.08	0.06	3.65	16.00	19.64	3.50	18.57
Bt2	61-88	4.8	3.8	1.07	0.35	0.80	15.74	0.85	4.74	0.14	0.04	5.77	6.98	12.75	3.25	45.24
Bt3	88-112	5.1	4.5	0.27	0.28	1.16	20.70	1.27	7.80	0.10	0.05	9.22	12.99	22.21	4.00	41.52
Btg1	122-142	5.1	3.3	0.90	0.42	0.80	27.88	2.35	12.65	0.07	0.07	15.14	17.96	33.10	6.75	45.73
Btg2	142-171	5.2	3.7	1.43	0.35	0.62	27.01	1.92	11.95	0.05	0.07	13.99	15.99	29.98	5.75	46.67
Btg3	171-200	5.2	3.7	0.30	0.42	0.80	22.95	1.58	10.63	0.07	0.06	12.34	17.00	29.34	6.25	42.05
PP-2 Typic Plinthustult																
Ap1	0-20	5.5	4.8	5.59	0.49	15.44	27.20	0.48	0.13	0.08	0.07	0.76	13.97	14.73	5.50	5.15
Ap2	20-36	5.4	4.1	3.67	0.49	12.88	15.49	0.37	0.05	0.04	0.04	0.51	12.97	13.47	2.50	3.76
BE	36-37/44	5.5	4.4	1.41	0.28	3.29	5.54	0.19	0.04	0.06	0.01	0.31	11.98	12.29	2.25	2.53
Bt1	44-65	5.6	4.2	1.00	0.42	1.53	4.44	0.18	0.04	0.07	0.01	0.30	14.99	15.29	0.50	1.95
Bt2	65-72/90	5.4	4.4	1.13	0.21	1.16	5.32	0.20	0.04	0.06	0.01	0.31	20.96	21.27	1.25	1.44
Bt3	90-108	5.2	4.0	1.03	0.21	0.98	8.26	0.54	0.15	0.08	0.02	0.79	11.96	12.75	2.50	6.20
Bt4	108-127	5.2	4.3	1.45	0.35	1.16	9.81	0.55	0.18	0.10	0.03	0.85	12.95	13.81	4.00	6.16
Bv	127-144	5.7	4.6	2.07	0.63	0.98	9.73	0.65	2.02	0.08	0.02	2.76	13.93	16.69	2.25	16.56

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

Horizon	Depth	pH 1:1		OM	Total N	Available		Extractable bases				Sum	Extr.	CEC		BS
	(cm)	H_2O	KCl			P	K	Ca	Mg	Na	K	bases	acidity	By sum	NH_4OAc	%
				(----g kg^{-1}----)		(----mg kg^{-1}----)		(----------cmol kg^{-1}----------)								
PP-3 Typic Haplustult																
Ap	0-20/25	6.8	5.9	5.36	0.70	59.86	44.55	1.09	3.63	0.06	0.11	4.89	11.98	16.87	2.50	28.98
Btd	25-40	5.3	4.0	3.81	0.56	2.68	9.67	0.46	2.29	0.05	0.02	2.83	8.98	11.81	2.75	23.94
Bt1	40-59	4.4	3.6	3.66	0.63	0.80	59.02	0.45	2.77	0.08	0.15	3.45	17.94	21.38	3.75	16.12
Bt2	59-82	4.7	3.7	1.54	0.56	0.62	11.60	0.31	5.08	0.07	0.03	5.50	12.99	18.48	5.00	29.74
Bt3	82-105	4.8	3.7	1.62	0.63	0.62	10.97	0.15	4.77	0.08	0.03	5.02	20.99	26.01	4.25	19.29
Bt4	105-129	4.8	3.8	0.79	0.49	0.62	11.83	0.14	5.03	0.09	0.03	5.29	19.97	25.25	4.75	20.94
Bt5	129-156	4.5	3.7	2.00	0.35	0.62	10.62	0.16	4.32	0.10	0.03	4.61	19.96	24.57	2.00	18.77
Bt6	156-177	4.6	3.8	1.77	0.42	0.62	6.82	0.25	4.26	0.04	0.02	4.57	16.96	21.52	4.25	21.21
Bt7	177-200	4.7	3.9	2.13	0.42	0.44	8.62	0.48	5.02	0.07	0.02	5.59	14.97	20.56	3.75	27.18
PP-4 Typic Paleustult																
Ap	0-20	5.1	4.5	5.02	0.28	46.18	23.84	1.79	0.43	0.15	0.06	2.42	19.97	22.39	4.50	10.83
Btd	20-35	5.3	4.1	3.64	0.21	25.29	21.72	1.71	0.46	0.81	0.06	3.04	15.98	19.02	3.75	15.96
Bt1	35-53	4.7	3.8	3.52	0.28	7.42	17.71	0.84	0.34	0.13	0.05	1.36	14.96	16.31	3.25	8.32
Bt2	53-73	5.0	3.8	3.05	0.28	10.62	23.75	0.70	0.50	0.91	0.06	2.17	18.99	21.16	4.50	10.26
Bt3	73-91	4.6	3.7	3.05	0.14	4.95	29.58	0.83	0.35	0.83	0.08	2.08	18.98	21.06	4.50	9.88
Bt4	91-116	4.9	3.8	3.02	0.21	7.69	24.68	0.86	0.32	0.45	0.06	1.69	17.96	19.66	3.75	8.61
Bt5	116-143	4.7	3.8	2.75	0.21	10.94	23.76	1.00	0.30	0.38	0.06	1.74	16.98	18.72	4.50	9.30
Bt6	143-170	5.2	4.1	2.23	0.21	4.50	21.98	1.00	0.32	0.25	0.06	1.62	18.96	20.59	4.50	7.89
Bt7	170-200	5.0	4.1	2.49	0.21	3.87	25.34	1.36	0.36	0.53	0.06	2.31	15.95	18.27	4.00	12.67

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

Horizon	Depth	pH 1:1		OM	Total N	Available		Extractable bases				Sum	Extr.	CEC		BS
	(cm)	H_2O	KCl			P	K	Ca	Mg	Na	K	bases	acidity	By sum	NH_4OAc	%
				(----g kg^{-1}----)		(----mg kg^{-1}----)		(----------cmol kg^{-1}----------)								
PP-5 Typic Paleustult																
Ap	0-22	5.1	4.2	3.78	0.28	8.81	36.49	0.21	0.11	0.32	0.09	0.73	14.98	15.71	2.25	4.67
Btd	22-43	5.3	4.2	1.67	0.07	3.62	27.16	1.01	0.35	0.72	0.07	2.16	14.97	17.13	3.75	12.61
Bt1	43-65	5.2	4.0	2.27	0.14	12.65	42.12	1.96	0.51	0.39	0.11	2.97	14.98	17.96	4.00	16.57
Bt2	65-89	4.9	3.9	1.13	0.28	2.38	31.67	1.20	0.53	0.65	0.08	2.46	12.95	15.41	4.25	15.94
Bt3	89-112	4.8	3.7	1.57	0.14	3.20	28.65	0.43	0.66	0.45	0.07	1.60	15.98	17.58	4.00	9.12
Bt4	112-135	5.1	3.8	1.12	0.21	2.58	24.71	0.55	0.56	0.55	0.06	1.73	16.99	18.72	4.00	9.24
Bt5	135-160	4.8	3.8	1.79	0.14	2.38	25.77	0.28	0.61	0.61	0.07	1.56	11.99	13.55	4.00	11.53

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 สมบัติทางกายภาพของดินปลูกมันสำปะหลังและอ้อย

Soil Profile	Horizon	BD ($Mg\ m^{-3}$)		Porosity (%)		Ksat ($cm\ hr^{-1}$)		Soil strength ($kg\ cm^{-2}$)	
In row		C	S	C	S	C	S	C	S
PP-1	Ap	1.55	1.29	41.38	51.35	0.60	1.85	0.24	0.12
	Btd	1.70	1.75	35.87	33.86	0.44	0.04	2.79	6.87
	Bt1	1.42	1.61	46.50	39.25	4.64	1.14	1.72	5.00
PP-2	Ap1	1.61	1.28	39.16	51.53	6.50	7.31	0.21	0.00
	Ap2	1.24	1.47	53.23	44.54	4.96	6.89	0.54	0.28
	Bt1	1.49	1.20	43.95	54.80	3.52	4.06	1.31	0.03
PP-3	Ap	1.32	1.47	50.33	44.37	3.82	1.96	0.00	0.00
	Btd	1.75	1.56	33.99	41.28	0.62	5.82	0.53	0.36
	Bt1	1.44	1.68	45.69	36.72	2.85	0.89	0.50	0.35
PP-4	Ap	1.60	1.27	39.74	51.92	1.45	21.79	0.15	0.26
	Btd	1.73	1.66	34.84	37.31	1.07	1.13	0.43	0.47
	Bt1	1.67	1.63	37.10	38.67	2.18	2.95	0.51	0.42
PP-5	Ap	1.58	1.73	40.49	34.88	2.62	2.65	0.13	0.35
	Btd	1.83	1.80	30.80	32.22	0.37	0.17	1.00	0.72
	Bt1	1.60	1.72	39.60	35.11	1.17	0.69	0.98	0.50
Between row									
PP-1	Ap	1.42	1.58	46.44	40.38	1.70	3.54	0.06	0.13
	Btd	1.69	1.75	36.19	33.87	0.57	0.14	1.47	1.99
	Bt1	1.78	1.79	32.97	32.45	0.31	2.12	2.86	3.22
PP-2	Ap1	1.33	1.33	49.70	49.70	0.60	0.60	0.16	0.16
	Ap2	1.48	1.48	44.13	44.13	3.24	3.24	1.73	1.73
	Bt1	1.54	1.54	42.08	42.08	2.60	2.60	0.12	0.12
PP-3	Ap	1.55	1.44	41.66	45.65	1.25	1.60	0.23	0.00
	Btd	1.57	1.49	40.91	43.64	0.35	2.6	0.30	3.36
	Bt1	1.50	1.75	43.41	33.84	1.60	0.66	2.08	1.13
PP-4	Ap	1.42	1.54	46.36	41.96	6.32	13.52	0.18	0.07
	Btd	1.91	1.86	27.87	29.77	0.89	1.81	1.61	0.49
	Bt1	1.69	1.51	36.10	42.87	4.41	1.84	0.51	0.27
PP-5	Ap	1.74	1.74	34.17	34.17	12.81	12.81	0.07	0.07
	Btd	1.96	1.96	26.04	26.04	0.42	0.42	1.26	1.26
	Bt1	1.85	1.85	30.21	30.21	1.36	1.36	0.65	0.65

หมายเหตุ BD = Bulk density

Ksat = Hydraulic conductivity

C = Cassava growing soils

S = Sugarcane growing soils

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 ความต้านทานในการแทงทะลุของดินที่วัดในสนามในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง

Site	Depth (cm)	Soil resistance (MPa) Distance (m)									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Soil resistance in row of cassava (CR)											
PP-1	5	0.2	0.2	0.2	0.6	1.4	0.0	0.6	0.4	0.0	0.2
	10	0.2	0.2	0.2	1.4	1.4	0.0	0.8	0.8	0.6	0.6
	15	0.2	1.2	0.2	4.4	3.6	0.6	0.8	2.0	1.4	1.0
	20	3.4	4.3	2.0	5.0	3.6	1.1	1.1	2.0	3.3	3.0
	25	4.6	4.6	7.2	3.7	4.0	1.8	4.6	3.7	4.1	4.0
	30	4.8	8.4	7.6	2.4	5.2	2.8	5.9	5.9	4.8	4.0
	35	5.8	8.8	6.4	2.2	5.7	2.8	5.4	0.0	5.0	3.8
	40	7.2	2.9	6.2	2.0	5.0	3.0	5.0	0.0	5.8	3.6
	45	4.0	2.8	5.6	1.6	4.0	6.4	4.4	0.0	5.9	3.6
PP-2	5	0.0	0.0	0.2	0.6	0.2	0.2	0.6	0.0	0.6	0.2
	10	0.1	0.8	0.4	0.8	1.0	0.8	0.6	0.6	1.0	0.8
	15	1.0	0.8	0.4	0.8	1.3	1.0	1.1	0.6	1.1	1.0
	20	1.4	1.3	1.0	1.0	1.8	1.8	1.1	1.0	1.3	1.8
	25	2.2	2.4	1.2	1.1	3.0	2.0	2.2	1.5	1.4	2.6
	30	2.0	3.4	1.6	1.2	4.2	3.6	3.9	1.5	1.7	2.6
	35	2.2	3.9	2.8	2.6	6.0	5.2	5.6	1.9	4.2	7.1
	40	4.0	4.4	4.7	3.6	7.2	6.0	6.2	5.2	4.1	6.9
	45	3.8	5.0	5.2	5.4	6.2	5.5	5.4	6.0	2.8	3.0
PP-3	5	0.0	0.2	1.0	0.5	1.0	1.2	0.2	4.0	2.7	1.4
	10	0.2	1.2	2.6	6.0	3.4	2.2	2.7	6.0	4.4	2.6
	15	3.4	1.2	3.6	6.6	3.4	4.0	3.7	7.6	3.4	2.8
	20	8.0	3.0	4.4	7.0	3.0	5.2	7.0	8.0	8.0	5.1
	25	7.0	4.3	4.4	6.8	2.5	5.0	6.6	6.9	8.2	6.6
	30	8.0	3.8	4.6	4.2	2.6	2.8	5.6	3.4	6.9	6.0
	35	7.6	4.5	4.4	3.8	2.0	2.6	3.8	1.6	4.4	4.2
	40	6.2	4.0	2.8	3.0	2.2	2.0	3.4	1.0	6.2	3.2
	45	6.2	3.9	2.8	2.8	2.0	1.4	2.5	1.0	6.0	2.2
PP-4	5	1.7	1.3	1.2	2.0	2.0	3.6	2.6	3.4	4.0	4.4
	10	2.2	1.8	1.6	4.0	7.8	4.6	3.7	8.5	0.8	6.0
	15	2.4	6.2	3.7	4.0	7.9	9.0	7.8	9.8	9.7	6.2
	20	6.4	7.4	6.8	9.8	9.0	9.2	8.2	9.0	9.2	7.2
	25	7.2	9.8	9.0	8.8	9.2	8.8	7.7	7.6	8.8	7.8
	30	9.4	8.2	8.8	7.4	5.2	4.6	7.4	7.2	4.6	8.4
	35	5.6	6.8	7.8	3.7	4.0	4.2	7.0	3.6	4.2	9.2
	40	3.8	5.0	6.4	2.2	3.8	4.0	3.6	2.2	4.0	7.4
	45	3.0	3.6	3.8	1.8	2.2	3.8	3.1	2.2	3.8	3.3
PP-5	5	1.3	4.0	0.2	0.2	1.4	5.0	1.8	1.2	0.8	0.6
	10	1.8	6.0	0.2	1.0	2.6	5.4	3.3	2.4	1.2	2.2
	15	6.2	7.6	0.2	2.6	2.8	7.0	5.4	3.8	1.8	2.5
	20	7.4	8.0	2.0	3.6	5.1	9.0	7.9	4.6	2.9	3.8
	25	9.8	6.9	7.2	4.4	6.6	9.2	5.6	4.1	4.4	4.6
	30	8.2	3.4	7.6	4.4	6.0	7.4	4.0	3.6	5.6	4.0
	35	6.8	1.6	6.4	4.6	4.2	6.0	3.4	2.8	6.0	2.2
	40	5.0	1.0	6.2	4.4	3.2	4.0	2.0	2.6	7.8	2.7
	45	3.6	1.0	5.6	2.8	2.2	3.4	1.5	2.0	8.0	2.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

Site	Depth (cm)	Soil resistance (MPa) Distance (m)									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Soil resistance between row of cassava (C)											
PP-1	5	0.6	0.6	0.0	0.8	0.0	0.6	1.2	1.0	0.0	1.2
	10	0.8	0.8	0.2	1.4	0.8	2.2	2.4	2.4	0.2	1.6
	15	2.0	1.4	0.4	2.0	3.6	2.5	3.8	2.9	0.8	1.4
	20	3.0	1.6	0.4	3.2	4.2	3.8	4.6	4.2	1.7	3.8
	25	6.4	1.6	6.2	4.4	4.1	4.6	4.1	5.3	4.2	4.2
	30	7.2	4.7	8.0	4.4	3.6	4.0	3.6	5.2	5.2	6.0
	35	4.8	5.1	6.9	4.4	3.0	2.2	2.8	4.3	5.0	6.2
	40	2.9	4.3	5.0	3.5	2.4	2.7	2.6	4.0	5.2	6.1
	45	2.8	2.9	2.4	2.8	1.7	2.0	2.0	3.4	4.6	4.5
PP-2	5	0.4	0.8	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	10	1.6	1.2	2.0	0.2	1.0	0.2	1.0	0.1	0.2	1.0
	15	2.6	1.8	2.2	1.6	1.8	0.6	2.0	0.8	1.0	1.4
	20	2.8	2.9	2.2	2.2	2.0	1.0	2.4	2.6	1.7	2.0
	25	3.6	4.4	2.5	2.4	2.7	1.6	2.6	4.2	2.1	4.2
	30	4.9	5.6	5.7	5.0	4.0	2.3	3.0	4.2	3.0	6.0
	35	5.9	6.0	6.0	5.0	5.8	2.3	3.1	3.5	3.6	7.0
	40	7.5	7.8	5.0	5.8	7.0	3.8	4.0	6.4	4.4	6.8
	45	7.9	8.0	4.0	6.4	7.0	4.6	4.6	7.0	4.4	4.8
PP-3	5	0.0	0.2	1.0	0.5	1.0	1.2	0.2	4.0	2.7	1.4
	10	0.2	1.2	2.6	6.0	3.4	2.2	2.7	6.0	4.4	2.6
	15	3.4	1.2	3.6	6.6	3.4	4.0	3.7	7.6	3.4	2.8
	20	8.0	3.0	4.4	7.0	3.0	5.2	7.0	8.0	8.0	5.1
	25	7.0	4.3	4.4	6.8	2.5	5.0	6.6	6.9	8.2	6.6
	30	8.0	3.8	4.6	4.2	2.6	2.8	5.6	3.4	6.9	6.0
	35	7.6	4.5	4.4	3.8	2.0	2.6	3.8	1.6	4.4	4.2
	40	6.2	4.0	2.8	3.0	2.2	2.0	3.4	1.0	6.2	3.2
	45	6.2	3.9	2.8	2.8	2.0	1.4	2.5	1.0	6.0	2.2
PP-4	5	5.0	6.4	4.6	5.4	4.2	2.6	2.0	1.6	1.6	1.8
	10	5.4	8.4	7.8	5.5	4.8	5.2	5.2	4.4	6.4	3.3
	15	7.0	9.0	9.2	7.9	5.2	6.6	8.8	8.7	6.7	5.4
	20	9.0	9.6	9.4	8.2	5.4	7.2	9.0	7.2	8.8	7.9
	25	9.2	7.4	7.8	6.4	4.6	4.2	6.0	6.0	7.0	5.6
	30	7.4	5.2	7.7	4.4	3.6	2.4	5.0	3.0	4.0	4.0
	35	6.0	3.6	9.4	3.6	3.0	2.2	3.0	2.8	2.2	3.4
	40	4.0	3.6	8.0	2.4	1.4	1.9	2.8	2.4	1.5	2.0
	45	3.4	3.0	7.0	2.0	1.4	1.6	1.8	1.6	1.5	1.5
PP-5	5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0
	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	0.0	0.0
	15	0.0	0.0	0.2	0.8	2.0	2.0	2.7	8.2	2.4	1.4
	20	3.6	1.7	2.6	5.0	2.8	5.8	8.3	9.0	4.5	7.2
	25	9.6	5.0	4.2	4.0	4.5	8.2	8.7	8.9	6.0	8.4
	30	9.8	8.8	5.2	5.2	7.8	9.4	8.9	4.0	6.5	9.0
	35	9.4	9.6	6.7	4.7	9.7	8.8	5.8	2.5	8.0	9.8
	40	9.2	9.5	7.2	6.7	9.7	5.4	5.2	2.0	8.2	8.9
	45	7.2	6.9	6.4	9.2	10.0	3.5	3.2	1.8	8.6	8.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 ความต้านทานในการแทงทะลุของดินที่วัดในสนามในพื้นที่ปลูกอ้อย

Site	Depth (cm)	Soil resistance (MPa) Distance (m)									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Soil resistance in row of sugarcane (SR)											
PP-1	5	2.8	1.2	0.2	0.6	0.6	1.1	0.6	0.6	0.0	0.0
	10	3.1	1.6	0.2	2.2	0.8	1.4	0.6	0.6	0.0	0.0
	15	6.0	3.0	0.2	2.7	0.8	1.4	0.6	0.6	0.2	0.0
	20	7.8	3.8	0.2	2.7	0.8	1.5	0.6	1.2	0.2	0.0
	25	6.0	3.3	0.4	3.2	0.8	2.5	0.8	1.2	0.2	0.0
	30	4.0	3.2	0.8	4.2	1.5	2.8	2.2	1.5	0.4	0.0
	35	3.2	4.2	2.8	6.0	3.6	3.4	3.4	4.8	1.8	2.3
	40	2.4	4.0	4.6	6.0	4.9	3.7	5.8	6.2	6.2	4.2
	45	2.4	3.3	4.7	3.8	4.6	3.2	7.0	1.5	5.8	4.2
PP-2	5	0.6	0.2	0.0	0.4	0.0	0.0	0.4	0.2	1.2	0.0
	10	2.6	0.8	1.0	0.8	0.0	0.0	0.4	0.2	1.2	0.8
	15	3.0	1.8	1.2	0.8	1.0	0.4	0.4	0.4	1.2	1.6
	20	3.2	3.2	1.9	1.4	1.7	0.5	1.2	0.6	1.4	2.4
	25	3.2	4.6	2.8	1.8	2.4	1.0	1.9	2.4	3.2	2.4
	30	4.8	6.2	4.6	3.0	3.6	2.9	2.0	3.4	6.4	4.6
	35	7.0	7.0	4.8	4.7	6.0	5.2	2.1	4.0	7.0	8.0
	40	7.2	6.0	7.6	7.0	6.0	5.1	3.4	4.7	7.6	7.0
	45	6.0	5.6	7.2	7.5	5.9	5.0	6.2	5.4	8.0	6.6
PP-3	5	3.2	0.6	1.0	3.4	1.6	0.4	1.0	0.8	1.6	1.6
	10	3.5	2.8	3.6	4.5	2.0	1.8	2.2	0.8	2.8	2.9
	15	4.0	3.0	3.0	5.0	3.2	3.6	3.6	1.6	3.2	2.9
	20	7.0	3.2	6.5	7.2	3.9	3.8	3.6	3.4	3.8	4.2
	25	6.2	4.0	6.0	8.0	2.6	5.4	4.0	3.6	2.8	4.8
	30	6.0	7.0	7.0	6.0	4.2	5.8	4.4	6.0	2.5	6.6
	35	6.0	6.2	6.2	3.1	4.6	5.4	5.2	6.4	5.2	6.6
	40	7.2	4.0	6.4	2.0	2.4	6.0	1.8	5.8	6.7	2.6
	45	7.2	1.8	1.6	1.8	1.4	4.0	1.0	3.6	6.2	1.6
PP-4	5	6.0	4.0	7.0	7.0	3.5	4.2	2.8	4.7	1.0	2.6
	10	8.2	7.3	8.2	8.4	5.4	5.4	4.0	7.2	2.8	3.6
	15	8.4	3.3	7.0	9.0	6.0	8.0	5.5	7.5	4.0	3.7
	20	7.4	7.6	8.4	9.2	6.8	9.0	6.6	7.0	3.0	3.0
	25	7.3	7.6	4.4	7.0	8.0	6.0	7.6	5.6	2.5	3.0
	30	8.0	4.8	3.0	4.6	4.7	5.4	8.6	5.6	2.4	2.8
	35	4.4	3.4	2.6	2.4	4.3	5.3	7.0	8.0	1.6	2.6
	40	2.0	2.0	2.0	2.2	3.9	5.2	6.4	6.4	1.2	2.0
	45	1.5	1.6	2.0	1.8	3.0	4.6	5.1	5.4	1.2	2.0
PP-5	5	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.8	0.0	0.0
	10	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.8	1.1	1.0	0.6	0.8
	15	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.8	2.4	0.6	1.6	1.4
	20	1.0	1.2	1.4	1.2	1.0	2.2	4.0	1.4	3.0	2.2
	25	1.7	1.4	2.6	1.2	2.2	2.8	5.0	2.8	4.4	3.0
	30	2.8	1.6	7.0	1.4	3.8	7.6	6.0	4.4	7.6	4.4
	35	5.4	5.0	7.4	8.8	5.2	8.8	5.6	5.3	9.0	4.5
	40	2.0	7.2	6.6	9.2	4.4	6.2	4.6	8.8	9.8	2.8
	45	2.4	7.4	5.0	6.0	3.8	2.8	3.2	9.2	9.8	2.5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

Site	Depth (cm)	Soil resistance (MPa) Distance (m)									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Soil resistance between row of sugarcane (S)											
PP-1	5	0.2	1.8	0.0	1.0	1.0	1.4	1.4	0.4	0.8	0.2
	10	1.4	2.2	0.0	1.6	1.2	1.6	1.6	1.2	1.0	0.6
	15	1.4	2.2	0.0	2.0	1.4	1.8	1.4	1.3	2.0	0.6
	20	2.0	2.4	0.0	2.2	1.4	2.0	1.4	1.4	2.0	0.8
	25	2.0	3.2	0.8	2.2	3.2	5.0	3.3	1.7	2.0	2.4
	30	2.0	3.0	1.6	2.6	3.4	8.0	4.2	1.7	1.2	3.8
	35	4.0	7.0	3.8	3.9	3.2	6.8	4.2	2.5	1.7	4.0
	40	5.2	6.8	6.6	8.6	8.8	5.0	3.5	2.0	1.8	2.4
	45	5.0	4.5	6.2	8.4	9.2	4.8	3.2	2.4	0.8	2.6
PP-2	5	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4	0.4
	10	0.2	2.1	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2	0.6	2.0	1.8
	15	0.6	2.6	1.6	0.8	1.2	0.6	0.8	0.6	2.4	2.0
	20	1.5	2.6	2.6	0.8	2.4	0.6	1.2	2.6	2.4	2.2
	25	2.6	3.0	4.4	0.8	3.0	1.8	2.0	2.8	2.7	3.0
	30	3.0	7.4	4.8	1.8	6.4	5.2	2.9	2.8	2.7	3.0
	35	3.0	7.6	7.0	2.5	6.9	7.2	3.0	3.2	6.0	3.3
	40	4.8	8.0	7.2	6.8	6.8	5.8	4.8	7.2	8.0	6.2
	45	5.6	7.6	0.0	6.4	6.0	4.8	6.4	6.4	4.4	7.0
PP-3	5	5.6	0.3	0.8	1.2	6.0	1.6	0.8	2.4	5.4	0.6
	10	6.6	5.4	4.4	3.7	6.2	1.6	0.8	6.2	5.5	4.0
	15	6.8	5.9	6.2	3.7	6.6	1.4	0.8	6.4	4.6	6.2
	20	7.2	6.2	5.0	6.8	5.0	1.0	1.2	4.2	3.3	6.4
	25	6.2	5.8	4.6	6.6	3.9	1.5	2.8	5.0	2.6	6.0
	30	5.4	3.5	6.8	5.7	2.0	7.2	5.0	5.0	6.0	6.8
	35	5.0	3.4	7.0	4.2	1.9	6.0	5.6	4.9	7.2	6.2
	40	2.8	3.4	6.8	2.6	1.2	4.7	4.8	3.6	6.0	5.0
	45	1.6	0.0	5.0	1.8	0.6	2.9	2.0	1.8	4.6	4.5
PP-4	5	3.4	5.0	1.4	2.2	4.0	5.0	6.0	5.2	2.2	5.2
	10	5.4	4.8	4.2	2.8	6.0	5.2	6.2	5.4	4.2	6.6
	15	5.4	6.2	5.6	2.8	6.2	6.2	6.2	5.7	4.4	6.8
	20	5.0	7.6	7.6	3.5	6.8	8.0	6.4	9.2	5.4	5.4
	25	4.6	5.2	7.4	3.4	6.6	6.6	5.2	8.4	8.0	7.4
	30	3.0	6.6	7.6	2.8	5.8	6.0	5.2	7.9	8.2	8.4
	35	2.4	7.0	7.0	2.2	5.0	3.8	5.0	6.9	9.0	9.0
	40	2.0	4.2	4.0	1.5	4.2	2.8	3.8	6.3	9.4	7.0
	45	1.6	3.4	1.8	1.4	2.8	2.6	2.4	4.2	5.0	5.0
PP-5	5	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0
	10	0.0	0.0	1.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0
	15	0.8	0.0	1.6	0.8	0.0	0.0	1.4	0.0	0.8	0.6
	20	2.0	1.6	1.6	5.2	0.6	0.0	2.8	1.2	1.0	1.6
	25	3.6	4.2	1.4	8.0	2.0	1.0	3.7	2.0	3.2	2.8
	30	4.5	5.0	2.4	8.4	4.2	1.8	6.8	3.4	6.2	3.8
	35	4.8	4.6	3.0	6.0	5.6	3.8	8.4	3.4	7.6	6.2
	40	3.5	4.0	2.8	3.8	5.6	6.8	8.8	4.0	7.8	8.0
	45	2.2	2.8	2.6	2.6	4.0	7.8	7.2	8.0	6.4	7.2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 ร้อยละความชื้นที่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตร ในขณะทำการสำรวจความต้านทานในการแทงทะลุของดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังและอ้อย

Depth (cm)	Moisture (%)									
	PP-1		PP-2		PP-3		PP-4		PP-5	
In row	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S
5	6.7	6.9	4.2	4.6	6.1	5.6	6.2	6.2	6.2	5.6
10	7.4	7.3	4.8	5.1	6.4	5.4	6.8	6.3	6.7	6.4
15	7.5	5.6	5.1	5.6	6.3	6.2	6.6	6.4	6.1	6.7
20	7.2	7.2	5.6	5.8	7.2	6.2	5.8	6.9	5.8	7.3
25	8.3	8.5	5.4	6.3	7.8	6.7	5.0	7.0	7.0	7.0
30	8.9	8.7	7.0	7.2	8.4	6.6	7.6	7.1	7.5	8.2
35	9.2	9.2	6.9	7.3	7.9	7.1	7.4	7.6	7.2	8.4
40	9.2	9.5	7.4	8.0	8.0	7.4	7.6	7.8	7.9	8.5
45	10.0	10.0	8.0	8.2	8.2	7.5	7.0	8.0	8.0	9.0
50	11.2	10.3	8.6	8.1	9.3	7.9	7.8	8.2	8.7	9.3
Between row										
5	7.2	5.1	5.1	5.1	6.8	5.9	6.5	6.0	6.7	5.2
10	7.6	6.5	5.2	5.6	8.4	6.2	6.2	6.3	6.2	6.6
15	7.4	5.8	5.0	5.4	8.8	6.7	6.1	6.1	6.8	6.8
20	8.1	6.7	5.9	6.2	7.2	6.5	6.7	6.5	6.5	5.4
25	8.2	7.2	6.2	6.1	7.0	6.8	7.4	7.2	7.0	7.4
30	8.7	7.9	6.7	6.5	6.9	7.0	7.2	7.3	7.3	8.4
35	9.5	8.6	6.5	7.2	7.0	7.1	8.9	7.1	7.8	9.0
40	10.2	9.7	7.2	8.1	8.4	7.0	9.1	8.5	8.0	7.0
45	11.0	10.5	7.6	8.6	8.5	7.6	9.5	8.9	7.8	8.6
50	12.3	11.3	8.1	9.3	9.3	8.2	10.1	8.8	7.9	9.2

หมายเหตุ C = Cassava growing soils

S = Sugarcane growing soils

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 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
ดินแหนียว (clayey soils)	เนื้อละเอียด (fine textured)	ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนทรายแป้งและดินเหนียว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 9 เกณฑ์การแบ่งระดับความหนาแน่นรวมของดิน

Rating	Range (Mg m^{-3})
Very low	<1.2
Low	1.2-1.4
Moderate	1.4-1.6
Moderately high	1.6-1.8
High	1.8-2.0
Very high	>2.0

ที่มา: นงคราญ (2529)

ตารางผนวกที่ 10 ระดับชั้นของค่าสภาพนำน้ำขณะดินอิ่มตัว

Rating	Range (cm hr^{-1})
Very slow	< 0.125
Slow	0.125-0.50
Moderately slow	0.50-2.00
Moderate	2.00-6.25
Moderately rapid	6.25-12.50
Rapid	12.50-25.00
Very rapid	> 25.00

ที่มา: O'Neal (1952)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 11 ข้อกำหนดที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมี และการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน(เอิบ, 2548; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973; Soil Survey Division Staff, 1993)

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

Rating)	Range
Ultra acid	< 3.5
Extremely aci	3.5-4.4
Very strongly acid	4.5-5.0
Strongly acid	5.1-5.5
Moderately acid	5.6-6.0
Slightly acid	6.1-6.5
Neutral	6.6-7.3
Slightly alkaline	7.4-7.8
Moderately alkaline	7.9-8.4
Strongly alkaline	8.5-9.0
Very strongly alkaline	> 9.0

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

Rating	Range ($g\ kg^{-1}$)
Very low	< 5
Low	5-10
Moderately low	10-15
Moderately	15-25
Moderately high	25-35
High	35-45
Very high	> 45

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

Rating	Range (g kg^{-1})
Very low	< 1.0
Low	1.0-2.0
Moderate	2.0-5.0
High	5.0-7.5
Very high	> 7.5

4. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) (Bray II)

Rating	Range (mg kg^{-1})
Very low	< 3
Low	3-6
Moderately low	6-10
Moderately	10-15
Moderately high	15-25
High	25-45
Very high	> 45

5. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available K) (NH_4OAc)

Rating	Range (mg kg^{-1})
Very low	< 30
Low	30-60
Moderate	60-90
High	90-120
Very high	> 120

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. เบสรวมที่สกัดได้ (extractable bases) (NH_4OAc)

Rating	Range (cmol (+) kg^{-1})				
	Extr.Ca	Extr.Mg	Extr.K	Extr.Na	Sum bases
Very low	< 2.0	< 0.3	< 0.2	< 0.1	< 2.6
Low	2-5	0.3-1.0	0.2-0.3	0.1-0.3	2.6-6.6
Moderate	5-10	1.0-3.0	0.3-0.6	0.3-0.7	6.6-14.3
High	10-20	3.0-8.0	0.6-1.2	0.7-2.0	14.3-31.2
Very high	> 20	> 8.0	> 1.2	> 2.0	> 31.2

7. ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC)

Rating)	Range (cmol (+) kg^{-1})
Very low	<3
Low	3-5
Moderately low	5-10
Moderate	10-15
Moderately high	15-20
High	20-30
Very high	>30

8. อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (base saturation)

Rating	Range (%)
Low	<35
Moderate	35-75
High	>75

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 12 เกณฑ์การแบ่งระดับสภาพกรดแลกเปลี่ยนได้

Rating	Range (cmol (+) kg^{-1})
Very low	<1.0
Low	1.0-2.0
Moderate	2.0-5.0
Moderately high	5.0-10.0
High	10.0-20.0
Very high	>20.0

ที่มา: นงคราญ (2529)

ตารางผนวกที่ 13 วิธีคาดคะเนระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยการประเมินจากผลการวิเคราะห์ดิน (กองสำรวจดิน, 2523)

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวอรพิน เกลี้ยกล่อม
วัน เดือน ปี ที่เกิด	17 กันยายน 2528
สถานที่เกิด	จังหวัดแพร่
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (วิทยาศาสตร์เกษตร) คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บางเขน)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์