รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การจัดการดินในสวนยางพาราต่อตัวชี้วัดคุณภาพดินทางกายภาพ
Soil management in rubber tree plantation on physical soil quality indicators

โดย

ดร.จุฑามาศ แก้วมโน

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินรายได้มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ประจำปีงบประมาณ 2557 รหัสโครงการ NAT570651S

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การจัดการดินในสวนยางพาราต่อตัวชี้วัดคุณภาพดินทางกายภาพ
Soil management in rubber tree plantation on physical soil quality indicators

นักวิจัย
ดร.จุฑามาศ แก้วมโน
ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ. หาดใหญ่ จ.สงขลา
พ.ศ. 2561

สารบัญเรื่อง

เรื่อง	หน้า
สารบัญเรื่อง	i
สารบัญตาราง	ii
สารบัญภาพ	iii
สารบัญภาคผนวก	v
บทคัดย่อ	vi
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
วิธีการศึกษา	14
ผลการศึกษา	19
วิจารณ์ผลการศึกษา	46
สรุป และเสนอแนะ	51
เอกสารอ้างอิง	52
ภาคผนวก	61

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ของดินบริเวณพื้นที่ศึกษา	20
2	ปริมาณกลุ่มอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ตามระดับความลึกของดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (polyculture) แบบมีพืชร่วม (mixed culture) และแบบเชิงเดี่ยว (monoculture)	23
3	สมบัติบางประการของดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (polyculture) แบบมีพืชร่วม (mixed culture) และแบบเชิงเดี่ยว (monoculture)	24
4	ปริมาณอินทรียวัตถุของดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (polyculture) แบบมีพืชร่วม (mixed culture) และแบบเชิงเดี่ยว (monoculture)	26
5	สหสัมพันธ์ระหว่างสมบัติบางประการของดินปลูกยางพาราที่ศึกษา	28
6	สภาพกร่อนได้ของชั้นผิวหน้าดิน (0-10 ซม.)	45

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ปริมาณน้ำฝนรายปีของพื้นที่อำเภอหาดใหญ่ นาหม่อม และจะนะ จังหวัดสงขลา	18
2	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย พ.ศ. 2540-2558 รายเดือน ของพื้นที่อำเภอหาดใหญ่ นาหม่อม และจะนะ จังหวัดสงขลา	18
3	สภาพพื้นที่ศึกษาของแปลงปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (polyculture) แบบมีพืชร่วม (mixed culture) และแบบเชิงเดี่ยว (monoculture) บริเวณจังหวัดสงขลา	21
4	ประเภทเนื้อดินตามสัดส่วนโดยมวลของอนุภาคขนาดทราย (sand) ทรายแป้ง (silt) และดินเหนียว (clay) ในชั้นดินบน (0-25 ซม.) และดินล่าง (25-50 ซม.) ของดินปลูกยางพาราที่ศึกษา	23
5	ระดับความหนาแน่นรวมของดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (polyculture) แบบมีพืชร่วม (mixed culture) และแบบเชิงเดี่ยว (monoculture) ตามระดับความลึกของดิน	27
6	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวมและปริมาณอินทรียวัตถุของดินปลูกยางพารา ที่ระดับความเชื่อมั่น P<0.01	29
7	ความพรุนรวมของดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (polyculture) แบบมีพืชร่วม (mixed culture) และแบบเชิงเดี่ยว (monoculture) ตามระดับความลึกของดิน	30
8	ความสัมพันธ์ระหว่างความพรุนรวมและความหนาแน่นรวม และปริมาณอินทรียวัตถุของดินปลูกยางพารา ที่ระดับความเชื่อมั่น P<0.01	31
9	สภาพการนำน้ำของดินอิ่มตัวด้วยน้ำของดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (polyculture) แบบมีพืชร่วม (mixed culture) และแบบเชิงเดี่ยว (monoculture) ตามระดับความลึกของดิน	32
10	ขนาดเฉลี่ยของเม็ดดินของดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (polyculture) แบบมีพืชร่วม (mixed culture) และแบบเชิงเดี่ยว (monoculture) ตามระดับความลึกของดิน	33
11	ปริมาณเม็ดดินที่คงทนของดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (polyculture) แบบมีพืชร่วม (mixed culture) และแบบเชิงเดี่ยว (monoculture) ตามระดับความลึกของดิน	34
12	ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเฉลี่ยของเม็ดดินและปริมาณอินทรียวัตถุของดินปลูกยางพารา ที่ระดับความเชื่อมั่น P<0.01	35
13	ความสัมพันธ์ระหว่างความคงทนของเม็ดดินและปริมาณอินทรียวัตถุของดินปลูกยางพารา ที่ระดับความเชื่อมั่น P<0.01	35

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	ปริมาณความชื้นที่ระดับความจุความชื้นสนาม จุดเหี่ยวถาวร และความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (polyculture) แบบมีพืชร่วม (mixed cultured) และแบบเชิงเดี่ยว (monoculture)	37
15	ความสัมพันธ์ระหว่างความจุความชื้นสนามกับอนุภาคทรายแป้ง อนุภาคทราย ความหนาแน่นรวม และปริมาณอินทรียวัตถุของดินปลูกยางพารา ที่ระดับความเชื่อมั่น P<0.01	38
16	ความจุในการกักเก็บน้ำส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้ภายในหน้าตัดดินที่ระดับ 1 เมตร ของดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (polyculture) แบบมีพืชร่วม (mixed cultured) และแบบเชิงเดี่ยว (monoculture)	39
17	ความสัมพันธ์ระหว่างความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้กับความจุความชื้นสนามของดินปลูกยางพารา ที่ระดับความเชื่อมั่น P<0.01	39
18	การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ของสมบัติบางประการของดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (Po1, 2, 3, 4) แบบมีพืชร่วม (Mi1, 2, 3, 4) และแบบเชิงเดี่ยว (Mo1, 2, 3, 4) ใน 4 พื้นที่ ที่ระดับความลึกดิน 0-10 cm (Ap), 10-25 cm (Ap2) และ 25-50 cm (B) ที่ระดับความเชื่อมั่น P<0.05	40
19	ปริมาณความชื้นในสนาม (field moisture) ตามระดับความลึกของดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (polyculture) แบบมีพืชร่วม (mixed culture) และแบบเชิงเดี่ยว (monoculture)	42
20	ความจุการอุ้มน้ำของดินตามระดับความลึก และในหน้าตัดดิน 0-50 ซม. ของดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (polyculture) แบบมีพืชร่วม (mixed culture) และแบบเชิงเดี่ยว (monoculture)	43
21	ความสัมพันธ์ระหว่างความจุการอุ้มน้ำของดินกับความหนาแน่นรวม ปริมาณอินทรียวัตถุ และความพรุนรวมของดินปลูกยางพารา ที่ระดับความเชื่อมั่น P<0.01	44

สารบัญภาคผนวก

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินปลูกยางพาราทั้ง 12 แปลง	62
2	ผลการวิเคราะห์การกระจายของอนุภาคดินของดินปลูกยางพาราทั้ง 12 แปลง	63
3	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดินปลูกยางพาราทั้ง 12 แปลง	64
4	ผลการวิเคราะห์ลักษณะของเม็ดดินของดินปลูกยางพาราทั้ง 12 แปลง	65
5	ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของดินปลูกยางพาราทั้ง 12 แปลง	66
6	เกณฑ์การแบ่งค่าวิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน	67

บทคัดย่อ

คุณภาพดินทางกายภาพโดยเฉพาะในเขตรากพืช มีอิทธิพลมากต่อการให้ผลผลิตของพืชและสุขภาพระบบนิเวศ และมีการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายตามการจัดการดิน การศึกษารูปแบบการจัดการดินในสวนยางพาราต่อตัวชี้วัดคุณภาพดินทางกายภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของรูปแบบการปลูกและการจัดการดินในสวนยางพาราต่อสมบัติดินทางกายภาพและเคมีที่ใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพดินทางกายภาพด้านโครงสร้างและการกักเก็บน้ำของดิน และเพื่อประเมินสภาพกร่อนได้ของดินในสวนยางพารา ทำการศึกษาโดยเก็บดินในแปลงปลูกยางพาราแบบผสมผสานในลักษณะวนเกษตร แบบมีพืชร่วม และแบบเชิงเดี่ยวที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกันในพื้นที่เดียวกัน บันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่และลักษณะของดินในสนาม วิเคราะห์สมบัติดินทางกายภาพและเคมี และประเมินสภาพกร่อนได้ของชั้นผิวหน้าดิน (0-10 เซนติเมตร)

ผลการศึกษา พบว่าพื้นที่ปลูกยางพารามีสภาพภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นแบบลูกคลื่นลอนลาด ดินส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มดินร่วนที่มีเนื้อหยาบ การปลูกยางพาราแบบเชิงเดี่ยวทำให้ชั้นดินล่างมีความหนาแน่นรวมเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับสูง และดินบางพื้นที่มีความหนาแน่นรวม (1.83 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) จนมีสภาพอัดแน่นเกิดขึ้น ส่วนการปลูกยางพาราแบบผสมผสานและแบบมีพืชร่วม ช่วยส่งเสริมความพรุนรวมทั้งในชั้นดินบน (0-25 เซนติเมตร) และดินล่าง (25-50 เซนติเมตร) ซึ่งช่วยรักษาความหนาแน่นรวมของดิน (1.35-1.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ส่งเสริมความสามารถในการเก็บน้ำและเคลื่อนที่ของน้ำในดิน ดินปลูกยางพาราทุกรูปแบบมีปริมาณอินทรียวัตถุ (6.79-15.79 กรัมต่อกิโลกรัม) ความพรุนรวม (ร้อยละ 37-48) สภาพการนำน้ำ (1.12-18.31 เซนติเมตรต่อชั่วโมง) ขนาดเฉลี่ยของเม็ดดิน (1.18-4.35 มิลลิเมตร) ความคงทนของเม็ดดิน (ร้อยละ 74-98) ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ (80-90 มิลลิเมตรต่อเมตร) ความจุการอุ้มน้ำภายในความลึก 50 เซนติเมตร (184-206 มิลลิเมตร) และสภาพกร่อนได้ของชั้นผิวดิน (0.10-0.12) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามดินปลูกยางพาราทุกรูปแบบมีขนาดเม็ดดินอยู่ในช่วงเหมาะสมและมีความคงทนสูง แต่มีสภาพกร่อนได้ของผิวหน้าดินระดับสูง และความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ในหน้าตัดดินระดับต่ำ โดยปริมาณอินทรียวัตถุมีความสัมพันธ์กับสมบัติดินที่ใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพดินทั้งด้านโครงสร้างและการเก็บน้ำ และผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักพบว่าความหนาแน่นรวมมีผลต่อความสามารถในการเก็บน้ำของดิน

ดังนั้นรูปแบบการปลูกยางพารามีผลต่อคุณภาพดินทางกายภาพ การจัดการดินปลูกยางพาราเชิงอนุรักษ์ในลักษณะแบบผสมผสานและแบบมีพืชร่วมช่วยส่งเสริมคุณภาพดินด้านการเก็บน้ำ รวมถึงการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน โดยปริมาณอินทรียวัตถุและความหนาแน่นรวมดินเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมคุณภาพดินทั้งด้านโครงสร้างและการเก็บน้ำของดินร่วนเนื้อหยาบที่ใช้ปลูกยางพาราในเขตที่มีฝนตกชุก

Abstract

Soil physical quality, particularly in the root zone strongly affected the crop production and ecosystem health and it is easy to change by soil managements. The purpose of the study on soil management in rubber tree plantation on physical soil quality indicators was to investigate the effects of rubber growing soil management patterns on soil physical quality indicators in the aspects of structure and water storage and to evaluate the surface soil erodibility. Soils were selected from field of polyculture, mixed culture and monoculture rubber plantations. Study methods included field investigation, soil physical and chemical properties analysis and surface soil (0-10 cm) erodibility evaluation.

Results of the study revealed that most soils occurred in undulating terrain and can be classed as coarse-loamy textured soils. Monoculture rubber plantation significantly increased bulk density in the subsoils (25-50 cm) to a high level and the high bulk density (1.83 g cm^{-3}) of these subsoils in some areas indicated compaction condition. Whereas, polyculture and mixed-culture rubber plantations enhanced soil porosity both topsoils (0-25 cm) and subsoils which maintained their bulk densities (1.35-1.60 g cm^{-3}) at the optimum range for plant growth promoting water storage and movement of soils. Organic matter content (6.79-15.79 g kg^{-1}), total porosity (37-48%), saturated hydraulic conductivity (1.12-18.31 cm hr^{-1}), mean weight diameter (1.18-4.35 mm), aggregate stability (74-98%), available water capacity (80-90 mm m^{-1}), water holding capacity at depth of 0-50 cm (184-206 mm) and surface erodibility (0.10-0.12) did not significantly differ for different rubber plantation patterns. Soils of all rubber plantation patterns had high aggregate stability, high surface erodibility and low available water capacity. Correlation between organic matter content and soil property as indicators of soil structural and soil water storage quality was observed. Principal component analysis indicated that soil water storage was effected by bulk density.

Therefore, polyculture and mixed-culture rubber plantations which is a conservation soil management promoted soil water storage quality. Organic matter and bulk density are important factors controlling physical quality of coarse-loamy textured soils under the tropical monsoonal climate.

บทนำ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศ มีพื้นที่ปลูกมากที่สุดอยู่ในภาคใต้ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555ก) โดยภาคใต้จัดว่ามีพื้นที่ที่มีความเหมาะสมด้านกายภาพต่อการปลูกยางพาราคิดเป็นร้อยละ 90 ของพื้นที่ที่เหมาะสมทั้งประเทศ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543ก) และยางพาราจัดว่าเป็นพืชที่สร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกเป็นอย่างมาก (สถาบันวิจัยยาง, 2555) ทำให้ภาคใต้มีการใช้พื้นที่ในการปลูกยางพาราอย่างเข้มข้นและมีการปลูกอย่างต่อเนื่อง ด้วยสภาพภูมิอากาศที่เด่นเป็นแบบมรสุมเขตร้อน มีฝนตกชุก ส่งผลให้ดินส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ (เอิบ, 2533) และมีการสูญเสียดินหน้าดินเนื่องจากการกร่อน (erosion) โดยน้ำได้สูงเมื่อเทียบกับภาคอื่นๆ ของประเทศ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543ข) การกร่อนดินจึงจัดเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งในพื้นที่เกษตรของภาคใต้ เนื่องจากทำให้สูญเสียธาตุอาหารพืชและอินทรียวัตถุในชั้นดินบน (Zheng-An *et al*., 2010; Kaihura *et al*., 1999) โครงสร้างของดินเสื่อมลง มีผลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำและอากาศในดิน รวมถึงการกักเก็บน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Munodawafa, 2011; Blanco-Canqui *et al*., 2007; Martínez and Zinck, 2004) นอกจากนี้ ในปัจจุบันได้มีการคำนึงถึงความมั่นคงด้านอาหาร (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555ข) เนื่องจากสถานการณ์ความเสื่อมโทรมของดินและต้นทุนปัจจัยการผลิตทางการเกษตรที่สูงขึ้น ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น จะทำให้ในเขตร้อนมีฤดูร้อน (แห้งแล้ง) ยาวนาน การระเหยของน้ำเพิ่มขึ้น และปริมาณน้ำที่กักเก็บในดินลดลง ดังนั้น ปัญหาเหล่านี้จึงมีผลกระทบต่อคุณภาพดินที่ใช้ปลูกยางพาราทั้งด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ซึ่งคุณภาพดินมีอิทธิพลโดยตรงต่อผลิตภาพดิน (Gregorich and Carter, 1997) หรือความสามารถในการให้ผลผลิตของดินที่ปลูกยางพาราและความยั่งยืนของการใช้ที่ดินเพื่อปลูกยางพารา

อย่างไรก็ตาม การกร่อนดินในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน ขึ้นกับความคงทนของดินต่อการถูกกร่อนซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะและสมบัติของดิน ที่สำคัญได้แก่ เนื้อดิน โครงสร้างดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ และสภาพให้ซึมได้ของดิน (Blanco and Lal, 2008) โดยสมบัติดินดังกล่าวสามารถเปลี่ยนแปลงได้ง่ายตามการใช้และการจัดการดินในแต่ละช่วงเวลาและสภาพพื้นที่ (Fuentes *et al*., 2009) การปลูกยางพาราของภาคใต้มีทั้งปลูกแบบยางพาราเชิงเดี่ยวและปลูกยางพาราร่วมกับพืชชนิดอื่นในลักษณะของพืชคลุมดิน พืชแซม และพืชร่วมที่เป็นไม้ผลและไม้ยืนต้น (วนเกษตร) (นุชนารถ และคณะ, 2556; นุชนารถ, 2552; สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน, 2548) ร่วมกับมีการจัดการดินที่แตกต่างกันเพื่อมุ่งเน้นให้ได้ผลผลิตต่อพื้นที่สูงขึ้น รูปแบบการปลูกและการจัดการดินในสวนยางพารามีผลต่อสมบัติของดิน โดยมีรายงานว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพป่าเป็นพื้นที่เพื่อปลูกยางพารามีผลทำให้ลักษณะการเคลื่อนที่ของน้ำเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณและขนาดของช่องว่างในดิน ส่งผลให้ดินเก็บกักน้ำได้น้อยและระบายน้ำได้ช้าลง (สามัคคี และชัยวัฒน์, 2532) เมื่อมีการใช้

ดินเพื่อปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวติดต่อกันเป็นเวลานานทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนและโพแทสเซียมในดินลดลงโดยเฉพาะในชั้นดินบน แต่ทำให้ฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้น (Karthikakuttyamma *et al*., 1998) อย่างไรก็ตามหากมีการจัดการพืชปกคลุมในสวนยางพาราที่ปลูกต่อเนื่อง สามารถทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุ และไนโตรเจนในดินเพิ่มขึ้น (Njar *et al*., 2011) ดังนั้นดินที่มีการปลูกยางพาราอย่างต่อเนื่องและมีการใช้จัดการดินที่ไม่เหมาะสม ทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุและความหลายหลายทางชีวภาพลดลง (Cheng *et al*., 2007; Zhang *et al*., 2007) ส่งผลต่อโครงสร้างดินและการกักเก็บน้ำ เมื่อสมบัติทางกายภาพของดินไม่เหมาะสมจึงส่งเสริมให้ผิวหน้าดินถูกกร่อนได้ง่ายและมากขึ้น (Silva *et al*., 2011; Fuentes *et al*., 2009; Shrestha *et al*., 2007; Kaihura *et al*., 1999)

ดินในพื้นที่ภาคใต้มีความเหมาะสมสำหรับปลูกยางพาราอยู่อย่างจำกัดและทั้งหมดอยู่ในพื้นที่ดอนซึ่งมีสภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงลูกคลื่นลอนชัน และความลาดเทตั้งแต่ต่ำถึงสูง (จำเป็น และคณะ, 2556; นุชนารถ, 2547) ซึ่งส่งเสริมให้หน้าดินถูกกร่อนไปได้มาก ความคงทนของดินต่อการถูกกร่อนถือเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญของคุณภาพดินทางกายภาพ (Blanco and Lal, 2008) ซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยที่ชี้วัดความยั่งยืนในการให้ผลผลิตของดินในด้านความคงทนของดินต่อการถูกกร่อน การรักษาปริมาณธาตุอาหาร และน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Gregorich and Carter, 1997) อย่างไรก็ตาม ข้อมูลในด้านรูปแบบการปลูกและการจัดการดินในสวนยางพาราที่มีผลต่อคุณภาพดินทางกายภาพ ในแง่ของการรักษาหรือส่งเสริมโครงสร้างดินให้มีความคงทนต่อการถูกกร่อนและความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน ภายใต้สภาพแวดล้อมแบบมรสุมเขตร้อนของภาคใต้ยังไม่มีการศึกษา ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาถึงวิธีการจัดการดินในสวนยางพาราที่มีผลต่อตัวชี้วัดคุณภาพดินทางกายภาพ เพื่อเป็นแนวทางในจัดการดินปลูกยางพาราในพื้นที่ภาคใต้ ให้มีความคงทนต่อการถูกกร่อนและความชื้นในดินเพียงพอ โดยเฉพาะในเขตพื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกยางพาราให้มีความยั่งยืนมากขึ้น และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปกำหนดเป็นมาตรการการใช้และจัดการดินสำหรับยางพาราที่ถูกต้องตามหลักการอนุรักษ์ดินและน้ำสำหรับภาคใต้ ซึ่งทำให้ลดการสูญเสียธาตุอาหารพืชและเพิ่มความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินช่วงฤดูร้อนหรือฝนทิ้งช่วง ช่วยลดต้นทุนการผลิต ทำให้เกษตรกรชาวสวนยางมีรายได้และความมั่นคงในอาชีพการทำสวนยางมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลของรูปแบบการปลูกและการจัดการดินในสวนยางพาราต่อสมบัติดินทางกายภาพและเคมีที่ใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพดินทางกายภาพด้านโครงสร้างและการเก็บน้ำของดิน
2. เพื่อประเมินสภาพกร่อนได้ของดินในสวนยางพารารูปแบบต่าง ๆ

การตรวจเอกสาร

ความสำคัญของยางพารา

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย และเป็นพืชพรรณทางการเกษตรที่มีมูลค่าส่งออกเป็นอันดับหนึ่งของประเทศในปี 2555 เมื่อเทียบกับพืชพรรณชนิดอื่น โดยมีมูลค่าส่งออก 3.26 แสนล้านบาท ในขณะที่ข้าวและปาล์มน้ำมันมีมูลค่าส่งออกเป็น 1.43 แสนล้านบาท และ 5.88 พันล้านบาท ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555ก) ประเทศไทยจัดเป็นผู้ผลิตยางธรรมชาติได้มากและส่งออกยางธรรมชาติมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่งของโลก รองลงมาเป็นประเทศอินโดนีเซีย โดยในรอบ 5 ปีที่ผ่านมา ปริมาณการใช้ยางธรรมชาติของโลกขยายตัวเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 2.1 ต่อปี (สถาบันวิจัยยาง, 2555) ขณะที่พื้นที่ปลูกยางพาราของประเทศมีอยู่จำกัดและเป็นอันดับ 2 ของโลก รองจากประเทศอินโดนีเซีย ในปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางพารา 19.27 ล้านไร่ โดยภาคใต้มีพื้นที่ปลูกยางพารามากที่สุดถึง 12.19 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555ก) เนื่องจากภาคใต้มีพื้นที่ที่มีความเหมาะสมด้านกายภาพต่อการปลูกยางพาราซึ่งคิดเป็นร้อยละ 90 ของพื้นที่ที่เหมาะสมทั้งประเทศ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543ก) ทำให้ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สร้างรายได้ให้เกษตรกรผู้ปลูกเป็นอย่างมากในภาคใต้ ทั้งนี้การผลิตยางของเกษตรกรไทยมีผลผลิตต่อไร่สูงกว่าประเทศอินโดนีเซียและอีกหลายประเทศ (นุชนารถ, 2552) ดังนั้นเพื่อรักษาความเป็นผู้นำด้านการผลิตและส่งออกยางธรรมชาติของโลก จึงจำเป็นต้องมุ่งเน้นการพัฒนาศักยภาพการผลิตซึ่งส่วนหนึ่งเป็นเรื่องของการจัดการดินปลูกยางพาราให้เหมาะสมกับพื้นที่และมีคุณภาพดินดี เพื่อเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ ลดต้นทุนการผลิต ขณะเดียวกันยังคงรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมในพื้นที่และบริเวณใกล้เคียงไว้ได้ เพื่อให้เกิดความยั่งยืนของการผลิตยางพารา

ดินปลูกยางพาราในประเทศไทย

สภาพแวดล้อมของประเทศไทยมีความเหมาะสมต่อการปลูกยางพาราโดยเฉพาะในภาคใต้และบางจังหวัดของภาคตะวันออกซึ่งเป็นแหล่งปลูกยางเดิม ต่อมามีการขยายพื้นที่ปลูกไปยังภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือแต่มีข้อจำกัดด้านความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปริมาณและการกระจายของฝน และบางบริเวณเป็นพื้นที่สูง อย่างไรก็ตาม ยางพาราสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี ทำให้สามารถปลูกได้เกือบทุกภาคของประเทศ (สถาบันวิจัยยาง, 2555) พื้นที่ปลูกยางพาราส่วนใหญ่ของประเทศไทยเป็นที่ดอน สภาพพื้นที่โดยทั่วไปเป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงลอนชัน มีความลาดเทร้อยละ 3-35 (นุชนารถ, 2555)

ดินที่ใช้ปลูกยางพาราของทุกภาคในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นดินอันดับอัลทิซอลส์ และบางส่วนเป็นดินอันดับออกซิซอลส์ แอลฟิซอลส์ เวอร์ทิซอลส์ และเอ็นทิซอลส์ (นุชนารถ และคณะ, 2556; วุฒิชาติ, 2550) โดยในภาคใต้พบว่าดินที่ใช้ปลูกยางพาราร้อยละ 90 เป็นดินอับดับอัลทิซอลส์

ทั้งในที่ดอนและที่ลุ่ม และส่วนที่เหลือเป็นดินอันดับเอ็นทิซอลส์และออกซิซอลส์ในที่ดอน สำหรับดินที่ดอนของภาคใต้ที่ใช้ปลูกยางพารามีสภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงลอนชัน มีความลาดชันตั้งแต่ร้อยละ 1-35 มีการไหลบ่าของน้ำผิวหน้าดินอยู่ในระดับปานกลางถึงเร็ว และการซึมผ่านได้ของน้ำอยู่ในระดับช้าถึงเร็ว (วุฒิชาติ, 2550) โดยส่วนใหญ่เป็นชุดดินท่าแซะ คอหงส์ ภูเก็ต พะโต๊ะ ระนอง คลองท่อม ลำภูรา กระบี่ คลองเต็ง และชุดดินนาท่าม (นุชนารถ และคณะ, 2556; วุฒิชาติ, 2550) ซึ่งชุดดินเหล่านี้ส่วนใหญ่มีความเหมาะสมในระดับดีสำหรับปลูกพืชเศรษฐกิจรวมถึงยางพารา มีข้อจำกัดเพียงความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ (วุฒิชาติ, 2550) สอดคล้องกับการรายงานของ จำเป็น และคณะ (2556) ได้ทำการศึกษาดินที่ใช้ปลูกยางพาราในที่ดอนบริเวณจังหวัดสงขลา ในขณะที่ดินปลูกยางพาราในอำเภอพระยืน จังหวัดขอนแก่น ส่วนใหญ่มีความเหมาะสมในระดับต่ำ มีข้อจำกัดหลักคือเนื้อดินทราย ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และการกร่อนดินรุนแรง (ศรัทธา และคณะ, 2552)

จากการสำรวจดินปลูกยางพารารายภาคของประเทศไทยสำหรับการจัดการธาตุอาหารพืช โดยสถาบันวิจัยยาง พบว่า สามารถจำแนกดินปลูกยางพาราได้ 35 ชุดดิน (นุชนารถ และคณะ, 2556) ในขณะที่ข้อมูลสำรวจดินของภาคใต้โดยกรมพัฒนาที่ดิน พบว่า ชุดดินที่มีการใช้ประโยชน์เพื่อปลูกยางพาราของภาคใต้มีไม่น้อยกว่า 55 ชุดดิน (วุฒิชาติ, 2550) ดังนั้นลักษณะและสมบัติของดินปลูกยางพาราในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทยจึงแตกต่างกันตามสภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศ วัตถุต้นกำเนิดดิน และลักษณะการใช้ที่ดินและการจัดการดิน

1. สมบัติทางกายภาพของดิน

สมบัติทางกายภาพของดินมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของยางพารา เนื่องจากมีอิทธิพลโดยตรงต่อการเคลื่อนที่ของน้ำและอากาศในดินซึ่งส่งผลการกักเก็บน้ำที่เป็นประโยชน์ และรักษาธาตุอาหารไว้ในดิน ตลอดจนกิจกรรมทางชีวภาพ (Brady and Weil, 2008) ดินที่ใช้ปลูกยางพาราในประเทศไทย พบว่า มีเนื้อดินแตกต่างกันตั้งแต่ดินกลุ่มเนื้อหยาบถึงกลุ่มเนื้อละเอียด (จำเป็น และคณะ, 2556; นุชนารถ และคณะ, 2556; ศรัทธา และคณะ, 2552; Trakooyingcharoen *et al*., 2012) ส่งผลต่อความหนาแน่นรวมของดินที่ต่างกัน โดยความหนาแน่นรวมของดินบนพบได้ตั้งแต่ 0.9-2.2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งจัดอยู่ในระดับต่ำถึงสูงมาก (นุชนารถ และคณะ, 2556; Saengruksawong *et al*., 2012; Trakooyingcharoen *et al*., 2012) ความหนาแน่นรวมสูงสุดพบในดินอันดับอัลทิซอลส์ ที่เป็นดินร่วนเหนียวปนทรายมีกรวดปน (ชุดดินโพนพิสัย) (นุชนารถ และคณะ, 2556) ในขณะที่ค่าความหนาแน่นรวมต่ำสุดพบในดินอันดับออกซิซอลส์ที่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (Trakooyingcharoen *et al*., 2012) สอดคล้องกับการศึกษาดินปลูกยางพาราของ Darunsontaya (2011) อย่างไรก็ตาม ดินปลูกยางพาราส่วนใหญ่มีความหนาแน่นรวมสูงกว่าค่าที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช (1.3 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) ซึ่งเป็นค่าที่ถือว่ามีปริมาณและขนาดของช่องว่างพอเหมาะสำหรับการระบายน้ำและเคลื่อนที่ของอากาศ และกักเก็บน้ำที่เป็นประโยชน์ในดิน (Brady and Weil, 2008) ดินที่มีความหนาแน่นรวมสูงกว่า 1.3 กรัมต่อ

ลูกบาศก์เซนติเมตร พบว่า มีความชื้นในดินน้อยกว่าร้อยละ 30 และร้อยละ 67 ของดินที่ใช้ปลูกยางพาราของประเทศไทย มีปริมาณความชื้นในดินบนอยู่ในระดับต่ำ (ต่ำกว่าร้อยละ 15) โดยเฉพาะในภาคใต้ มีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 5.2-25.6 ซึ่งต่ำสุดเมื่อเทียบกับภาคอื่น ๆ และในชุดดินคอหงส์ซึ่งเป็นตัวแทนส่วนใหญ่ของดินที่ใช้ปลูกยางพาราของภาคใต้มีความชื้นในดินบนต่ำ อยู่ในช่วงร้อยละ 7.6-14.7 (นุชนารถ และคณะ, 2556) สำหรับความคงทนของเม็ดดิน ซึ่งเป็นดัชนีชี้ถึงความยากง่ายต่อการเกิดการแน่นทึบและถูกกร่อนของผิวหน้าดิน (Blanco and Lal, 2008) ในดินปลูกยางพาราของประเทศไทย พบว่ามีการศึกษาในดินอันดับออกซิซอลส์ โดยมีรายงานว่า บริเวณผิวดินที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร มีปริมาณเม็ดดินที่คงทน (ในน้ำ) ร้อยละ 89 ซึ่งจัดว่าอยู่ในระดับสูง โดยร้อยละ 82 ของเม็ดดินที่คงทน เป็นเม็ดดินขนาดใหญ่ (ขนาด > 0.25 มิลลิเมตร) แต่มีขนาดเฉลี่ยของเม็ดดินในชั้นนี้เท่ากับ 1.31 มิลลิเมตร ซึ่งถือว่ามีขนาดเล็กกว่าขนาดเม็ดดินที่เหมาะสมกับการเกษตร (ขนาด 2-5 มม.) (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ในขณะที่ดินล่าง (5-20 เซนติมตร) มีปริมาณเม็ดดินที่คงทนใกล้เคียงดินบน แต่การกระจายของเม็ดดินขนาดใหญ่ลดลง มีเม็ดดินขนาดเล็กเพิ่มขึ้น ทำให้ขนาดเฉลี่ยของเม็ดดินในชั้นนี้ลดลงด้วย (1.04 มิลลิเมตร) โดยปริมาณอินทรียวัตถุและเหล็กออกไซด์มีความสัมพันธ์สูงกับความแข็งแรงของเม็ดดินในดินดังกล่าว (Trakooyingcharoen *et al*., 2012)

2. สมบัติทางเคมีของดิน

สมบัติทางเคมีของดินมีผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดินที่ใช้ปลูกยางพาราในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำทั้งที่ลุ่มและที่ดอน ผลการสำรวจข้อมูลดินที่ใช้ปลูกยางพาราระดับภาคของประเทศไทย พบว่า ดินส่วนใหญ่ของทุกภาคยกเว้นภาคเหนือ มีค่า pH ไม่เหมาะสม (ต่ำกว่า 4.5 และมากกว่า 5.5) สำหรับยางพาราโดยเฉพาะในภาคใต้มีดินร้อยละ 81 มีค่า pH ต่ำกว่า 4.5 แต่พบว่าดินส่วนใหญ่มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับเหมาะสม (ร้อยละ 1-2.5) โดยภาคเหนือและภาคตะวันออกมีแนวโน้มปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ (นุชนารถ และคณะ, 2556) สอดคล้องกับ Darunsontaya (2011) ที่พบว่าดินที่ใช้ปลูกยางพารามีปริมาณอินทรียวัตถุในชั้นดินบนอยู่ในระดับเหมาะสมโดยดินภาคตะวันออกมีค่าในช่วงร้อยละ 1.7-5.1 ซึ่งสูงกว่าดินภาคใต้ที่พบในช่วงร้อยละ 1.0-1.3 นอกจากนี้ มีรายงานว่าดินปลูกยางพาราในจังหวัดสงขลา มีปริมาณอินทรียวัตถุในชั้นดินบนอยู่ในระดับเหมาะสม (ร้อยละ 0.9-1.3) (จักรกฤษณ์ และคณะ, 2556) แต่ในบางบริเวณ พบว่ามีค่าต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (สิทธิชัย และคณะ, 2556) ส่วนพื้นที่ปลูกยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในอำเภอพระยืน จังหวัดขอนแก่น พบว่า ดินมีอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำตลอดหน้าตัดดิน (ศรัทธา และคณะ, 2552) แต่ในอำเภอโพนพิสัย จังหวัดหนองคาย พบว่าในชั้นดินบนมีอินทรียวัตถุอยู่ในระดับเหมาะสม แต่ต่ำในชั้นดินล่าง (Saengruksawong *et al*., 2012) เมื่อพิจารณาด้านความอุดมสมบูรณ์ของดิน พบว่า ดินปลูกยางพาราของภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำกว่าภาคตะวันออก

และภาคเหนือ (นุชนารถ และคณะ, 2556) สอดคล้องกับระดับธาตุอาหารในชุดดินกบินทร์บุรีซึ่งเป็นตัวแทนของดินภาคตะวันออกที่สูงกว่าชุดดินโคราชซึ่งเป็นตัวแทนของดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (พิเชษฐ และคณะ, 2547) และดินปลูกยางพาราในจังหวัดสงขลาซึ่งพบว่ามีไนโตรเจนทั้งหมด 0.47-0.79 กรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 8-15 และ 29-40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (จักรฤษณ์ และคณะ, 2556) โดยธาตุเหล่านี้มีระดับต่ำกว่าระดับเหมาะสม (ไนโตรเจนทั้งหมด 1.1-2.5 กรัมต่อกิโลกรัม, ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 11-30 และ 40-60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สำหรับยางพาราตามสถาบันวิจัยยาง เช่นเดียวกับดินปลูกยางพาราในจังหวัดขอนแก่น (ศรัทธา และคณะ, 2552) และในชุดดินโพนพิสัยในจังหวัดหนองคาย ยกเว้นโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ที่มีปริมาณมากกว่าระดับที่เหมาะสม (> 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (Saengruksawong *et al*., 2012)

จากสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของดิน จะเห็นได้ว่า ดินปลูกยางพาราส่วนใหญ่ในประเทศไทย มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีเนื้อดินตั้งแต่กลุ่มเนื้อหยาบถึงเนื้อละเอียด ชั้นดินบนมีลักษณะแน่นทึบ มีความพรุนน้อย และมีปริมาณความชื้นอยู่ในระดับต่ำ ลักษณะดังกล่าวนี้ส่วนหนึ่งเป็นผลจากลักษณะธรรมชาติของเนื้อดิน และส่วนหนึ่งเป็นผลจากโครงสร้างของดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) โดยเฉพาะในชั้นดินบนที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ง่ายเนื่องมาจากการใช้และการจัดการดิน (Fuentes *et al*., 2009) ถึงแม้ว่าชั้นดินบนส่วนใหญ่ของดินปลูกยางพารามีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับยางพารา และอินทรียวัตถุมีบทบาทสำคัญต่อสมบัติทางกายภาพของดินโดยเฉพาะเป็นสารเชื่อมอนุภาคดิน ก่อให้เกิดเป็นโครงสร้างดินที่ดีสามารถดูดซับน้ำไว้ได้มาก ขณะเดียวกันทำให้ดินมีสภาพร่วนซุย มีการซาบซึมน้ำและการระบายอากาศดี และเม็ดดินคงทนต่อการสลาย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) นั้น แต่ระดับดังกล่าวอาจไม่เพียงพอสำหรับส่งเสริมให้เกิดเป็นโครงสร้างดินที่ดี มีเม็ดดินที่คงทนในขนาดที่เหมาะสม โดยมีรายงานว่า ชั้นดินบน (0-20 เซนติเมตร) ที่พบเม็ดดินขนาดใหญ่ที่คงทนในปริมาณมากกว่าร้อยละ 50 จะมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินตั้งแต่ร้อยละ 2.0 และดินที่มีเม็ดดินขนาดใหญ่ที่คงทนปริมาณร้อยละ 80 จะสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุในดินตั้งแต่ร้อยละ 2.3 (Zhang *et al*., 2008) สอดคล้องกับ Shrestha คณะ (2007) ที่พบว่าในดิน (0-20 เซนติเมตร) ที่มีปริมาณเม็ดดินที่คงทนตั้งแต่ร้อยละ 70-96 จะมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ในช่วงร้อยละ 2.2-3.2 โดยมีขนาดเฉลี่ยของเม็ดดินตั้งแต่ 2.5-3.3 มิลลิเมตร

ดังนั้นหากดินที่ใช้ปลูกยางพารามีโครงสร้างที่ดีและคงทน โดยมีปริมาณเม็ดดินที่คงทนในขนาดที่เหมาะสมอยู่สูงโดยเฉพาะบริเวณชั้นดินบน ทำให้ดินมีการซาบซึมน้ำและการระบายอากาศดี เก็บกักน้ำส่วนที่เป็นประโยชน์ให้พืชได้นานขึ้นโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง และระบายน้ำออกจากเขตรากพืชได้เร็วขึ้นในช่วงฤดูฝน ทั้งนี้รูปแบบการใช้และจัดการดินมีบทบาทสำคัญมากต่อการเพิ่มหรือลดหรือส่งเสริมโครงสร้างดินที่ดีและคงทนซึ่งถือเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญของคุณภาพดินทางกายภาพ (Blanco and Lal, 2008)

รูปแบบการปลูกและจัดการสวนยางพาราเพื่ออนุรักษ์ดินและน้ำในประเทศไทย

การปลูกยางพาราในประเทศไทยโดยทั่วไปอาจแบ่งได้ 2 แบบ คือสวนยางพาราแบบเชิงเดี่ยวซึ่งมีการปลูกยางพาราเพียงอย่างเดียว และแบบอนุรักษ์โดยมีการปลูกพืชร่วมกับยางพาราในลักษณะของพืชคลุมดิน พืชแซม และพืชร่วมที่เป็นไม้ผลและไม้ยืนต้น (วนเกษตร) (นุชนารถ และคณะ , 2556; นุชนารถ, 2552; สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน, 2548) การจัดการสวนยางของเกษตรกร พบว่า สวนยางพาราร้อยละ 96 ไม่มีการปลูกพืชคลุมดิน การใช้ประโยชน์พื้นที่ระหว่างแถวยางพารา ร้อยละ 59.5 ของสวนยางพารา ไม่ปลูกพืชแซมยาง สวนยางพาราที่ปลูกพืชแซมพบมากในภาคเหนือและภาคใต้ (นุชนารถ และคณะ, 2556)

การปลูกยางพาราแบบเชิงเดี่ยวติดต่อกันเป็นเวลานานทำให้ปริมาณธาตุอาหารและอินทรียวัตถุในดินลดลง โดยมีรายงานว่า ในชุดดินโพนพิสัยที่ใช้ปลูกยางพาราต่อเนื่องเป็นเวลา 20 ปี ทำให้ปริมาณอินทรียัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และความอิ่มตัวเบสของชั้นดินบนลดลงเหลือ 15 กรัมต่อกิโลกรัม, 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, 3.6 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และร้อยละ 25 เทียบกับเมื่อปลูกยางพารา 1 ปี มีอยู่ 46 กรัมต่อกิโลกรัม, 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, 7.6 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และร้อยละ 51 ตามลำดับ ยกเว้นโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินบนที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น (Saengruksawong *et al*., 2012) ซึ่งสอดคล้องกับพื้นที่ปลูกยางพาราในหลายประเทศ หากปลูกยางพาราติดต่อกันหลายปีหรือหลายรอบ ทำให้ธาตุอาหารและอินทรียวัตถุในดินลดลง (Cheng *et al*., 2007; Zhang *et al*., 2007; Karthikakuttyamma *et al*., 1998) แต่พบว่าหากมีการจัดการพืชคลุมในสวนยางพาราที่ปลูกต่อเนื่อง สามารถทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุ และไนโตรเจนในดินเพิ่มขึ้น (Njar *et al*., 2011)

การปลูกยางพาราแบบอนุรักษ์ โดยมีการปลูกยางพาราร่วมกับพืชอื่นซึ่งเป็นการเพิ่มสิ่งปกคลุมผิวหน้าดินในสวนยางพารา โดยพืชร่วมมีการปลูกในลักษณะของพืชคลุมดิน พืชแซมระหว่างแถวยาง และพืชร่วมที่เป็นไม้ผลและไม้ยืนต้น (วนเกษตร) พืชคลุมที่แนะนำปลูกในสวนยางพารามี 4 ชนิด คือ คาโลโปโกเนียม เซนโตรซีมา เพอราเรีย และซีรูเลียม (นุชนารถ, 2552) พืชแซมควรเป็นพืชล้มลุกหรืออายุสั้นซึ่งปลูกในขณะที่ยางพาราอายุไม่เกิน 3 ปี พืชที่แนะนำได้แก่ สับปะรด กล้วย ข้าวโพด พืชผัก เป็นต้น แต่เมื่อต้นยางพาราอายุเกิน 3 ปี พืชร่วมที่ปลูกโดยอาศัยร่มเงาของต้นยางพาราในการเจริญเติบโตและผลผลิตได้ เช่น ผักเหมียง กระวาน พืชสกุลระกำ หวายตะค้าทอง หวายกินหน่อ และไม้ผลพื้นเมืองบางชนิด เช่น ละไม และลองกอง (นุชนารถ, 2552; สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน, 2548) สำหรับลองกองมีรายงานว่าการปลูกร่วมกับยางพาราในระยะปลูกปกติโดยปลูกหลังจากปลูกยางพาราไประยะหนึ่ง (10 ปี) ไม่กระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของยางพารา แต่มีแนวโน้มส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของลองกอง (ปฏิญญา และคณะ, 2553) การปลูกยางพาราแบบวนเกษตร จะเป็นการปลูกยางพาราร่วมกับไม้ยืนต้นและ/ หรือไม้ชั้นล่างที่ไม่ต้องการแสงแดดมาก หรืออยู่ใต้ร่มเงา (Blanco and Lal, 2008) ไม้ยืนต้นที่แนะนำมีทั้งไม้โตเร็วและ

โตช้า ได้แก่ กระถินเทพา กระถินณรงค์ สะเดา พะยอม เคี่ยม ตะเคียนทอง ยางนา ตำเสา และประดู่ป่า เป็นต้น (สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน, 2548)

การปลูกยางพาราร่วมกับพืชในลักษณะต่าง ๆ ทำให้มีใบพืชปกคลุมผิวหน้าดิน ช่วยลดแรงกระแทกของน้ำฝนที่มีต่อเม็ดดิน ทำให้ช่วยลดการสูญเสียดินจากการกร่อน พืชคลุมดินและเศษซากพืชเมื่อย่อยสลายจะช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุและธาตุอาหารพืชให้กับดินซึ่งมีปริมาณแตกต่างกันตามชนิดพืชที่ปลูกร่วม โดยมีรายงานว่า การปลูกพืชคลุมดินในสวนยางพารา ระหว่างการปลูกพืชคลุมเพอราเรีย หรือซีรูเลียมอย่างเดียว และการปลูกพืชคลุมทั้ง 2 ชนิดผสมกัน ในระยะเวลา 5 ปี พบว่า การปลูกพืชคลุมซีรูเลียมอย่างเดียว มีปริมาณอินทรียวัตถุจากเศษซากพืชคลุมสูงประมาณ 3.48 ตันต่อไร่ และมีปริมาณธาตุอาหารที่คืนให้แก่ดิน ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และแคลเซียม เท่ากับ 81.0, 5.9, 24.8, 8.6 และ 63.6 กิโลกรัมต่อไร่ (สถาบันวิจัยยาง, 2556) การปลูกพืชคลุมดินซีรูเลียมและพืชตระกลูถั่วที่เป็นพืชคลุมดินธรรมชาติจะให้อินทรียวัตถุและธาตุอาหารในดินสูงกว่าการปลูกพืชแซมระหว่างแถวยางพารา (นุชนารถ และคณะ, 2540) พืชคลุมดินจัดเป็นแหล่งอินทรียวัตถุที่สำคัญของยางพารา (นุชนารถ, 2552) สวนยางพาราในภาคใต้ที่ปลูกแบบวนเกษตรจะมีปริมาณการร่วงหล่นของเศษซากพืช (3,513 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี) มากกว่าสวนยางพาราแบบเชิงเดี่ยว (2,077 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี) และมีปริมาณธาตุโพแทสเซียมและฟอสฟอรัส และอินทรียวัตถุสะสมในดินสูงกว่า และพบว่าสวนยางพาราแบบวนเกษตรช่วยลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์เหนือพื้นดินในช่วงฤดูร้อนได้ประมาณ 8 องศาเซลเซียส และร้อยละ 30 ตามลำดับเทียบกับสวนยางพาราแบบเชิงเดี่ยว (สาระ และคณะ, 2555 อ้างโดย โครงการร่วมอนุรักษ์เขาคอหงส์และหน่วยวิจัยสังคมศาสตร์เพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม, 2555) เช่นเดียวกับการศึกษาของ อรรณพ และคณะ (2555) พบว่าระบบวนเกษตรส่งผลให้มีการสะสมของคาร์บอนและไนโตรเจนทั้งหมดในดินและเกิดเม็ดดินขนาดใหญ่สูงสุดเมื่อเทียบกับระบบปลูกพืชเชิงเดี่ยว และพบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเม็ดดินถูกสะสมสูงสุดในเม็ดดินขนาด 1-2 มิลลิเมตร

นอกจากนี้ยังมีการจัดการดินวิธีอื่นร่วมด้วย คือ การจัดการดินโดยใช้วัสดุคลุมดินซึ่งเป็นเศษซากพืชหรือสิ่งที่เหลือใช้ในการเกษตรปกคลุมโคนต้นหรือระหว่างแถวยางพารา (นุชนารถ, 2552) เพื่อลดการระเหยของน้ำ ช่วยรักษาความชื้นในดินในช่วงหน้าแล้ง และวัสดุคลุมดินยังช่วยเพิ่มปริมาณน้ำที่แทรกซึมลงดิน (Montenegro *et al*., 2013) การจัดการดินโดยไถพรวนดินให้ร่วนซุยในช่วงที่ต้นยางพาราอายุ 1-2 ปี จะช่วยลดการระเหยของน้ำบริเวณผิวดินได้หากมีการไถพรวนถูกต้อง ด้วยการไถในขณะที่ดินมีความชื้นปานกลาง ไถตื้นหรือไถ 7 จาน ห่างจากแถวยางพาราไม่น้อยกว่า 1 เมตร ไม่ควรไถพรวนเมื่อยางพาราเปิดกรีดแล้วเพราะทำให้ต้นยางพาราแสดงอาการเปลือกแห้งสูงกว่าการไม่ไถพรวนดิน (นุชนารถ, 2552) และการจัดการดินโดยการใส่ปุ๋ยเป็นวิธีหนึ่งในการอนุรักษ์ดินในด้านการจัดการธาตุอาหารพืช (สมเจตน์, 2526) ความอุดมสมบูรณ์ของดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณดินที่ถูกกร่อน เนื่องจากดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงจะส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชให้ขึ้นปกคลุมดินได้ดี

และมีสภาพทางกายภาพของดินเหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืชซึ่งช่วยเพิ่มการซาบซึมน้ำของดิน จึงช่วยลดการกร่อนดิน (Peterson, 1964 อ้างโดย สมเจตน์, 2526) การใช้ปุ๋ยในสวนยางพาราของเกษตรกรไทย พบว่า มีค่าใช้จ่ายในการใส่ปุ๋ย (ค่าปุ๋ยและค่าแรง) ค่อนข้างสูง ประมาณร้อยละ 40 ของต้นทุนการผลิต (นุชนารถ, 2552) และเกษตรกรส่วนใหญ่ใส่ปุ๋ยให้กับต้นยางพาราในอัตราที่ต่ำกว่าปริมาณธาตุอาหารที่สถาบันวิจัยยางแนะนำ (นุชนารถ และคณะ, 2556) และมีการใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำของร้านค้า ตัวแทนจำหน่าย และเพื่อนบ้าน ไม่ได้ใช้ปุ๋ยตามหลักวิชาการ (นิลุบล, 2552) แต่มีรายงานว่า เกษตรในจังหวัดสงขลาที่ปลูกยางพาราในที่ดอนใช้ปุ๋ยตามหลักวิชาการมากกว่าในที่ลุ่มซึ่งมักใช้ตามคำแนะนำของเพื่อนบ้าน และส่วนใหญ่ใช้ปุ๋ยเคมี (หทัยกานต์ และคณะ, 2556) การจัดการธาตุอาหารพืชในดินให้เพียงพอกับความต้องการของยางพาราถือเป็นสิ่งที่จำเป็นเนื่องจากช่วยให้ต้นยางพาราเจริญเติบโตดี (นุชนารถ และคณะ, 2556) เปิดกรีดได้เร็วขึ้น (สิทธิชัย และคณะ, 2556) และผลผลิตต่อพื้นที่เพิ่มขึ้น (Nageswara and Jessy, 2007; Lalani, 2000)

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การปลูกยางพาราของประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นสวนยางพาราเชิงเดี่ยว และการจัดการดินในสวนยางพารามีความแตกต่างกัน มีผลให้ดินมีสมบัติแตกต่างกันโดยเฉพาะปริมาณอินทรียวัตถุในดินซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อโครงสร้างและสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ ดินที่ใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพของดินทางกายภาพ

ตัวชี้วัดคุณภาพดินทางกายภาพ

คุณภาพดินในแง่ของการผลิตพืชทางการเกษตร คือ ความสามารถของดินในการทำหน้าที่เพื่อให้พืชเจริญเติบโตโดยไม่ทำให้เกิดการเสื่อมโทรมของดินหรือเกิดความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม (Gregorich and Acton, 1995 อ้างโดย Gregorich and Carter, 1997) คุณภาพดินประเมินได้จากตัวชี้วัดซึ่งเป็นสมบัติของดินทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ที่ง่ายต่อการเปลี่ยนแปลงเนื่องมาจากการใช้และการจัดการดินในแต่ละช่วงเวลาและพื้นที่ (Blanco and Lal, 2008) ตัวชี้วัดคุณภาพดินจึงมีความสำคัญในด้านการอนุรักษ์เพื่อรักษาและปรับปรุงสภาพของดิน การประเมินวิธีและเทคนิคที่ใช้ในการจัดการดิน และการใช้เป็นแนวทางเพื่อตัดสินใจในการจัดการดิน (USDA, 1996)

ตัวชี้วัดคุณภาพดินทางกายภาพซึ่งเป็นสมบัติทางกายภาพของดินโดยเฉพาะในเขตรากพืช มีผลกระทบอย่างมากต่อการผลิตพืชและคุณภาพของระบบนิเวศ เนื่องจากเกี่ยวข้องกับโครงสร้างของดินซึ่งมีอิทธิพลและควบคุมการกักเก็บน้ำและส่งผ่าน การถ่ายเทอากาศ และความแข็งแรงของดิน (Gregorich and Carter, 1997) สมบัติดินที่มีผลต่อการผลิตพืชเกษตรและใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพดินด้านกายภาพที่สำคัญได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ ความหนาแน่นรวม ความพรุน สภาพนำน้ำของดิน ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ ขนาดและความคงทนของเม็ดดิน (Fuentes *et al*., 2009; Blanco and Lal, 2008; Reynolds *et al*., 2008; Reynolds *et al*., 2007; Xu *et al*., 2006; Gregorich and Carter, 1997) คุณภาพดินทางกายภาพในเขตร้อนได้รับผลกระทบโดยตรงจากการกร่อนดินโดยน้ำ

ระดับการกร่อนที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพดินขึ้นกับการใช้และการจัดการดิน (Blanco and Lal, 2008) ดังนั้น ดินปลูกยางพาราในภาคใต้ซึ่งมีระบบการปลูกและการจัดการดินในสวนยางพาราแตกต่างกัน อยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมแบบมรสุมเขตร้อนที่มีฝนตกชุก และสภาพพื้นที่มีความลาดชันทำให้หน้าดินถูกกร่อนไปได้แตกต่างกัน และส่งผลกระทบต่อคุณภาพดินทางกายภาพต่างกัน โดยสามารถใช้สมบัติดินที่สำคัญดังกล่าวเป็นตัวชี้วัดได้

การกร่อนดินและผลกระทบในพื้นที่เกษตร

การกร่อนดิน เป็นกระบวนการแตกกระจาย และการพัดพาไปของดินโดยมีตัวการกัดกร่อน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ตัวการที่สำคัญคือน้ำและลม (Blanco and Lal, 2008) ความรุนแรงของการกร่อนดินโดยน้ำทั้งน้ำฝนและน้ำไหลบ่าผิวหน้าดินในแต่ละพื้นที่แตกต่างกันขึ้นกับหลายปัจจัย ได้แก่ ลักษณะของฝนซึ่งเกี่ยวข้องกับขนาด ความเร็ว และความหนาแน่นของฝนที่ตก (Peng and Wang, 2012) สภาพกร่อนได้ของดินซึ่งเป็นผลจากสมบัติของดิน (Blanco and Lal, 2008) สิ่งปกคลุมดิน (Peng and Wang, 2012) และลักษณะภูมิประเทศในด้านความลาดเทและความยาวของความลาดเทบนภูมิทัศน์ (Zheng-An *et al*., 2010) โดยทั่วไป การกร่อนดินเกิดขึ้นเองโดยกระบวนการตามธรรมชาติ มีเป็นการสูญเสียดินแบบค่อยเป็นค่อยไป แต่เมื่อมีการใช้พื้นที่ดินจึงเร่งให้มีอัตราการกร่อนดินสูงขึ้น สาเหตุหลักมาจาก การตัดไม้ทำลายป่าเพื่อใช้พื้นที่โดยเฉพาะเพื่อทำการเกษตร การทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ และการจัดการดินทางการเกษตรที่ผิดวิธี อัตราการสูญเสียดินที่ยอมรับได้ซึ่งถือว่าไม่ทำให้ผลิตภาพของดินลดลง ในระดับสากลไม่เกิน 11 เมกะกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี แต่การสูญเสียดินจากการกร่อนในโลกอยู่ในอัตรา 30-40 เมกะกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี (Blanco and Lal, 2008) การกร่อนดินมีผลกระทบทั้งในพื้นที่และนอกพื้นที่ (เกษตร)

การกร่อนดินในพื้นที่เกษตรเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ผลิตภาพของดินลดลงหรือสูญเสียผลผลิตพืช โดยมีรายงานว่า การสูญเสียชั้นดินบนออกไป 5, 10 และ 15 เซนติเมตร ทำให้ผลผลิตของข้าวโพดลดลงร้อยละ 14, 45 และ 62 และเมื่อใส่ปุ๋ยเพิ่มเป็นสองเท่าของการใส่แบบปกติ สามารถทำให้ผลผลิตของข้าวโพดเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 5-10 เท่านั้น (Munodawafa, 2011) เนื่องจากเมื่อดินถูกกร่อน มีผลทำให้สูญเสียดินในชั้นดินบนออกไป (Kaihura *et al*., 1999) ความหนาของชั้นดินบนสำหรับการหยั่งลึกของรากพืชลดลง สูญเสียความอุดมสมบูรณ์บริเวณชั้นดินบน (Romero-Díaz *et al*., 2012) เนื่องจากปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่ลดลงโดยสูญเสียในลักษณะติดไปกับตะกอนดินและละลายไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดิน (Zöbisch *et al*., 1995) จากการศึกษาของ Kaihura *et al*. (1999) พบว่าดินเกษตรในเขตชื้นของประเทศแทนซาเนีย มีแนวโน้มของปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม และแคลเซียมลดลงเมื่อระดับการกร่อนดินมากขึ้น เช่นเดียวกับการรายงานของ Zheng-An *et al.* (2010) ซึ่งศึกษาดินในพื้นที่เกษตรทางตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศจีน ยกเว้นปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตาม

ปริมาณการสูญเสียดิน การสูญเสียชั้นดินบนออกไปบางส่วน ทำให้ชั้นดินล่างซึ่งส่วนใหญ่มีปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวสูงอยู่ในระดับตื้นขึ้น ขณะเดียวกันปริมาณอินทรียวัตถุของดินลดลง ทำให้สมบัติด้านกายภาพของดินมีคุณภาพเสื่อมลง ดินมีความหนาแน่นรวมเพิ่มขึ้น ปริมาณเม็ดดินที่คงทนลดลง และการเคลื่อนที่ของน้ำในแนวดิ่งของดินช้าลง (Munodawafa, 2011; Blanco-Canqui *et al*., 2007; Zhang and Fang, 2007; Martínez and Zinck, 2004) ด้วยเหตุนี้ ทำให้ผิวหน้าดินง่ายต่อการเกิดการอัดแน่นของดินหรือแผ่นแข็งปิดผิวหน้าดิน ส่งผลให้ดินมีการแทรกซึมน้ำลดลงและเกิดน้ำไหลบ่าผิวหน้าดินมากขึ้น เพิ่มความรุนแรงของการกร่อนดิน (Ekwue and Harrilal, 2010) เมื่อการกร่อนดินลดคุณภาพดินด้านโครงสร้างของดิน (ชั้นบน) ทำให้ลดการเก็บกักน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินด้วยเนื่องจากดินมีปริมาณอินทรียวัตถุลดลง (Alliaume *et al*., 2013)

ดั้งนั้นการกร่อนดินมีผลกระทบต่อผลผลิตพืชเนื่องจากคุณภาพดินลดลง โดยดินสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ สูญเสียอินทรียวัตถุ โครงสร้างดินเสื่อมลง และเก็บกักน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดลง

การกร่อนดินในประเทศไทย

ประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น การกร่อนของดินจึงเกิดจากน้ำเป็นตัวการสำคัญ ปริมาณการสูญเสียดินที่ยอมรับได้ของประเทศไทยไม่เกิน 2 ตันต่อไร่ต่อปี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543ข) จากการประเมินค่าการสูญเสียดินของกรมพัฒนาที่ดิน (2543ข) โดยใช้สมการสูญเสียดินสากล พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศมีอัตราการสูญเสียดินอยู่ระหว่าง 0-50 ตันต่อไร่ต่อปี และภาคใต้มีการสูญเสียดินสูงที่สุดซึ่งเกิดในพื้นที่ลาดชันสูงที่มีการใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชไร่และพืชสวน และมีฝนตกมาก ส่วนบริเวณพื้นที่ราบ ที่ลาดเชิงเขา และเนินเขาที่มีความลาดชันน้อยกว่าร้อยละ 35 และใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชไร่และพืชสวน ส่วนใหญ่มีอัตราการสูญเสียดินอยู่ในระดับน้อยถึงปานกลาง (2-15 ตันต่อไร่ต่อปี) จะเห็นได้ว่าส่วนหนึ่งของบริเวณดังกล่าวมีการใช้ประโยชน์ในการปลูกยางพารา และเมื่อพิจารณาร่วมกับลักษณะของดินส่วนใหญ่ ที่ใช้ปลูกยางพาราของภาคใต้ พบบางชุดดิน (ระนอง และคลองเต็ง) เป็นดินตื้นหรือมีชั้นหินผุอยู่ในระดับตื้น (วุฒิชาติ, 2550) ซึ่งส่งเสริมให้ดินถูกกร่อนได้มากขึ้น โดยเฉพาะในช่วงแรกของการปลูกยางพาราหรือในสวนยางพาราที่มีสิ่งปกคลุมดินน้อย โดยมีรายงานปริมาณการกร่อนดินในพื้นที่ลาดชัน (ความลาดชันร้อยละ 30-35) ที่ปลูกยางพารา พบว่าปริมาณการสูญเสียดินในปีแรกของการปลูกยางพาราในจังหวัดกระบี่และยะลามีอัตรา 2.2-3.32 และ 3.4-6.6 ตันต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ ซึ่งความแตกต่างดังกล่าวขึ้นกับปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ และปริมาณดินที่สูญเสียลดลงทุกปีในระยะเวลา 5 ปี ของการศึกษาทั้ง 2 บริเวณ แต่มีอัตราการลดลงแตกต่างกันขึ้นกับปริมาณของพืชคลุมผิวหน้าดินทั้งในลักษณะการปลูกพืชคลุมและพืชคลุมที่ขึ้นตามธรรมชาติ (เวท และคณะ, 2530) การกร่อนดินในพื้นที่สวนยางพาราทำให้ดินสูญเสียความอุดมสมบูรณ์และอินทรียวัตถุในชั้นดินบนซึ่งเป็นแหล่งของธาตุอาหารในดิน โดยมีรายงานการสูญเสียธาตุอาหารรวม

(ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม) ในสวนยางพาราที่ปลูกบนพื้นที่ลาดชัน มีอัตราระหว่าง 38-14 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี (อานุช และสุธาสินี, 2554)

วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาเป็นสวนยางพาราในอำเภอหาดใหญ่ นาหม่อม และจะนะ จังหวัดสงขลา มีสภาพภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน (tropical monsoonal climate, Am) ตามระบบการจำแนกของเคิปเปน (Peel *et al.*, 2007) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงปี พ.ศ. 2540-2558 เท่ากับ 1,317-2,022 มิลลิเมตรต่อปี (ภาพที่ 2) และอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 38 องศาเซลเซียส (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2559)

คัดเลือกพื้นที่ศึกษาโดยพิจารณาข้อมูลดินในสนามร่วมกับการใช้แผนที่ดินจังหวัดสงขลา มาตราส่วน 1: 100,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน (กองสำรวจดิน, 2516) และแผนที่สภาพภูมิประเทศมาตราส่วน 1: 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร (กรมแผนที่ทหาร, 2540) เพื่อคัดเลือกพื้นที่ปลูกยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ในที่ดอนที่มีรูปแบบการปลูกยางพาราต่างกัน ประกอบด้วย ปลูกยางพาราแบบผสมผสานในลักษณะวนเกษตร ปลูกยางพาราแบบมีพืชร่วม และปลูกยางพาราแบบเชิงเดี่ยวซึ่งแต่ละรูปแบบอยู่ในบริเวณติดกันหรือใกล้เคียงกัน รูปแบบละ 1 แปลง จำนวน 4 พื้นที่ รวมทั้งหมด 12 แปลง

การปฏิบัติงานภาคสนามและเก็บตัวอย่างดิน

1. ศึกษาสภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่และลักษณะของดินในสนาม

ศึกษาและบันทึกข้อมูลดินในสนาม ประกอบด้วย ศึกษาสภาพแวดล้อมของดิน ได้แก่ ตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์ ระดับความสูงของพื้นที่ ลักษณะผิวหน้าสภาพภูมิประเทศ ความลาดชัน และสภาพพืชพรรณของแปลงปลูกรวมทั้งข้อมูลการจัดการดินในแปลงในช่วง 2 ปีที่ผ่านมาโดยการสอบถาม และศึกษาลักษณะของดินบนโดยใช้เครื่องมือสำรวจดินภาคสนามขุดดินเป็นหลุมลึกไม่น้อยกว่า 50 เซนติเมตรจากผิวหน้าดิน บันทึกโครงสร้างดินของชั้นผิวดิน (0-10 เซนติเมตร) ตามวิธีการศึกษาสัณฐานวิทยาของดินในภาคสนาม (เอิบ, 2547) เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการประเมินสภาพกร่อนได้ของดิน

2. การเก็บตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินในแต่ละแปลงเพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติดินทางกายภาพและเคมีในห้องปฏิบัติการ โดยแบ่งเก็บเป็น 3 ช่วงระดับความลึก คือ ชั้นดินบน (Ap) แบ่งเป็นความลึก 0-10 (ชั้นผิวดิน) และ 10-25 และชั้นดินล่าง (Bt) 25-50 เซนติเมตร และเก็บตัวอย่างดินเป็น 2 แบบ

2.1 ตัวอย่างดินที่ถูกรบกวน เก็บแปลงละ 9 จุด (สุ่มแบบ X-Shape) นำดินแต่ละจุดคลุกเคล้ากัน แบ่งดินมาบางส่วนเพื่อเป็นตัวแทนของแต่ละแปลง สำหรับนำไปศึกษาสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี

2.2 ตัวอย่างดินสภาพธรรมชาติ เก็บแปลงละ 2 จุด โดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่าง (core) เพื่อนำมาศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินที่อิ่มตัว (saturated hydraulic conductivity) ความหนาแน่นรวม (bulk density) ความจุในการอุ้มน้ำของดิน (water holding capacity) และความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ (available water capacity)

การเตรียมตัวอย่าง และการวิเคราะห์ดินทางกายภาพและเคมี

1. นำตัวอย่างดินที่ถูกรบกวนมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม จากนั้นเตรียมตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์โดยการร่อนดินผ่านตะแกรง 3 แบบ

1.1 ร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 2 มม. นำไปวิเคราะห์ พีเอช (soil pH) โดยใช้น้ำในอัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:5 (จำเป็น และจักรกฤษณ์, 2555) การกระจายของอนุภาคดิน (particle size distribution) โดยวิธี Pipette method (Gee and Bauder, 1986) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นำมาแจกแจง ประเภทของดิน (soil textural class) โดยการเปรียบเทียบกับชนิดดินตามเกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA textural class) (Soil Survey Staff, 2006) และความหนาแน่นอนุภาค (particle density) (Blake and Hartge, 1986b)

1.2 ร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 0.5 มม. นำไปหาอินทรียวัตุ (organic matter) โดยวิเคราะห์คาร์บอนอินทรีย์โดยวิธี Walkley and Black (จำเป็น และจักรกฤษณ์, 2555)

1.3 ร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 8 มม. นำไปวิเคราะห์ขนาดเฉลี่ยของเม็ดดินที่คงทน (mean weight diameter) โดยวิธีร่อนในน้ำ (wet sieving) ผ่านตะแกรงร่อนที่เรียงซ้อนกันเป็นชุด ซึ่งตะแกรงมีช่องเปิด 2, 1, 0.5, 0.25 และ 0.1 มม. ตามลำดับ โดยใส่ตัวอย่างดินชั้นบนสุดซึ่งแช่อยู่ในน้ำ แช่ตะแกรงที่ใส่ดินไว้ 5 นาที จากนั้นเขย่าตะแกรงในแนวดิ่งในน้ำ 2 นาที นำดินที่ค้างบนตะแกรงแต่ละขนาดไปอบให้แห้งที่อุณภูมิ 60 องศาเซลเซียส และชั่งหาน้ำหนักของเม็ดดินแต่ละขนาด (Elliott, 1986)

1.4 ร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 2 และ 1 มม. นำไปวิเคราะห์ปริมาณเม็ดดินที่ความคงทนโดยวิธีร่อนในน้ำ (wet sieving) ผ่านตะแกรงร่อนที่มีช่องเปิด 0.25 มม. โดยใช้เม็ดดินขนาด 1-2 มม. ใส่ตะแกรงแช่น้ำไว้ 5 นาที จากนั้นเขย่าตะแกรงในแนวดิ่ง (ระยะ 1.3 ซม.) ในน้ำ 3 นาที มีอัตราเขย่า 3.5 ครั้งต่อนาที ดินที่ผ่านช่องตะแกรงไปได้จัดเป็นส่วนที่ไม่คงทน ส่วนเม็ดดินที่ค้างอยู่บนตะแกรง นำไปร่อนในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อแยกอนุภาคขนาดทรายแป้งและดินเหนียวออกจากอนุภาคขนาดทราย โดยอนุภาคขนาดทรายแป้งและดินเหนียวที่ผ่านตะแกรงทั้งหมดจัดเป็นส่วนของเม็ดดินที่คงทน นำดินทั้งส่วนที่ไม่คงทนและส่วนคงทนไปอบให้แห้งที่อุณภูมิ 60 องศาเซลเซียส และชั่งหาน้ำหนักของเม็ดดิน (Kemper and Rosenau, 1986)

2. นำตัวอย่างดินสภาพธรรมชาติมาศึกษา ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำโดยวิธี Falling head method (Klute and Dirksen, 1986) ความหนาแน่นรวม (bulk density)

โดยวิธี core method (Blake and Hartge, 1986a) และความชื้นในดินโดยวิเคราะห์ความจุการอุ้มน้ำของดิน (water holding capacity) โดยวัดค่าแรงดึงน้ำในดินภายใต้แรงดันที่ 0 บรรยากาศ และวิเคราะห์ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ (available water capacity) โดยวัดค่าแรงดึงน้ำในดินภายใต้แรงดันที่ 1/3 บรรยากาศ (ความจุความชื้นสนาม) และที่ 15 บรรยากาศ (จุดเหี่ยวถาวร) โดยใช้ pressure plat apparatus (Klute, 1986)

3. ขนาดเฉลี่ยของเม็ดดิน (mean weight diameter) คำนวณจากมวลของเม็ดดินแห้งจากข้อ 1.3 ที่ค้างบนตะแกรง (W_i) ในแต่ละขนาดของช่องตะแกรง (X_i) (Kemper and Rosenau, 1986) ดังสมการ

$$\text{Mean weight diamete} = \sum_{i=1}^{n}\left\{\left[\frac{(X_i + X_{i+1})}{2}\right]\left[\frac{W_i}{\sum W_i}\right]\right\}$$

4. ปริมาณเม็ดดินที่คงทน (aggregate stability) คำนวณจากมวลของเม็ดดินแห้งส่วนที่คงทน (W_{SA}) และไม่คงทน (W_{NSA}) จากข้อ 1.4 (Kemper and Rosenau, 1986) ดังสมการ

$$\text{Aggregate stability} = \left(\frac{W_{SA}}{(W_{SA} + W_{NSA})}\right) x100$$

5. ความพรุนรวม (total porosity) ของดิน คำนวณจากความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวม (BD) และความหนาแน่นอนุภาคดิน (PD) (Danielson and Sutherland, 1986) ดังสมการ

$$Total\ porosity\ = \left(1 - \frac{BD}{PD}\right) \times 100$$

การประเมินสภาพกร่อนได้ของดิน

ประเมินสภาพกร่อนได้ (erodibility) ของชั้นผิวหน้าดิน (0-10 ซม.) ซึ่งได้รับอิทธิพลโดยตรงจากตัวการกัดกร่อนดิน โดยคำนวณตามสมการการหาค่า K-factor ตามวิธีของ Wischmeier and Smith (1978) ดังสมการ

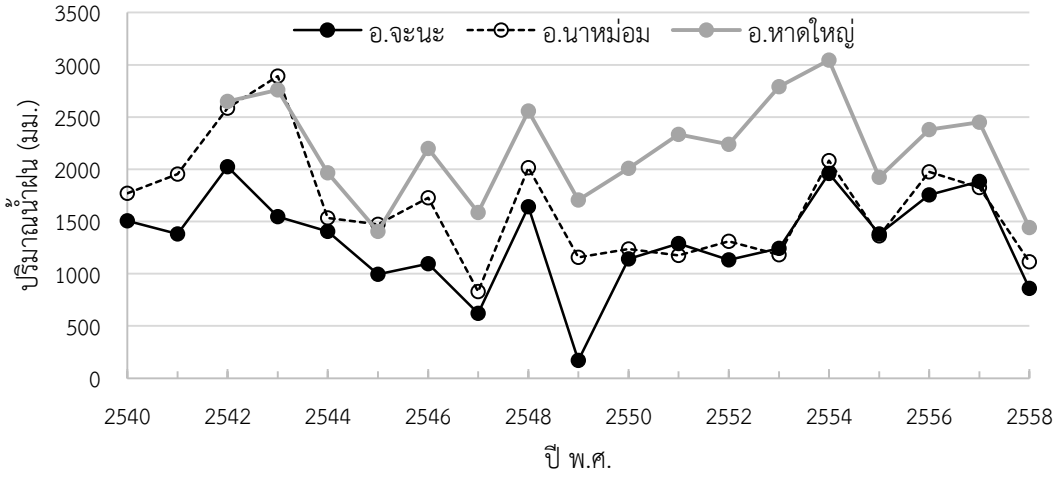
$$\mathrm{K} = 2.1\mathrm{x}10^{-6}\ \mathrm{M}^{1.14}\ (12 - \mathrm{a}) + 3.25\mathrm{x}10^{-2}(\mathrm{b} - 2) + 2.5\mathrm{x}10^{-2}(\mathrm{c} - 3)$$

โดยใช้ข้อมูลร้อยละของอินทรียวัตถุ (a) ข้อมูลชนิดโครงสร้างดินในสนาม (b) ซึ่งให้ค่าน้ำหนักเป็นตัวเลข 1-4 ระดับ (1= very fine granular; 2= fine granular; 3= medium or coarse granular; 4= blocky, platy or massive) ข้อมูลชั้นสภาพนำน้ำของดิน (c) ซึ่งให้ค่าน้ำหนักเป็นตัวเลข 1-6 ระดับ (1= rapid, >15 เซนติเมตรต่อชั่วโมง; 2= moderate to rapid, 5-15 เซนติเมตรต่อชั่วโมง; 3= moderate, 1.5-5 เซนติเมตรต่อชั่วโมง; 4= slow to moderate, 0.5-1.5 เซนติเมตรต่อชั่วโมง; 5= slow 0.1-0.5 เซนติเมตรต่อชั่วโมง; 6= very slow, <0.1 เซนติเมตรต่อชั่วโมง) และข้อมูลร้อย

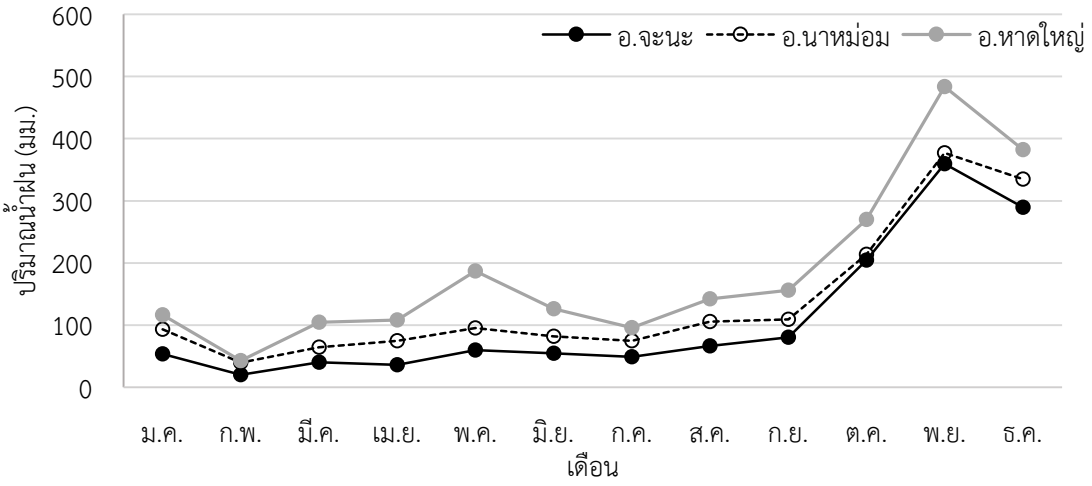
ละของอนุภาค (M) ซึ่งหาได้จาก M = (% silt + % very fine sand) x (100 - % clay) โดยที่ปริมาณอนุภาคขนาดทรายละเอียดมาก (0.1-0.05 มิลลิเมตร) จัดรวมเป็นกลุ่มอนุภาคขนาดทรายแป้ง (0.05-0.002 มิลลิเมตร) ตามระบบการจำแนกของ USDA

การวิเคราะห์ผลข้อมูล

ศึกษาอิทธิพลของการจัดการดินในสวนยางพาราต่อสมบัติดินที่ใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพดินทางกายภาพ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลวิเคราะห์หากข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติและความแปรปรวนเท่ากัน (homogeneity of variance) โดยการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s Multiple Range Test และกรณีข้อมูล (ค่าความพรุนรวมและสภาพนำน้ำของดิน) ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ ทำการเปรียบเทียบค่ากลางของข้อมูลโดยวิธี Median Test วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (correlation) ของสมบัติดิน และวิเคราะห์ปัจจัย (factor anlysis) โดยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (principal component analysis, PCA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01



ภาพที่ 1 ปริมาณน้ำฝนรายปีของพื้นที่อำเภอหาดใหญ่ นาหม่อม และจะนะ จังหวัดสงขลา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2559)



ภาพที่ 2 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย พ.ศ. 2540-2558 รายเดือน ของพื้นที่อำเภอหาดใหญ่ นาหม่อม และจะนะ จังหวัดสงขลา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2559)

ผลการศึกษา

สภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ของดิน และรูปแบบการปลูกยางพาราของพื้นที่ศึกษา

จากการศึกษาสภาพแวดล้อมของดินและรูปแบบการปลูกยางพารา จำนวณ 12 แปลง (ตารางที่ 1 และภาพที่ 3) พบว่า พื้นที่ปลูกยางพารามีสภาพภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นแบบลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชันอยู่ในช่วงร้อยละ 3-5 มีความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 33-67 เมตร และดินจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 39 (พื้นที่ 1 และ 2) และกลุ่มชุดดินที่ 35 (พื้นที่ 3 และ 4) ตามรายงานการสำรวจดินเพื่อการเกษตร จังหวัดสงขลา (สำนักสำรวจและจำแนกดิน, 2553) ซึ่งทั้งหมดเป็นกลุ่มดินที่จัดอยู่ในอันดับอัลทิซอลส์ (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2548)

การปลูกยางพาราแบ่งเป็น 3 รูปแบบ คือ รูปแบบการปลูกยางพาราแบบผสมผสานในลักษณะวนเกษตรโดยมีการปลูกยางพาราในลักษณเป็นป่ายาง (พื้นที่ 2 และ 4) และเป็นป่าปลูก (พื้นที่ 1 และ 3) ซึ่งมีการปลูกไม้ยืนต้นผสมผสานกันหลายชนิด ที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ ต้นกฤษณา ตะเคียน สละ เมียง กระพ้อ มังคุด สะตอ และลองกอง เป็นต้น ทั้งนี้ไม่มีการใส่ปุ๋ยในแปลงปลูก ยกเว้นพื้นที่ 3 มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 2 ครั้งต่อปี รูปแบบการปลูกยางพาราแบบมีพืชร่วมโดยปลูกพืช 1 ชนิดระหว่างแถวยางพารา พืชร่วมที่พบ ได้แก่ ต้นเมียง (พื้นที่ 1, 2 และ 4) ต้นสะเดาเทียม (พื้นที่ 3) และต้นสละอินโด (พื้นที่ 4) มีการจัดการดินโดยการใส่ปุ๋ยเคมี 2 ครั้งต่อปี และตัดหญ้าในแปลง 2 ครั้งต่อปี ยกเว้นพื้นที่ 4 มีการจัดการดินโดยการใส่ปุ๋ยชีวภาพ 2 ครั้งต่อปี และตัดหญ้าในแปลง 1 ครั้งต่อปี และรูปแบบการปลูกยางพาราแบบเชิงเดี่ยวโดยปลูกยางพาราเพียงอย่างเดียว การจัดการดินในแปลงมีการใส่ปุ๋ยเคมี 2 ครั้งต่อปี และตัดหญ้าในแปลง 2 ครั้งต่อปี ยกเว้นพื้นที่ 1 ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 2 ครั้งต่อปี

ตารางที่ 1 สภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ของดินบริเวณพื้นที่ศึกษา

Soil	Rubber plantation pattern	Coordination	Elevation (m MSL)	Slope (%)	Surrounding landform	*Soil series group
	Site 1: Na Wa, Chana District					
S1	Polyculture	47 684507m E 764872 m N.	67	4	Gentle undulating	39
S2	Mixed culture	47 684568 m E. 764849 m N.	48	4	Gentle undulating	39
S3	Monoculture	47 684447 m E. 764894 m N.	53	4	Gentle undulating	39
	Site 2: Na Mom, Na Mom District					
S4	Polyculture	47 672640 m E. 768610 m N.	51	2	Flat	39
S5	Mixed culture	47 672620 m E. 768671 m N.	51	4	Gentle undulating	39
S6	Monoculture	47 672608 m E. 768646 m N.	51	3	Gentle undulating	39
	Site 3: Nam Noi, Hat Yai District					
S7	Polyculture	47 668472 m E. 781648 m N.	35	3	Gentle undulating	34
S8	Mixed culture	47 667156 m E. 782962 m N.	49	5	Gentle undulating	34
S9	Monoculture	47 667100 m E. 782981 m N.	45	3	Gentle undulating	34
	Site 4: Chanong, Chana District					
S10	Polyculture	47 687406 m E. 773066 m N.	33	4	Gentle undulating	34
S11	Mixed culture	47 687372 m E. 773040 m N.	36	2	Flat	34
S12	Monoculture	47 687449 m E. 773056 m N.	37	4	Gentle undulating	34

* ข้อมูลจากตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์ในรายงานการสำรวจดินเพื่อการเกษตร จังหวัดสงขลา (สำนักสำรวจและจำแนกดิน, 2553)

Polyculture rubber plantation	Mixed culture rubber plantation	Monoculture rubber plantation

Site 1: Na Wa, Chana District

Site 2: Na Mom, Na Mom District

Site 3: Nam Noi, Hat Yai District

Site 4: Chanong, Chana District

ภาพที่ 3 สภาพพื้นที่ศึกษาของแปลงปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (polyculture) แบบมีพืชร่วม (mixed culture) และแบบเชิงเดี่ยว (monoculture) บริเวณจังหวัดสงขลา

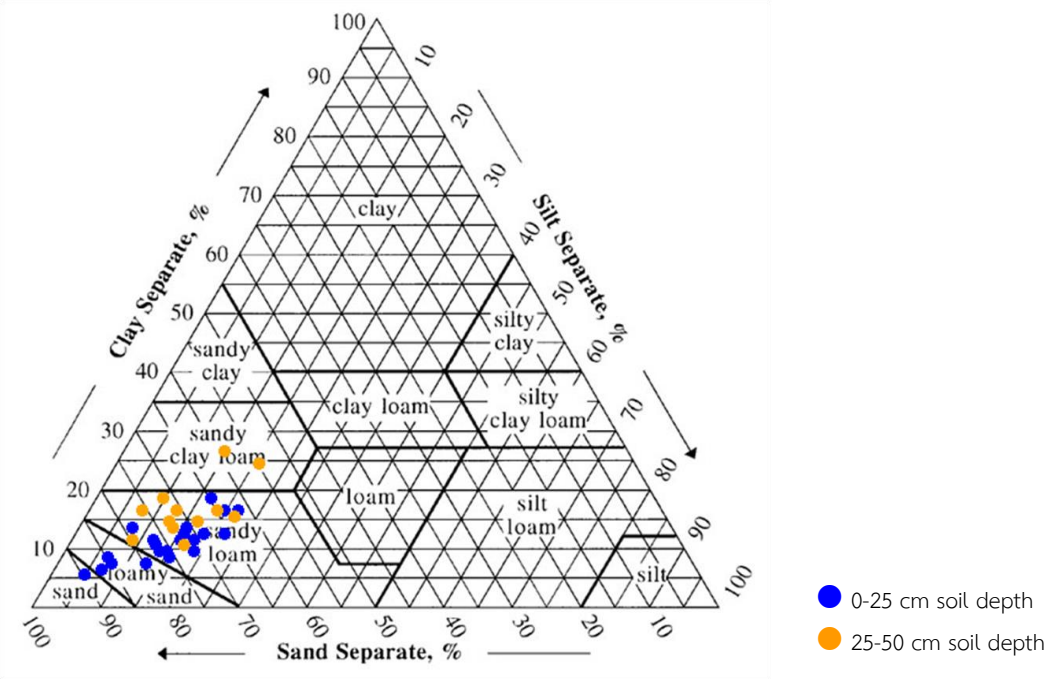
สมบัติทั่วไปของดินปลูกยางพารา

สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินปลูกยางพาราทั้ง 12 แปลง แสดงผลการวิเคราะห์ดินตามตารางผนวกที่ 1-5 และใช้เกณฑ์การแบ่งค่าวิเคราะห์สมบัติดินบางประการตามตารางผนวกที่ 6

ผลการศึกษาสมบัติทั่วไปทางกายภาพและเคมีของดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน แบบมีพืชร่วม และแบบเชิงเดี่ยว พบว่าดินปลูกยางพาราส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มดินร่วนที่มีเนื้อหยาบ และมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายทั้งชั้นดินบนและดินล่าง (ภาพที่ 4 และตารางผนวกที่ 2) ยกเว้นชั้นดินบนของพื้นที่ 2 ในแปลงปลูกส่วนใหญ่ และพื้นที่ 3 ในแปลงปลูกแบบผสมผสาน ที่มีเนื้อหยาบกว่าซึ่งจัดอยู่ในประเภทดินทรายปนร่วนและดินทราย และชั้นดินล่างของพื้นที่ 1 ในแปลงปลูกแบบมีพืชร่วม และพื้นที่ 4 ในแปลงปลูกแบบเชิงเดี่ยว ที่มีเนื้อละเอียดกว่าซึ่งจัดอยู่ในประเภทดินร่วนเหนียวปนทราย

เมื่อพิจารณาปริมาณการแจกกระจายของอนุภาคดิน พบว่าดินทุกบริเวณมีการกระจายของกลุ่มอนุภาคขนาดทรายเป็นลักษณะเด่น มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 68-78 (ตารางที่ 2) ปริมาณอนุภาคขนาดทรายเฉลี่ยมีค่าลดลงตามความลึก และในแปลงปลูกแบบมีพืชร่วมมีค่าต่ำกว่าแบบผสมผสานและแบบเชิงเดี่ยวทั้งชั้นดินบนและดินล่าง กลุ่มอนุภาคขนาดทรายแป้งมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างสม่ำเสมอในหน้าตัดดิน และแปลงปลูกแบบมีพืชร่วมมีค่าสูงกว่าแบบผสมผสานและแบบเชิงเดี่ยว ส่วนกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตามความลึก โดยในชั้นดินบน พบว่าแปลงปลูกแบบผสมผสานมีค่าต่ำกว่าแบบมีพืชร่วมและแบบเชิงเดี่ยว และในชั้นดินล่าง พบว่าแปลงปลูกแบบมีพืชร่วม มีค่าสูงกว่าแบบผสมผสานและแบบเชิงเดี่ยวซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน

ความหนาแน่นอนุภาคดินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน โดยความหนาแน่นอนุภาคของชั้นผิวดินส่วนใหญ่ มีค่าต่ำกว่าชั้นดินบนตอนล่าง (10-50 เซนติเมตร) เล็กน้อย (ตารางผนวกที่ 3 และตารางที่ 3) ดินทุกบริเวณมีสภาพเป็นกรดจัดถึงจัดมาก โดยดินในแปลงปลูกแบบเชิงเดี่ยวมีสภาพเป็นกรดจัดตลอดหน้าตัดดินที่ศึกษา มีพีเอชเฉลี่ย 5.2 ส่วนดินในแปลงปลูกแบบผสมผสานและแบบมีพืชร่วม พบว่าชั้นดินล่างมีสภาพเป็นกรดจัดมาก (ตารางที่ 3)



ภาพที่ 4 ประเภทเนื้อดินตามสัดส่วนโดยมวลของอนุภาคขนาดทราย (sand) ทรายแป้ง (silt) และดินเหนียว (clay) ในชั้นดินบน (0-25 ซม.) และดินล่าง (25-50 ซม.) ของดินปลูกยางพาราที่ศึกษา

ตารางที่ 2 ปริมาณกลุ่มอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ตามระดับความลึกของดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (polyculture) แบบมีพืชร่วม (mixed culture) และแบบเชิงเดี่ยว (monoculture) (mean±SD, n = 4)

Soil properties/ depth	Rubber tree plantation pattern		
	Polyculture	Mixed culture	Monoculture
Sand content (%)			
0-10 cm	78±9	76±7	78±9
10-25 cm	74±6	70±8	74±8
25-50 cm	72±4	68±10	71±9
Silt content (%)			
0-10 cm	13±6	15±5	13±5
10-25 cm	14±4	16±7	13±5
25-50 cm	14±4	15±7	13±4
Clay content (%)			
0-10 cm	8±3	9±2	9±3
10-25 cm	12±3	14±2	13±4
25-50 cm	14±3	17±5	14±2

ตารางที่ 3 สมบัติบางประการของดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (polyculture) แบบมีพืชร่วม (mixed culture) และแบบเชิงเดี่ยว (monoculture) (mean±SD, n = 4)

Soil properties/ depth	Rubber tree plantation pattern		
	Polyculture	Mixed culture	Monoculture
Particle density (g cm^{-3})			
0-10 cm	2.61±0.03	2.59±0.03	2.61±0.01
10-25 cm	2.62±0.03	2.62±0.02	2.64±0.03
25-50 cm	2.60±0.08	2.63±0.04	2.63±0.03
pH			
0-10 cm	5.1±0.3	5.0±0.4	5.2±0.3
10-25 cm	5.0±0.2	5.1±0.3	5.2±0.5
25-50 cm	4.8±0.2	4.9±0.4	5.2±0.4

สมบัติของดินที่ใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพดินทางกายภาพ

อินทรียวัตถุในดิน

ปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง โดยดินปลูกยางพาราทุกรูปแบบมีปริมาณอินทรียวัตถุไม่แตกต่างกัน แต่มีปริมาณอินทรียวัตถุในชั้นผิวหน้าดินสูงกว่าในชั้นดินล่าง (ตารางที่ 4) ชั้นผิวหน้าดินของแปลงปลูกแบบผสมผสานและแบบเชิงเดี่ยวมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับปานกลาง โดยแบบผสมผสานมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าแบบเชิงเดี่ยวเล็กน้อย แต่หากพิจารณาทั้งชั้นดินบน (0-25 เซนติเมตร) พบว่าทุกรูปแบบมีอินทรียวัตถุเฉลี่ยอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ (ค่าเฉลี่ย 11.77-12.17 กรัมต่อกิโลกรัม) ส่วนชั้นดินล่างมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำโดยมีแนวโน้มต่ำสุดในแปลงปลูกแบบเชิงเดี่ยว

ความหนาแน่นรวมของดิน

ดินปลูกยางพารามีความหนาแน่นรวมตั้งแต่ระดับค่อนข้างต่ำถึงสูง โดยชั้นดินบนของแปลงปลูกยางพาราแบบผสมผสานและแบบมีพืชร่วมมีค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ยใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มต่ำกว่าในแปลงปลูกแบบเชิงเดี่ยว (ภาพที่ 5) โดยความหนาแน่นรวมเฉลี่ยของชั้นดินบนในแปลงปลูกแบบผสมผสาน แบบมีพืชร่วม และแบบเชิงเดี่ยวที่ความลึก 0-10 เซนติเมตร เท่ากับ 1.35, 1.35 และ 1.40 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งทั้งหมดจัดอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ และที่ความลึก 10-25 เซนติเมตร เท่ากับ 1.41, 1.47 และ 1.51 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งทั้งหมดจัดอยู่ในระดับปานกลาง ในขณะที่ชั้นดินล่าง พบว่าดินในแปลงปลูกแบบเชิงเดี่ยวมีความหนาแน่นรวมอยู่ในระดับสูง และสูงกว่าแบบมีพืชร่วมและแบบผสมผสานซึ่งมีค่าจัดอยู่ในระดับปานกลาง โดยความหนาแน่นรวมเฉลี่ยของชั้นดินล่างในแปลงปลูกแบบผสมผสาน แบบมีพืชร่วม และแบบเชิงเดี่ยวเท่ากับ 1.50, 1.60 และ 1.65 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ

นอกจากนี้แปลงปลูกแบบมีพืชร่วมมีความหนาแน่นรวมในชั้นดินบนต่ำกว่าชั้นดินล่าง ส่วนแปลงปลูกแบบผสมผสานและแบบเชิงเดี่ยว พบว่าความหนาแน่นรวมของดินมีแนวโน้มสูงขึ้นในชั้นดินล่าง โดยความหนาแน่นรวมของดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (r = -0.65) และกลุ่มอนุภาคขนาดทรายแป้ง (r = -0.46) (ตารางที่ 5 และภาพที่ 6)

ความพรุนรวม

ดินปลูกยางพารามีความพรุนรวมอยู่ในพิสัยตั้งแต่ร้อยละ 30-55 โดยความพรุนรวมของชั้นดินบนในแปลงปลูกแบบเชิงเดี่ยว มีแนวโน้มต่ำกว่าแบบผสมผสานและแบบมีพืชร่วม (ภาพที่ 7) โดยมีค่าความพรุนรวมเฉลี่ยของดินในแปลงปลูกแบบเชิงเดี่ยว แบบผสมผสาน และแบบมีพืชร่วม ที่ความลึก 0-10 เซนติเมตร เท่ากับร้อยละ 46.3, 48.2 และ 48.0 และที่ความลึก 10-25 เซนติเมตร เท่ากับร้อยละ 42.9, 44.5 และ 46.0 ตามลำดับ ในชั้นดินล่าง พบว่าความพรุนรวมดินในแปลงปลูกแบบมีพืชร่วม มีแนวโน้มสูงกว่าแบบผสมผสาน และแบบเชิงเดี่ยว โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 42.9, 38.2 และ 37.4 ตามลำดับ ความพรุนรวมดินชั้นล่างในแปลงปลูกแบบผสมผสานต่ำกว่าดินชั้นบน และในแปลง

ปลูกแบบมีพืชร่วมและแบบเชิงเดี่ยว มีแนวโน้มลดลงจากชั้นดินบน ทั้งนี้ความพรุนรวมของดินมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นรวมของดิน (r = -0.73) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (r = 0.69) และกลุ่มอนุภาคขนาดทรายแป้ง (r = 0.52) (ตารางที่ 5 และภาพที่ 8)

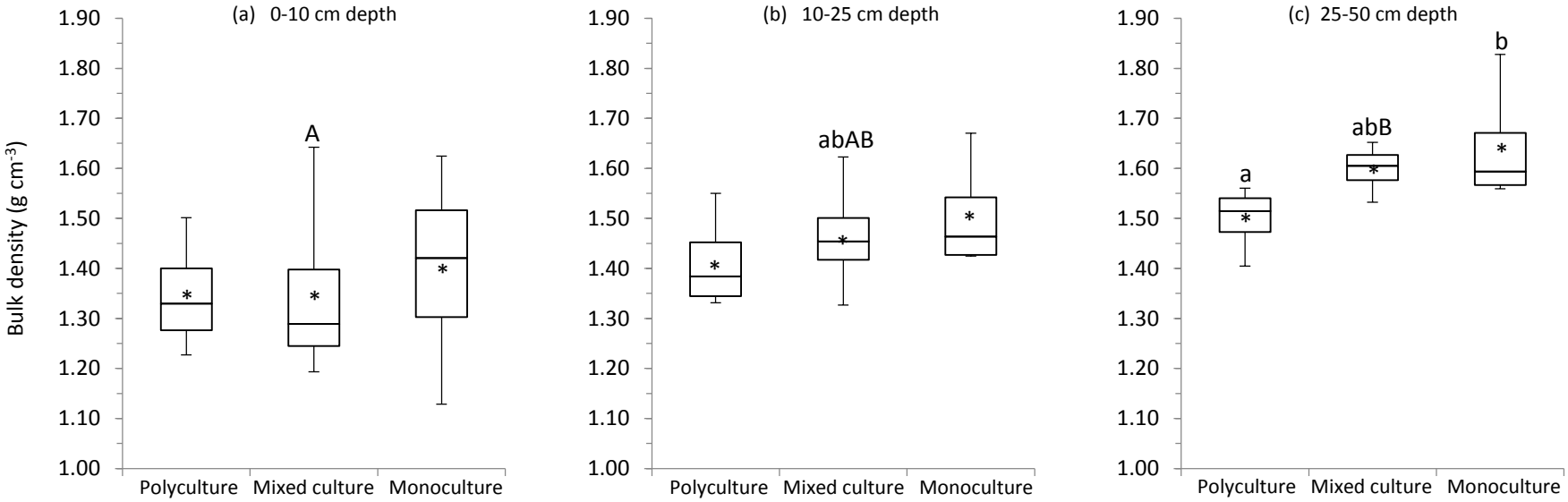
สภาพนำน้ำของดินในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ

ดินปลูกยางพารามีสภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวด้วยน้ำอยู่ในระดับตั้งแต่ช้ามากถึงเร็วมาก โดยในชั้นดินบนของแปลงปลูกยางพารา ส่วนใหญ่มีพิสัยค่อนข้างกว้าง มีอัตราเร็วอยู่ในระดับเร็วถึงปานกลาง ซึ่งมีอัตราเร็วกว่าในชั้นดินล่างที่อยู่ในระดับช้าปานกลาง ยกเว้นชั้นดินล่างของแปลงปลูกแบบผสมผสานที่มีอัตราเร็วอยู่ในระดับปานกลาง (ภาพที่ 9) ทั้งนี้แปลงปลูกแบบมีพืชร่วมมีค่ากลางของสภาพนำน้ำต่ำกว่าดินในแปลงปลูกแบบผสมผสานและแบบเชิงเดี่ยว โดยค่ากลางของสภาพนำน้ำของดินในแปลงปลูกแบบมีพืชร่วม แบบผสมผสาน และแบบเชิงเดี่ยวที่ความลึก 0-10 เซนติเมตร เท่ากับ 11.68, 13.91 และ 14.33 เซนติเมตรต่อชั่วโมง และที่ความลึก 10-25 เซนติเมตร เท่ากับ 2.29, 7.50 และ 5.19 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนสภาพนำน้ำในชั้นดินล่าง พบว่าแปลงปลูกแบบมีพืชร่วมและแบบเชิงเดี่ยวมีค่าใกล้เคียงกันมากและต่ำกว่าดินในแปลงปลูกแบบผสมผสาน โดยมีค่ากลางเท่ากับ 0.51, 0.58 และ 5.15 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ สภาพนำน้ำของดินมีความสัมพันธ์กับอนุภาคขนาดทราย (r = 0.48) ดินเหนียว (r = -0.41) ทรายแป้ง (r = -0.39) และความหนาแน่นรวมของดิน (r = -0.38) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 ปริมาณอินทรียวัตถุของดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (polyculture) แบบมีพืชร่วม (mixed culture) และแบบเชิงเดี่ยว (monoculture) (mean±SD, n = 4)

Organic matter (g kg^{-1})	Rubber tree plantation pattern		
	Polyculture	Mixed culture	Monoculture
0-10 cm	15.79 ± 4.02 **aB**	14.24 ± 2.13 **aB**	15.23 ± 3.31 **aB**
10-25 cm	10.76 ± 2.31 **aAB**	10.13 ± 2.19 **aAB**	9.98 ± 1.22 **aAB**
25-50 cm	7.14 ± 2.45 **aA**	7.74 ±3.39 **aA**	6.79 ± 1.07 **a**A

หมายเหตุ อักษรตัวพิมพ์เล็ก (a, b) และตัวพิมพ์ใหญ่ (A, B) เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติระหว่างรูปแบบการปลูกยางพารา และระหว่างความลึกของดินตามลำดับ ที่ระดับความเชื่อมั่น P<0.05



ภาพที่ 5 ระดับความหนาแน่นรวมของดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (polyculture) แบบมีพืชร่วม (mixed culture) และแบบเชิงเดี่ยว (monoculture) ตามระดับความลึกของดิน

หมายเหตุ: * คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลดิน

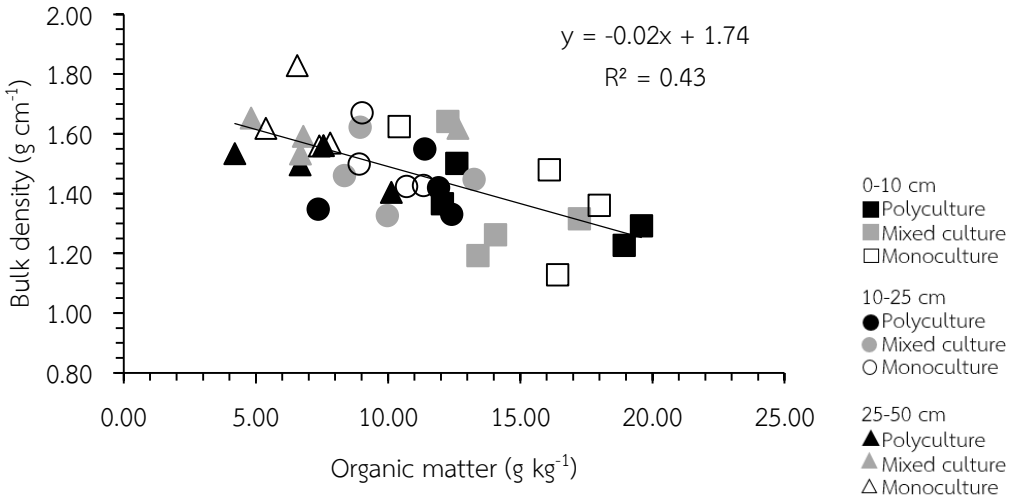
อักษรตัวพิมพ์เล็ก (a, b) และตัวพิมพ์ใหญ่ (A, B) เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติระหว่างรูปแบบการปลูกยางพารา และระหว่างความลึกของดินตามลำดับ ที่ระดับความเชื่อมั่น $P<0.05$

ตารางที่ 5 สหสัมพันธ์ระหว่างสมบัติบางประการของดินปลูกยางพาราที่ศึกษา (n = 36)

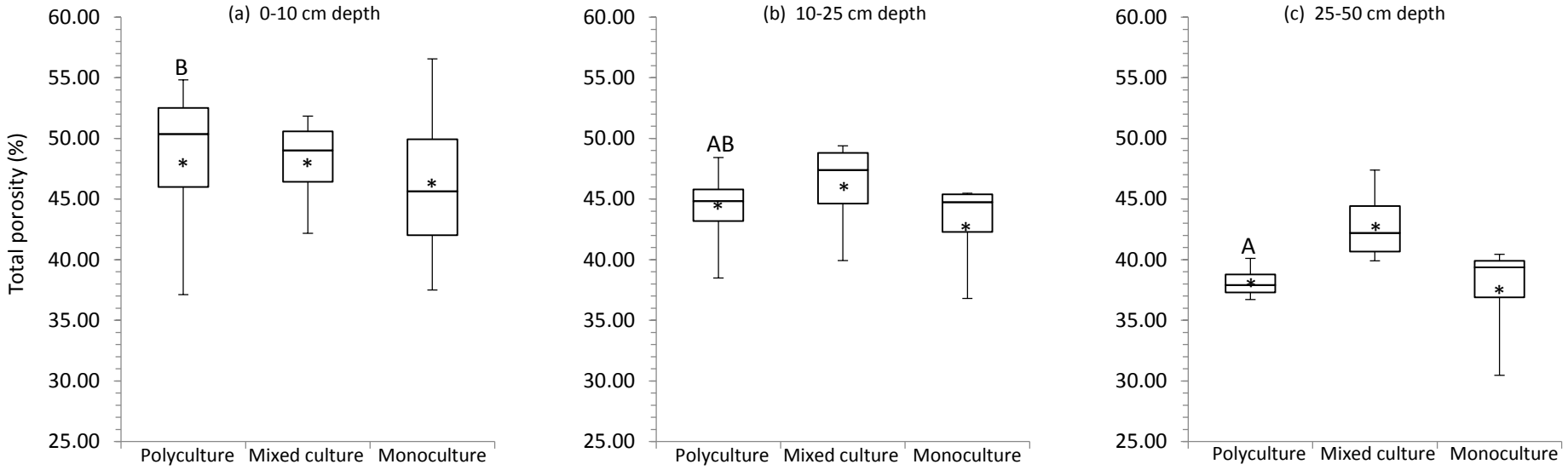
Variable	pH	OM	FC	PWP	AWC	FM	WHC	Sand	Silt	Clay	BD	TP	HC	MWD	AS
pH	1.00														
OM	0.19	1.00													
FC	-0.08	**0.52****	1.00												
PWP	0.09	**0.45****	**0.86****	1.00											
AWC	-0.29	**0.38***	**0.73****	0.29	1.00										
FM	-0.11	0.22	**0.63****	**0.78****	0.14	1.00									
WHC	0.05	**0.75****	**0.60****	**0.43****	**0.57****	0.14	1.00								
Sand	-0.04	0.03	**-0.61****	**-0.64****	-0.30	**-0.47****	-0.04	1.00							
Silt	0.06	0.33	**0.78****	**0.73****	**0.50***	**0.46****	**0.35***	**-0.84****	1.00						
Clay	0.03	**-0.40***	0.23	**0.34***	-0.02	0.33	-0.31	**-0.82****	**0.39****	1.00					
BD	0.04	**-0.65****	**-0.66****	**-0.44***	**-0.65****	-0.15	**-0.95****	0.19	**-0.46****	0.16	1.00				
TP	-0.01	**0.69****	**0.61****	**0.45***	**0.55****	0.10	**0.74****	-0.25	**0.52****	-0.12	**-0.73****	1.00			
HC	0.09	0.28	-0.25	-0.22	-0.19	-0.18	**0.46****	**0.48****	**-0.39***	**-0.41***	**-0.38***	0.22	1.00		
MWD	0.13	**0.73****	0.19	0.07	0.26	-0.11	**0.69****	**0.42****	-0.07	**-0.64****	**-0.53****	**0.51****	**0.46****	1.00	
AS	**0.45****	**0.74****	0.32	0.31	0.18	0.07	**0.51****	0.12	0.18	**-0.38***	**-0.36***	**0.50****	0.19	**0.65****	1.00

ตัวหนา = แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ (*) และ $p<0.01$ (**)

หมายเหตุ pH = soil pH (H_2O); OM = Organic matter (g kg^{-1}); FC = Field capacity (%by weight);
PWP = Permanent wilting point (%by weight); AWC = Available water capacity (%by weight); FM = Field moisture (%by weight);
WHC = Water holding capacity (%by weight); Sand = Sand content (g kg^{-1}); Silt = Silt content (g kg^{-1}); Clay = Clay content (g kg^{-1});
BD = Bulk density (g cm^{-3}); TP = Total Porosity (%); HC = Saturated hydraulic conductivity (cm hr^{-1});
MWD = Mean weight diameter (mm); AS = Aggregate stability (%)



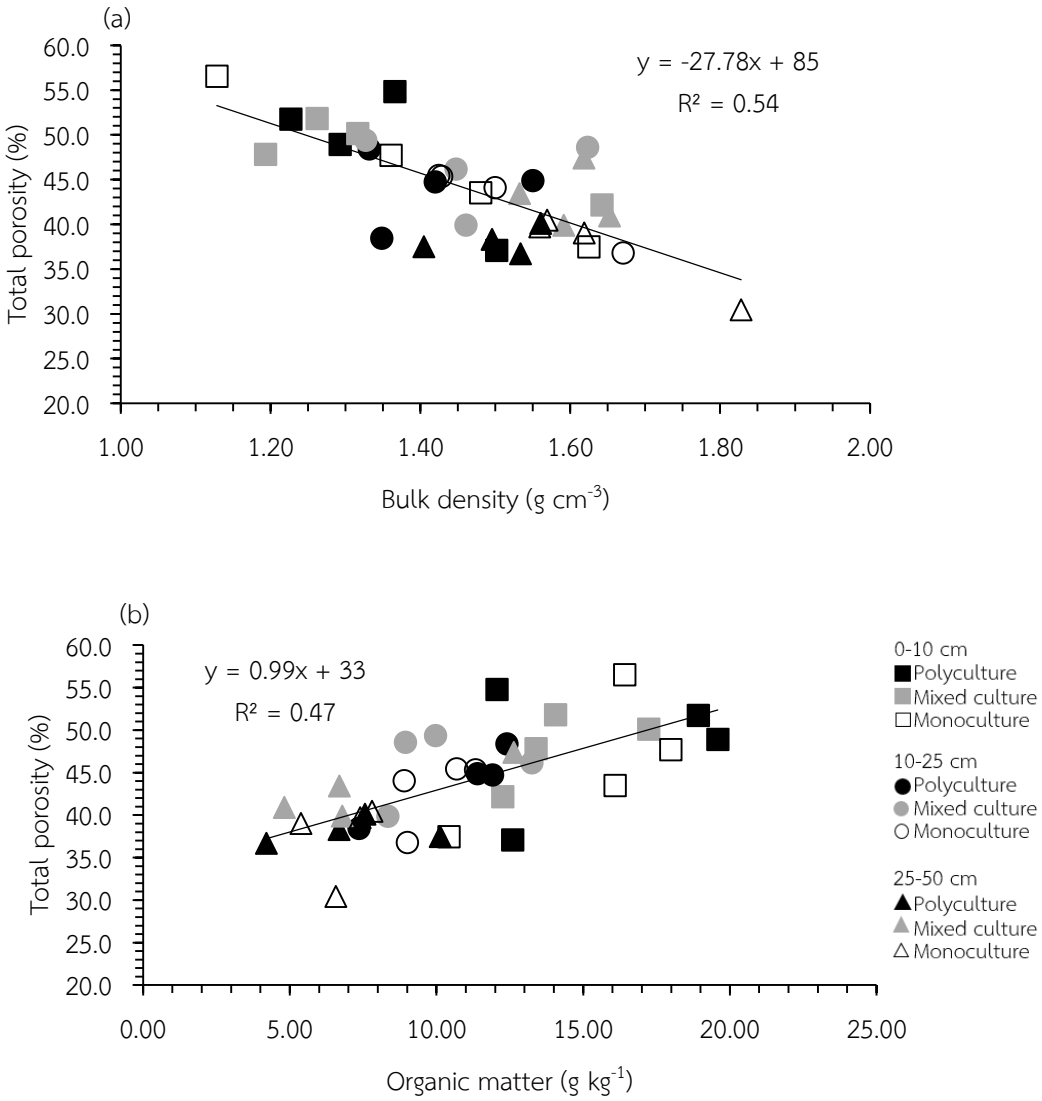
ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวมและปริมาณอินทรียวัตถุของดินปลูกยางพารา ที่ระดับความเชื่อมั่น P<0.01



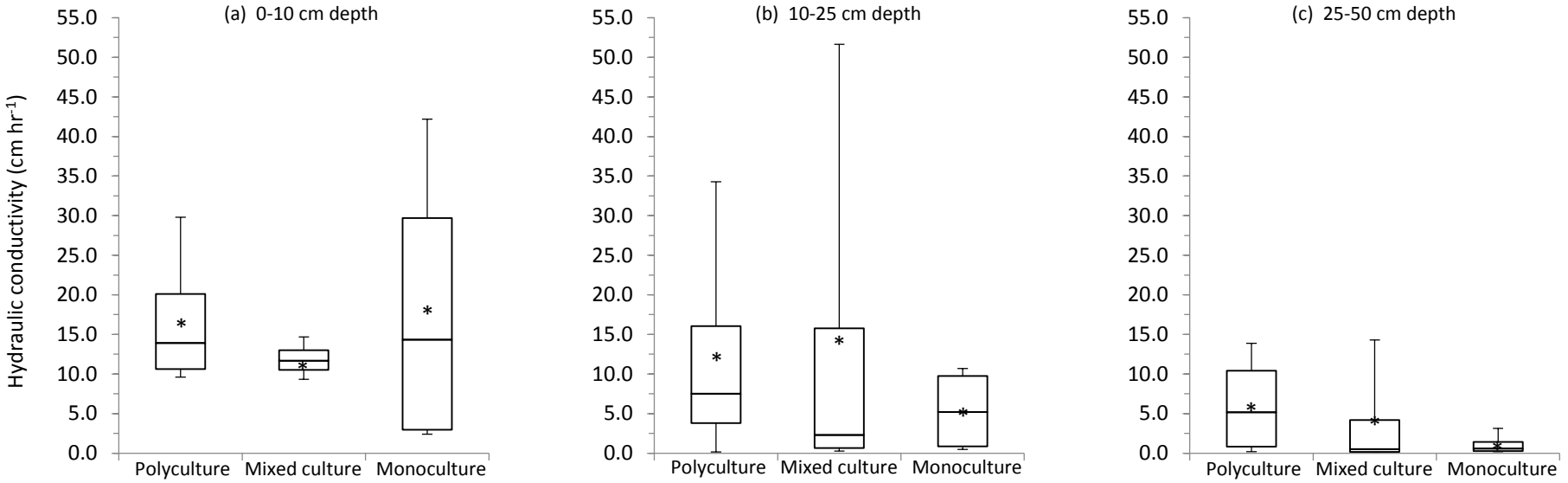
ภาพที่ 7 ความพรุนรวมของดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (polyculture) แบบมีพืชร่วม (mixed culture) และแบบเชิงเดี่ยว (monoculture) ตามระดับความลึกของดิน

หมายเหตุ: * คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลดิน

อักษรภาษาอังกฤษเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติระหว่างความลึกของดินที่ระดับความเชื่อมั่น $P<0.05$



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างความพรุนรวมและความหนาแน่นรวม (a) และปริมาณอินทรียวัตถุ (b) ของดินปลูกยางพารา ที่ระดับความเชื่อมั่น P<0.01



ภาพที่ 9 สภาพการนำน้ำของดินอิ่มตัวด้วยน้ำของดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (polyculture) แบบมีพืชร่วม (mixed culture) และแบบเชิงเดี่ยว (monoculture) ตามระดับความลึกของดิน

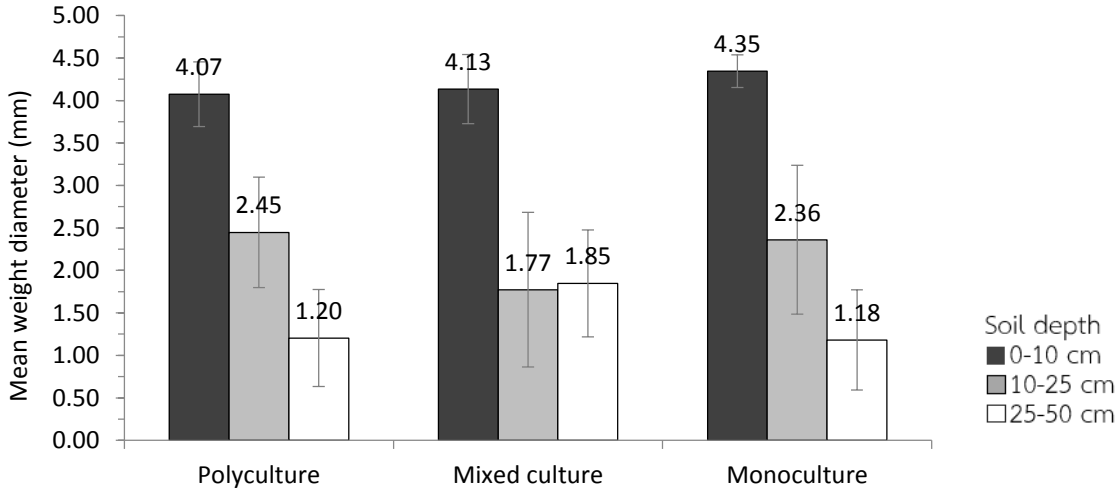
หมายเหตุ: * คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลดิน

ขนาดและความคงทนของเม็ดดิน

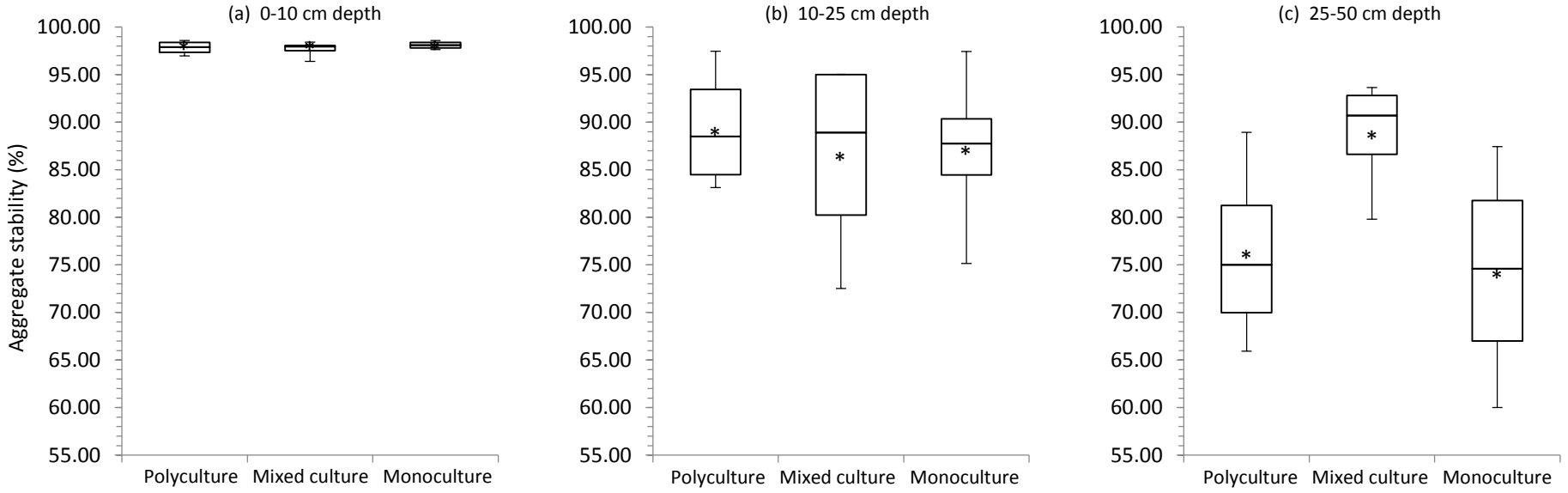
ชั้นดินบนของดินปลูกยางพาราทุกแปลงมีขนาดเฉลี่ยของเม็ดดินสูงกว่าดินชั้นล่าง (ภาพที่ 10) ขนาดเม็ดดินเฉลี่ยที่ชั้นผิวดินของทุกแปลงมีค่าใกล้เคียงกันโดยอยู่ในช่วง 4.07-4.35 มิลลิเมตร และในชั้นดินล่างในแปลงปลูกแบบมีพืชร่วมมีแนวโน้มของขนาดเม็ดดินสูงกว่าในแปลงปลูกแบบผสมผสานและแบบเชิงเดี่ยว โดยขนาดเม็ดดินเฉลี่ย เท่ากับ 1.85, 1.20 และ 1.18 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ดินทุกแปลงมีปริมาณเม็ดดินที่คงทนค่อนข้างสูงทั้งในชั้นดินบนและชั้นดินล่าง ความคงทนของเม็ดดินที่ชั้นผิวดินในทุกรูปแบบการปลูกยางพารามีค่าเฉลี่ยสูงใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 11) คือค่าเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 97 และค่าเฉลี่ยลดลงในตอนล่างของหน้าตัดดินและพบว่ามีพิสัยค่อนข้างกว้าง ความคงทนของเม็ดดินในชั้นดินล่างของแปลงปลูกแบบมีพืชร่วมส่วนใหญ่ มีค่าสูงกว่าแบบผสมผสานและแบบเชิงเดี่ยว โดยมีค่ากลางเท่ากับร้อยละ 91, 75 และ 75 ตามลำดับ

ทั้งนี้ขนาดเฉลี่ยของเม็ดดินและเม็ดดินที่ความคงทน มีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (r = 0.73 และ 0.74 ตามลำดับ) (ตารางที่ 5 และภาพที่ 12 และ 13)

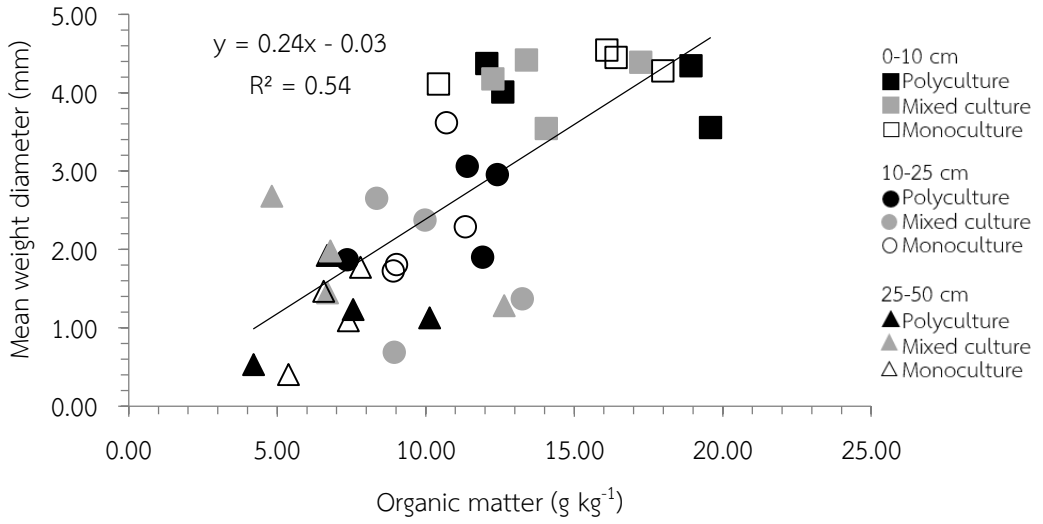


ภาพที่ 10 ขนาดเฉลี่ยของเม็ดดินของดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (polyculture) แบบมีพืชร่วม (mixed culture) และแบบเชิงเดี่ยว (monoculture) ตามระดับความลึกของดิน

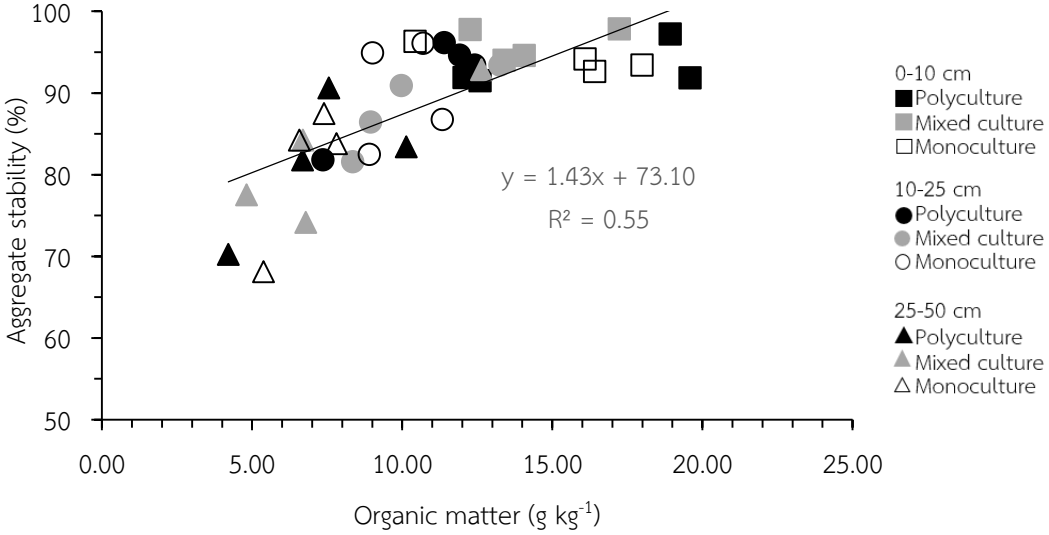


ภาพที่ 11 ปริมาณเม็ดดินที่คงทนของดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (polyculture) แบบมีพืชร่วม (mixed culture) และแบบเชิงเดี่ยว (monoculture) ตามระดับความลึกของดิน

หมายเหตุ: * คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลดิน



ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเฉลี่ยของเม็ดดินและปริมาณอินทรียวัตถุของดินปลูกยางพารา ที่ระดับความเชื่อมั่น P<0.01



ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างความคงทนของเม็ดดินและปริมาณอินทรียวัตถุของดินปลูกยางพารา ที่ระดับความเชื่อมั่น P<0.01

น้ำในดิน

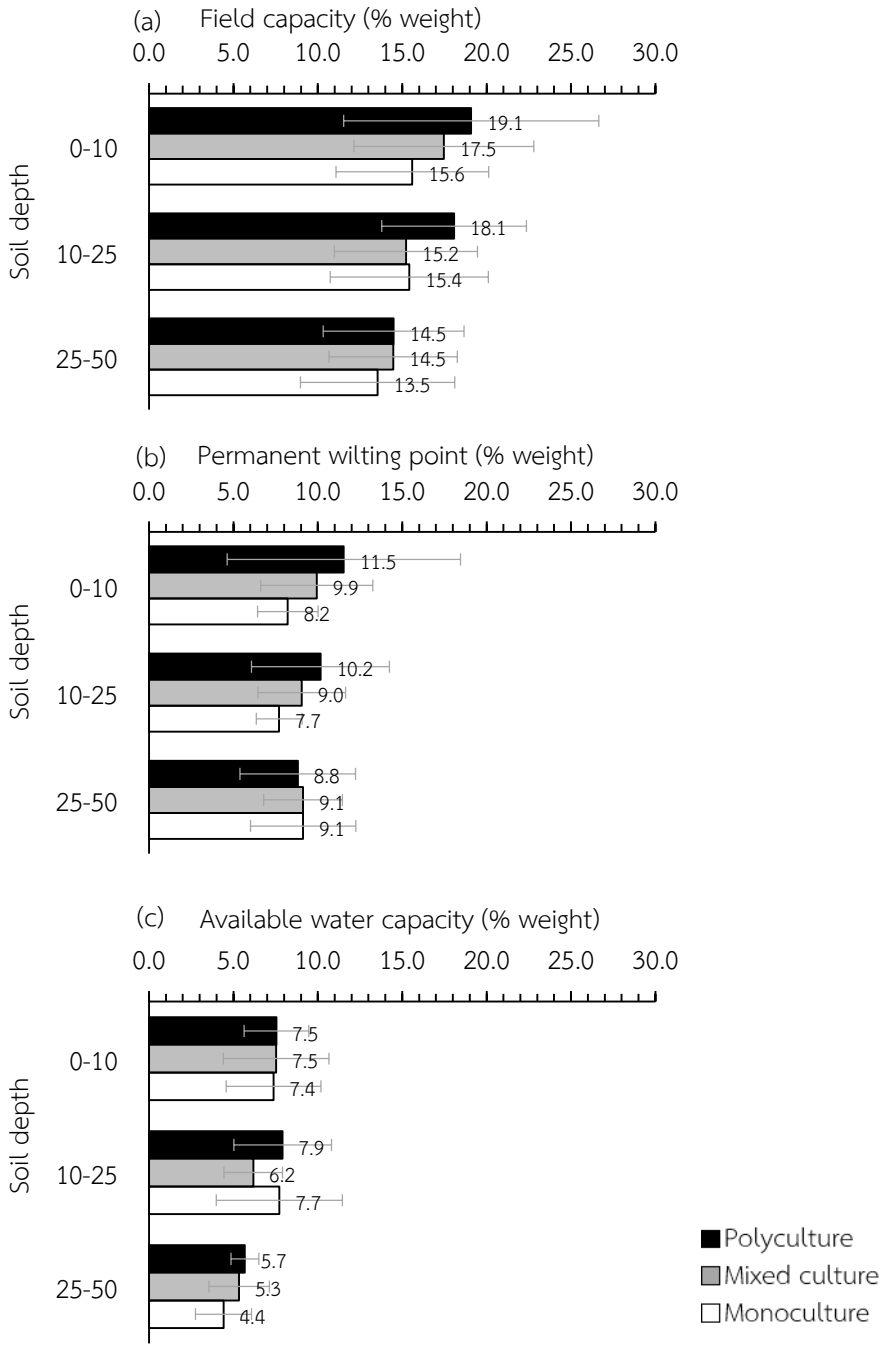
ปริมาณความชื้นในดิน และความสามารถในการเก็บน้ำทั้งหมดของดินปลูกยางพาราทั้ง 12 แปลง แสดงผลการวิเคราะห์ดินตามตารางผนวกที่ 5

ความจุความชื้นสนามซึ่งเป็นระดับความชื้นสูงสุดในดินที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืช มีค่าเฉลี่ยลดลงในชั้นดินล่าง (ภาพที่ 14a) โดยชั้นดินบน (0-25 เซนติเมตร) ของแปลงปลูกยางพาราแบบผสมผสาน มีแนวโน้มสูงกว่าแบบมีพืชร่วมและแบบเชิงเดี่ยว ส่วนชั้นดินล่าง พบว่าดินในแปลงปลูกแบบผสมผสานและแบบพืชร่วมมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือร้อยละ 14.5 โดยน้ำหนัก และมีแนวโน้มต่ำกว่าแบบเชิงเดี่ยวเล็กน้อย คือร้อยละ 13.5 โดยน้ำหนัก ความจุความชื้นสนามของดินมีความสัมพันธ์กับอนุภาคในดินทั้งอนุภาคปฐมภูมิและสมบัติของดิน โดยมีความสัมพันธ์กับปริมาณอนุภาคขนาดทรายแป้ง (r = 0.78) ความหนาแน่นรวมของดิน (r = -0.66) และอนุภาคขนาดทราย (r = -0.61) แต่พบความสัมพันธ์ค่อนข้างต่ำกับปริมาณอินทรียวัตถุของดิน (r = 0.52) (ตารางที่ 5 และภาพที่ 15)

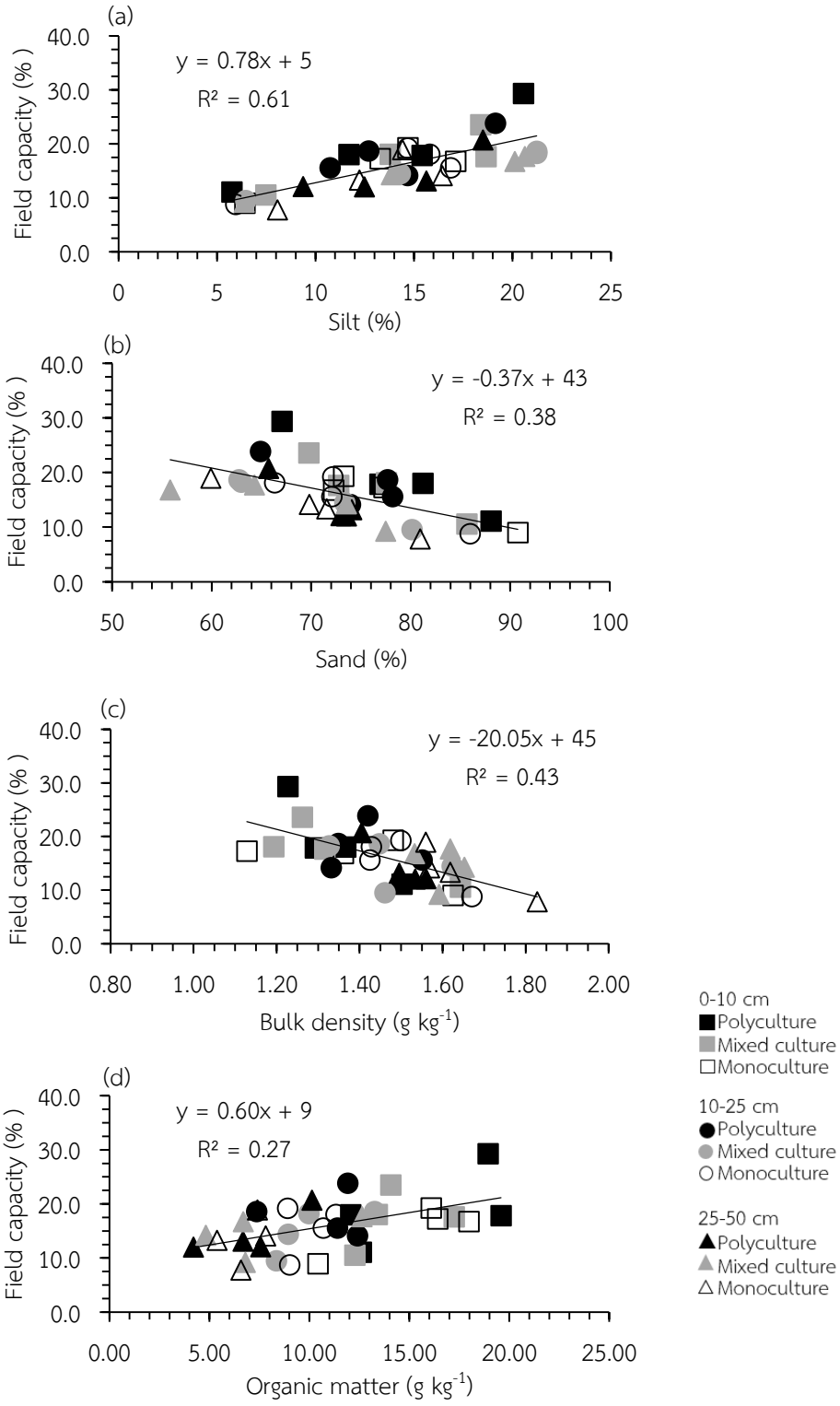
ความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวรที่ถือเป็นระดับความชื้นต่ำสุดในดินที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืช พบว่าชั้นดินบนของแปลงปลูกแบบผสมผสานและแบบมีพืชร่วม มีแนวโน้มสูงกว่าชั้นดินล่าง และมีแนวโน้มสูงกว่าชั้นดินบนของแปลงปลูกแบบเชิงเดี่ยว (ภาพที่ 14b) ส่วนความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวรในชั้นดินล่าง พบว่าดินทุกแปลงมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันและดินของแปลงปลูกแบบเชิงเดี่ยวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับชั้นดินบน ความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวรมีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูงกับอนุภาคขนาดทรายแป้ง (r = 0.73) และขนาดทราย (r = -0.64) แต่มีความสัมพันธ์ต่ำกับอนุภาคขนาดดินเหนียว (r=0.34) และปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (r=0.45) (ตารางที่ 5)

ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินปลูกยางพารา พบว่าชั้นดินบนมีแนวโน้มสูงกว่าชั้นดินล่าง โดยบริเวณชั้นผิวดินของทุกแปลงมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน และในชั้นดินบนตอนล่าง (10-25 ซม.) ของแปลงปลูกแบบมีพืชร่วม มีแนวโน้มต่ำกว่าแบบเชิงเดี่ยวและแบบผสมผสาน ส่วนในชั้นดินล่าง พบว่าแปลงปลูกแบบเชิงเดี่ยวมีแนวโน้มต่ำกว่าแบบมีพืชร่วมและแบบผสมผสาน (ภาพที่ 14c) เมื่อพิจารณาความจุในการกักเก็บน้ำส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้ภายในหน้าตัดดินที่ระดับ 1 เมตร ซึ่งถือเป็นความลึกที่เหมาะสมสำหรับยางพารา พบว่าแปลงแบบผสมผสาน (90.32 มิลลิเมตร) มีค่าเฉลี่ยความจุน้ำใช้ประโยชน์สูงกว่าแบบมีพืชร่วม (87.37 มิลลิเมตร) และแบบเชิงเดี่ยว (80.43 มม.) (ภาพที่ 16) ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินมีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูงกับความจุความชื้นสนามของดิน (r = 0.73) แต่มีความสัมพันธ์ค่อนข้างต่ำกับปริมาณอินทรียวัตถุ (r = 0.38) (ภาพที่ 17) และไม่พบความสัมพันธ์กับความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร (ตารางที่ 5) ทั้งนี้ดินที่มีค่าความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ต่ำ (ต่ำกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก) พบอยู่ในบริเวณพื้นที่ที่ 2 ที่ปลูกยางพาราแบบเชิงเดี่ยวและแบบมีพืชร่วม (ภาพที่ 18 และตารางผนวกที่ 5) โดยดินในบริเวณดังกล่าว ส่วนใหญ่เป็นดินในกลุ่มที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณอนุภาคขนาดทราย (group1) และบางส่วนของกลุ่มดินเหล่านี้ มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นรวมดินที่มีค่าระดับสูง (group2) และดินมีความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ต่ำมาก คือมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 2.0-2.9 โดย

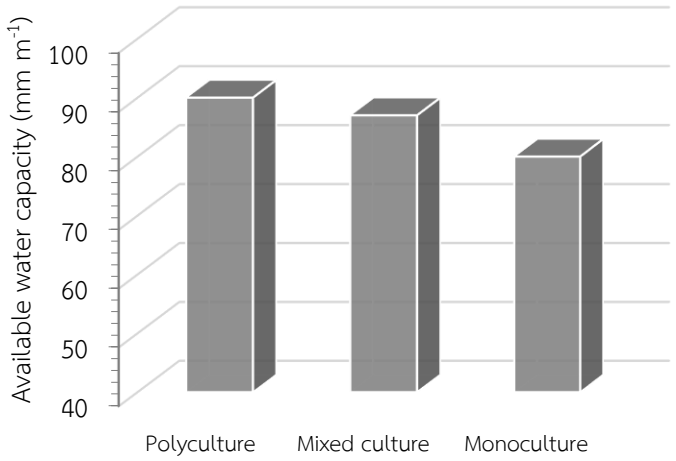
น้ำหนัก (Factor 1 มีค่า eigenvalue = 6.29, variance = 44.94% และ Factor 2 มีค่า eigenvalue = 4.10, variance = 29.30%)



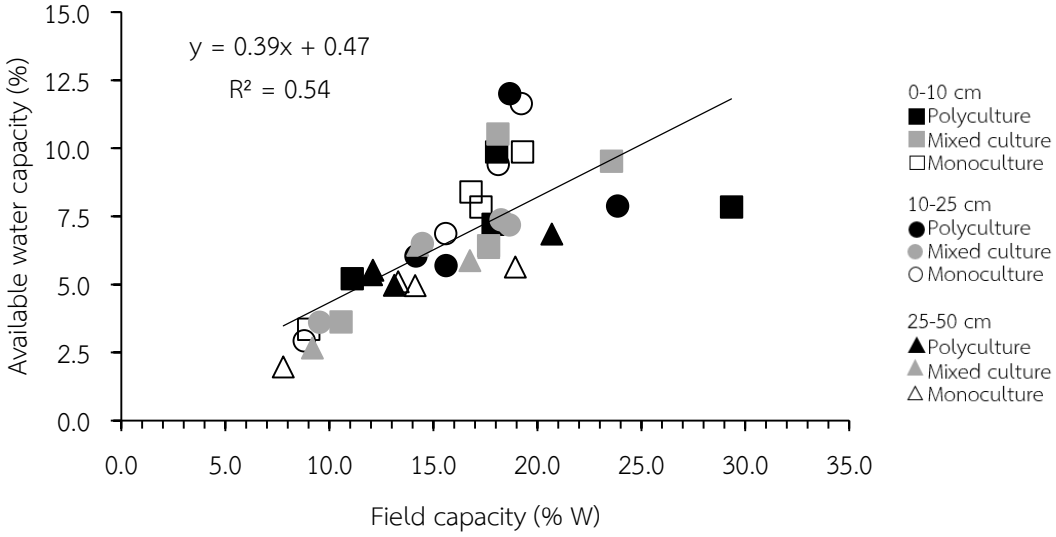
ภาพที่ 14 ปริมาณความชื้นที่ระดับความจุความชื้นสนาม (a) จุดเหี่ยวถาวร (b) และความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ (c) ของดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (polyculture) แบบมีพืชร่วม (mixed cultured) และแบบเชิงเดี่ยว (monocultured)



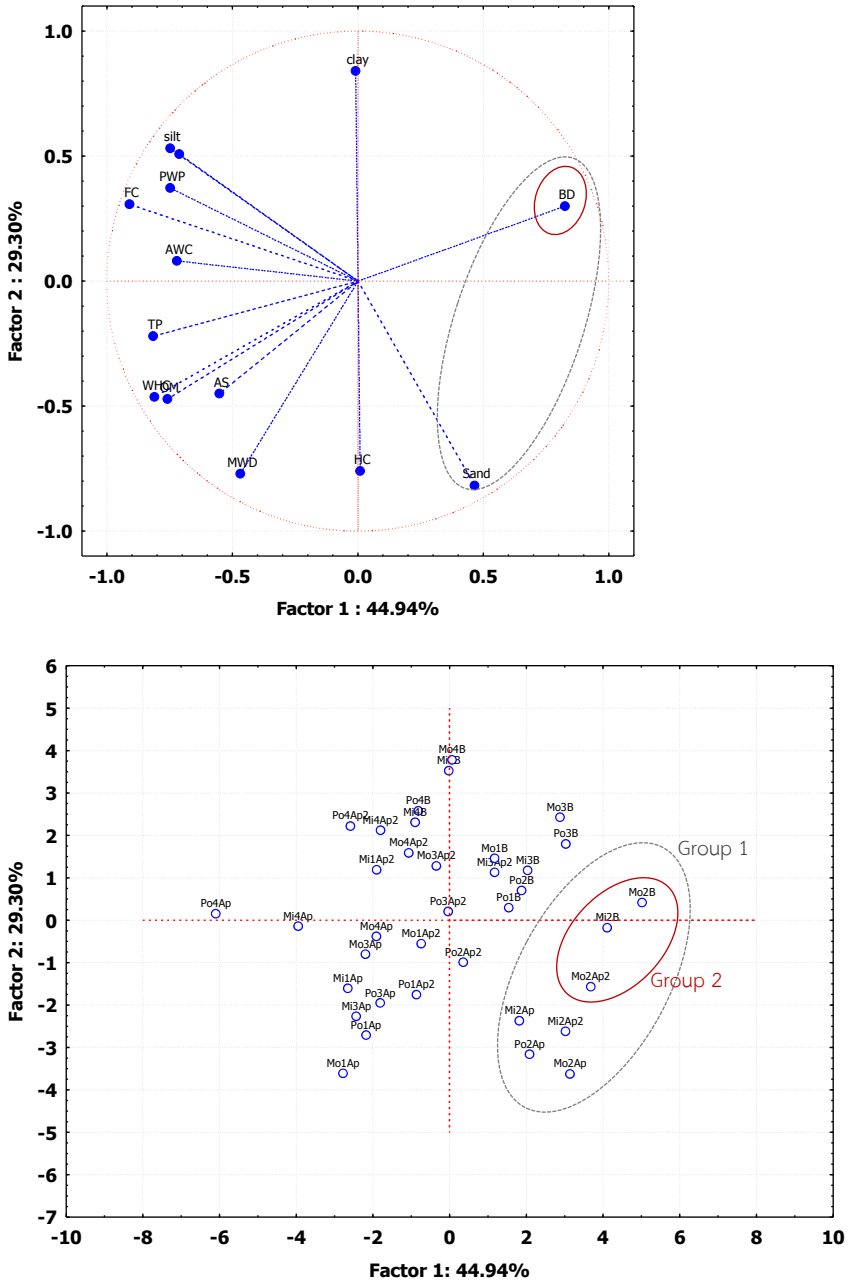
ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุความชื้นสนามกับอนุภาคทรายแป้ง (a) อนุภาคทราย (b) ความหนาแน่นรวม (c) และปริมาณอินทรียวัตถุ (d) ของดินปลูกยางพารา ที่ระดับความเชื่อมั่น P<0.01



ภาพที่ 16 ความจุในการกักเก็บน้ำส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้ภายในหน้าตัดดินที่ระดับ 1 เมตร ของดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (polyculture) แบบมีพืชร่วม (mixed cultured) และแบบเชิงเดี่ยว (monocultured)



ภาพที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้กับความจุความชื้นสนามของดินปลูกยางพารา ที่ระดับความเชื่อมั่น $P<0.01$

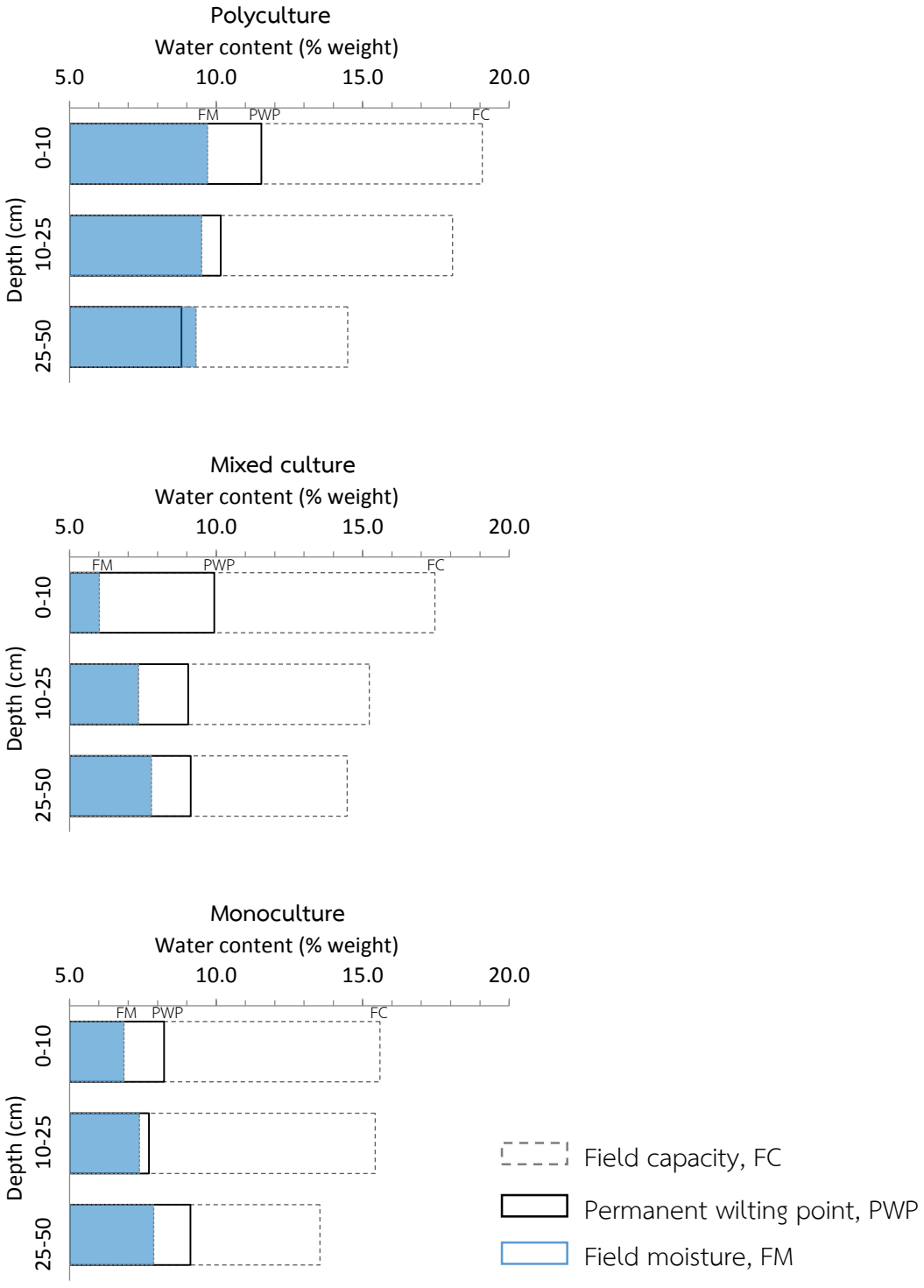


ภาพที่ 18 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ของสมบัติบางประการของดินปลูกยางพารา แบบผสมผสาน (Po1, 2, 3, 4) แบบมีพืชร่วม (Mi1, 2, 3, 4) และแบบเชิงเดี่ยว (Mo1, 2, 3, 4) ใน 4 พื้นที่ ที่ระดับความลึกดิน 0-10 cm (Ap), 10-25 cm (Ap2) และ 25-50 cm (B) ที่ระดับความเชื่อมั่น P<0.05

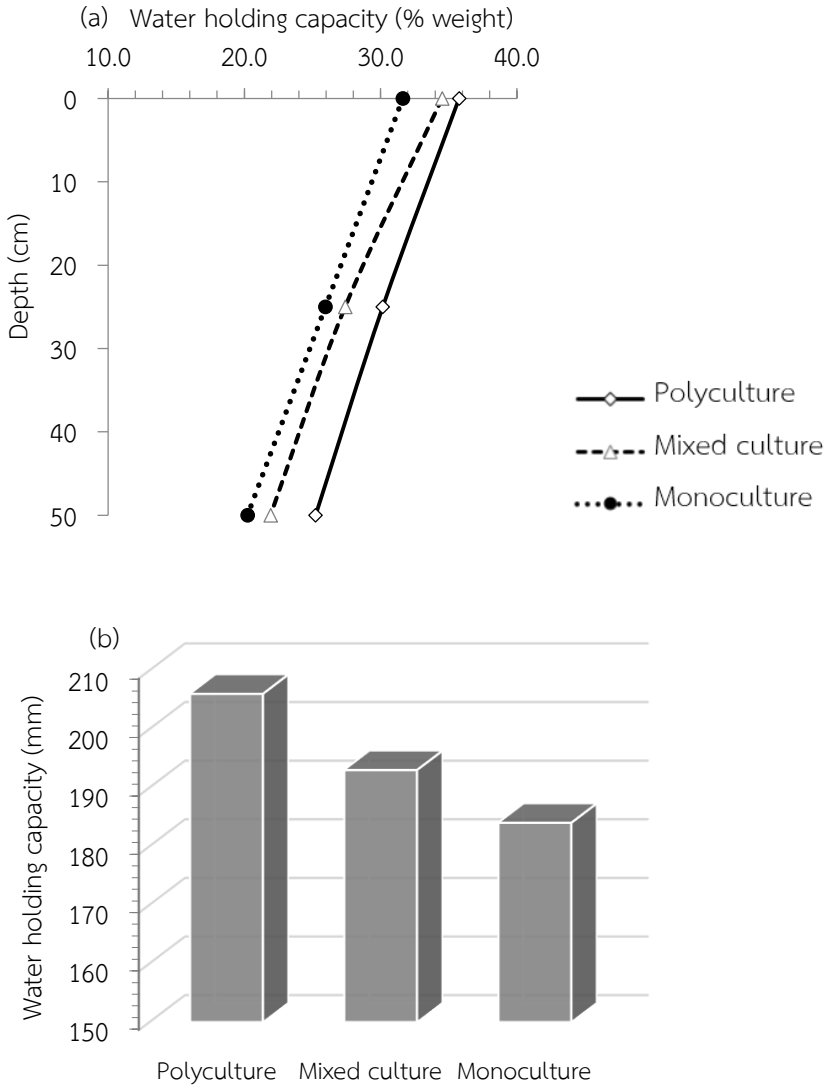
หมายเหตุ : FC = Field capacity (%by weight); PWP = Permanent wilting point (%by weight); AWC = Available water capacity (%by weight); WHC = Water holding capacity (%by weight); BD = Bulk density (g cm^{-3}); TP = Total porosity; HC = Hydraulic conductivity (cm hr^{-1}); MWD = Mean weight diameter (mm); AS = Aggregate stability (%)

ความชื้นดินที่เหลือในสนาม ณ ช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างในดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน มีแนวโน้มสูงกว่าแบบมีพืชร่วมและแบบเชิงเดี่ยวตลอดช่วงความลึก (ภาพที่ 19) บริเวณชั้นผิวดินของแปลงปลูกแบบมีพืชร่วมและแบบเชิงเดี่ยวมีความชื้นเฉลี่ยต่ำกว่าชั้นดินล่าง ในขณะที่ของแปลงปลูกแบบผสมผสานคงเหลือปริมาณความชื้นฉลี่ยสูงกว่าชั้นดินล่างเล็กน้อย ปริมาณความชื้นในสนามเฉลี่ยของดินทุกแปลงมีค่าต่ำกว่าจุดเหี่ยวถาวรเฉลี่ย ยกเว้นชั้นดินล่างของแปลงปลูกแบบผสมผสานที่ยังคงมีความชื้นส่วนที่นำไปใช้ประโยชน์ได้เหลืออยู่เล็กน้อย

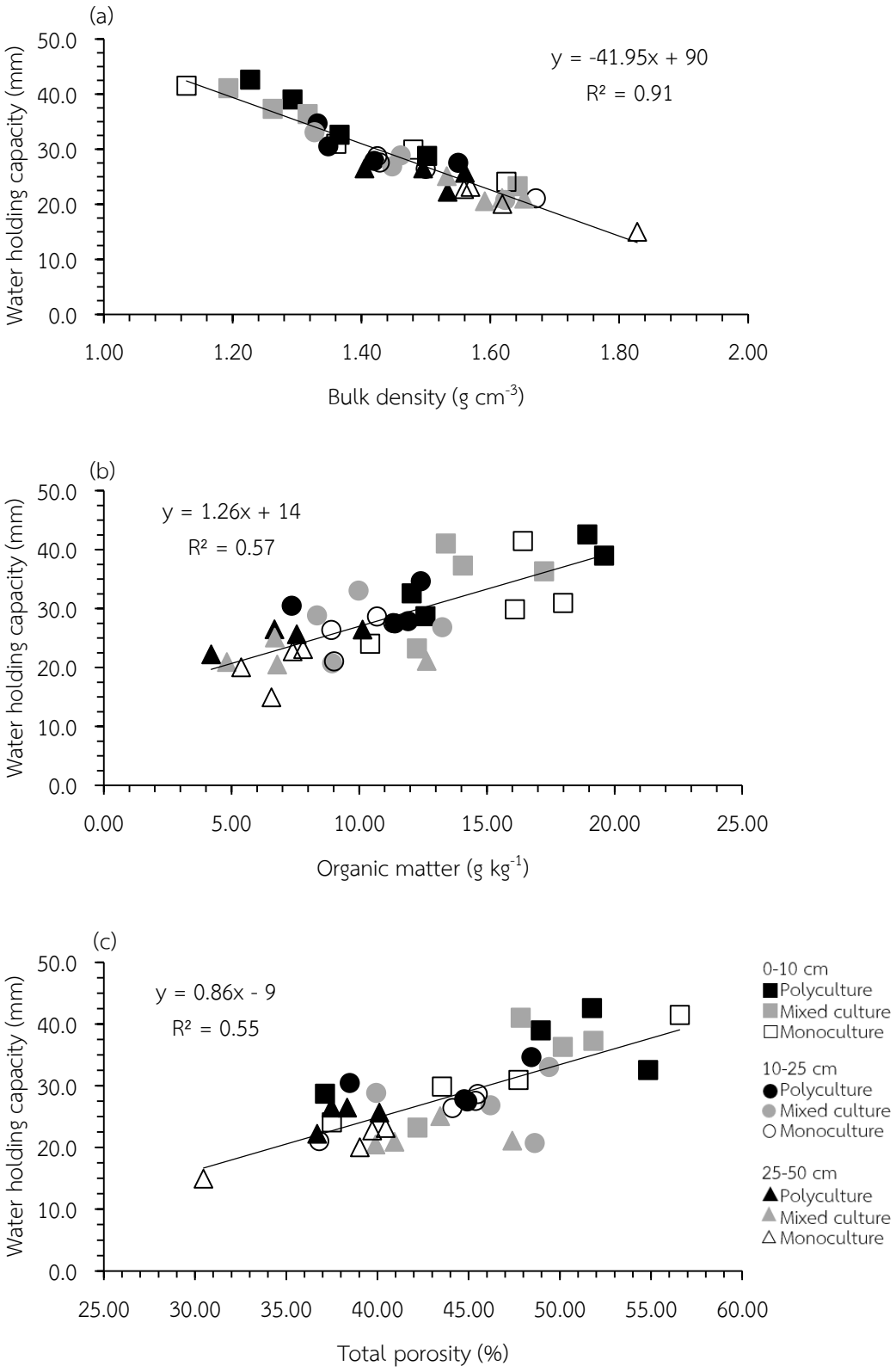
ความจุการอุ้มน้ำของดินซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่ดินสามารถเก็บไว้ในช่องว่างทั้งหมด พบว่าดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน มีแนวโน้มความจุการอุ้มน้ำสูงกว่าแบบมีพืชร่วมและแบบเชิงเดี่ยวตลอดช่วงความลึก และความจุการอุ้มน้ำของดินมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกดิน (ภาพที่ 20a) โดยความจุการอุ้มน้ำเฉลี่ยภายในหน้าตัดดิน (0-50 เซนติเมตร) ของแปลงแบบผสมผสาน แบบมีพืชร่วมและแบบเชิงเดี่ยว เท่ากับ 206, 193 และ 184 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 20b) ซึ่งแปลงแบบผสมผสานมีความจุการอุ้มน้ำเฉลี่ยมากกว่าแบบมีพืชร่วมและแบบเชิงเดี่ยว คิดเป็นร้อยละ 6 และ 11 ตามลำดับ ทั้งนี้ความจุการอุ้มน้ำของดินมีความสัมพันธ์กับสมบัติของดินที่สำคัญคือ มีความสัมพันธ์สูงกับความหนาแน่นรวมของดิน ($r = -0.95$) รองลงมาคือ ปริมาณอินทรียวัตถุ ($r = 0.75$) และความพรุนรวม ($r = 0.74$) (ตารางที่ 5 และภาพที่ 21) โดยกลุ่มดิน (group 2) ที่มีความหนาแน่นรวมสูง (ภาพที่ 18) ซึ่งเป็นกลุ่มดินที่พบอยู่ในแปลงปลูกแบบเชิงเดี่ยวและแบบมีพืชร่วม มีความจุการอุ้มน้ำของดินเท่ากับร้อยละ 15-21 โดยน้ำหนัก มีความพรุนรวมร้อยละ 30-40 และมีอินทรียวัตถุเท่ากับ 6.57-9.01 กรัมต่อกิโลกรัม (ตารางผนวกที่ 1, 3 และ 5)



ภาพที่ 19 ปริมาณความชื้นในสนาม (field moisture) ตามระดับความลึกของดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (polyculture) แบบมีพืชร่วม (mixed culture) และแบบเชิงเดี่ยว (monoculture)



ภาพที่ 20 ความจุการอุ้มน้ำของดินตามระดับความลึก (a) และในหน้าตัดดิน 0-50 ซม. (b) ของดินปลูกยางพาราแบบผสมผสาน (polyculture) แบบมีพืชร่วม (mixed culture) และแบบเชิงเดี่ยว (monoculture)



ภาพที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุการอุ้มน้ำของดินกับความหนาแน่นรวม (a) ปริมาณอินทรียวัตถุ (b) และความพรุนรวม (c) ของดินปลูกยางพารา ที่ระดับความเชื่อมั่น P<0.01

สภาพกร่อนได้ของดิน

ผลการประเมินสภาพกร่อนได้ของผิวหน้าดินจากสมการการหาค่า K-factor ของ Wischmeier and Smith (1978) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ เนื้อดิน โครงสร้างดิน สภาพนำน้ำของดิน และปริมาณอินทรียวัตถุในดิน พบว่าสภาพกร่อนได้ของดินในสวนยางพาราทุกรูปแบบมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 6) และจัดอยู่ในระดับสูงมาก (มากกว่า 0.06) โดยดินที่มีค่า K ต่ำสุด (0.04) พบในแปลงปลูกยางพาราแบบผสมผสาน และดินที่มีค่า K สูงสุด (0.16) พบในแปลงปลูกยางพาราแบบเชิงเดี่ยว

ตารางที่ 6 สภาพกร่อนได้ของชั้นผิวหน้าดิน (0-10 เซนติเมตร)

Soil	OM (%)	M (%)	Ksat	Structure			K-factor
			(cm h^{-1})	Code	Type	Code	
Polyculture							
1	1.96	1422	29.79	1	SAB	4	0.10
2	1.26	539	16.87	1	SAB	4	0.04
3	1.21	1087	10.94	2	SAB	4	0.11
4	1.89	1801	9.60	2	SAB	4	0.15
						Mean±SD	0.10±0.04
Mixed culture							
1	1.72	1705	9.33	2	SAB	4	0.14
2	1.23	696	10.92	2	SAB	4	0.08
3	1.34	1260	14.69	2	SAB	4	0.12
4	1.41	1621	12.43	2	SAB	4	0.14
						Mean±SD	0.12±0.03
Monoculture							
1	1.64	1203	42.20	1	SAB	4	0.09
2	1.04	608	25.54	1	SAB	4	0.05
3	1.80	1530	3.13	3	SAB	4	0.16
4	1.61	1292	2.40	3	SAB	4	0.14
						Mean±SD	0.11±0.05

วิจารณ์ผลการศึกษา

ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

การปลูกยางพาราในลักษณะผสมผสานและมีพืชร่วม เป็นรูปแบบหนึ่งในการจัดการดินเชิงอนุรักษ์ (Blanco and Lal, 2008) ในด้านการเพิ่มสิ่งปกคลุมดินซึ่งช่วยลดการกร่อนดิน ขณะเดียวกันช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุในดินซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อสมบัติทางกายของดิน (Lal and Shukla, 2004) โดยเฉพาะในเขตที่มีฝนตกชุกและพื้นที่ลาดเท ซึ่งส่งเสริมให้เกิดการสูญเสียผิวหน้าดินโดยการกร่อนจากฝนและน้ำไหลบ่าผิวหน้าดินได้ง่ายจนมีผลกระทบต่อคุณภาพดิน (Carter *et al*., 1997) โดยจากผลการศึกษาพบว่า ดินปลูกยางพาราแบบอนุรักษ์ในลักษณะผสมผสานและมีพืชร่วม และแบบเชิงเดี่ยว มีปริมาณอินทรียวัตถุไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4) โดยมีค่าใกล้เคียงกันภายในชั้นดินบน (9.98-15.79 กรัมต่อกิโลกรัม) และชั้นดินล่าง (6.79-7.74 กรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณอินทรียวัตถุในชั้นดินบนจัดว่าอยู่ในระดับเหมาะสม (10 -25 กรัมต่อกิโลกรัม) สำหรับดินปลูกยางพารา (นุชนารถ, 2552) ซึ่งสอดคล้องกับที่พบส่วนใหญ่ในดินปลูกยางพาราของภาคใต้ (จักรกฤษณ์ และคณะ, 2556: นุชนารถ และคณะ, 2556: Darunsontaya, 2011) อย่างไรก็ตาม ปริมาณอินทรียวัตถุต่ำสุด พบในแปลงปลูกแบบเชิงเดี่ยว ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุสูงสุดพบในแปลงปลูกแบบผสมผสาน ทั้งนี้อาจเนื่องจากสวนยางพาราในภาคใต้ที่ปลูกแบบผสมผสานจะมีปริมาณการร่วงหล่นของเศษซากพืชมากกว่ายางพาราแบบเชิงเดี่ยว ทำให้มีอินทรียวัตถุสะสมในดินได้มากกว่า (สาระ และคณะ, 2555 อ้างโดย โครงการร่วมอนุรักษ์เขาคอหงส์ และหน่วยวิจัยสังคมศาสตร์เพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม, 2555) แต่ภายใต้สภาพภูมิอากาศร้อนชื้น มีฝนตกชุก ส่งผลให้อินทรียวัตถุย่อยสลายได้เร็ว (Wambeke, 1992) ทำให้อินทรียวัตถุในดินปลูกยางพาราทุกรูปแบบมีปริมาณใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับที่พบโดยทั่วไปในดินเขตร้อนซึ่งมักมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินไม่สูง (Darunsontaya, 2011; Navarrete *et al*., 2007; Thanachit *et al*.,2006; Watana *et al*., 2005) นอกจากนี้อินทรียวัตถุบางส่วนสูญเสียไปจากดินได้โดยการกร่อนผิวหน้าดิน (Kaihura *et al*., 1999; Zöbisch *et al*., 1995) ซึ่งอัตราการกร่อนแตกต่างกันขึ้นกับปริมาณของพืชคลุมผิวหน้าดินทั้งในลักษณะการปลูกพืชคลุมและพืชคลุมที่ขึ้นตามธรรมชาติ (เวท และคณะ, 2530)

อินทรียวัตถุในดินมีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมอนุภาคดินและเกิดเป็นเม็ดดินหรือโครงสร้างดินที่คงทน รวมถึงความโปร่งหรือแน่นของดิน ซึ่งมีผลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำและเก็บน้ำในดิน (Lal and Shukla, 2004) สอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุมีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูงกับความคงทนของเม็ดดินและขนาดเฉลี่ยของเม็ดดิน และมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นรวม ความพรุนรวม ความจุความชื้นสนาม ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ และความจุการอุ้มน้ำของดิน (ตารางที่ 5 และภาพที่ 6, 8a, 12-13, 15a และ 21b) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่มีการปลูกยางพารามีผลต่อตัวบ่งชี้คุณภาพดินทั้งด้านโครงสร้างและการเก็บน้ำของดิน

คุณภาพดินด้านโครงสร้าง

คุณภาพด้านโครงสร้างของดินต่อการถูกกร่อนโดยน้ำ รวมถึงการเกิดแผ่นแข็งบริเวณผิวหน้าดินของพื้นที่ที่มีการจัดการดินทางเกษตร ซึ่งบ่งชี้จากปริมาณความคงทนและขนาดของเม็ดดิน (Topp *et al*., 1997) จากผลการศึกษา พบว่าดินปลูกยางพาราทุกรูปแบบมีลักษณะของเม็ดดินใกล้เคียงกันมาก (ภาพที่ 10 และ 11) เนื่องจากดินมีปริมาณอินทรียวัตถุใกล้เคียงกันมาก โดยดินปลูกยางพาราทุกรูปแบบ มีปริมาณเม็ดดินที่คงทนระดับสูงทั้งในชั้นดินบนและชั้นดินล่าง และมีขนาดเฉลี่ยเม็ดดินในชั้นดินบนอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการเกษตร แต่ในชั้นดินล่างมีขนาดเม็ดดินเล็กลง เนื่องจากปริมาณอินทรียวัตถุในชั้นดินล่างของดินปลูกยางพาราทุกรูปแบบมีปริมาณลดลง (ตารางที่ 4) สอดคล้องกับการศึกษาในดินอันดับออกซิซอลส์ที่ปลูกยางพาราซึ่งพบว่ามีปริมาณเม็ดดินที่คงทนสูง (ร้อยละ 89) โดยปริมาณอินทรียวัตถุมีความสัมพันธ์สูงกับความแข็งแรงของเม็ดดิน (Trakooyingcharoen *et al*., 2012)

ดินปลูกยางพาราที่ศึกษามีความคงทนของเม็ดดินสูงแม้ว่าปริมาณอินทรียวัตถุของมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 2 ซึ่งในบางรายงาน (Zhang *et al*., 2008; Shrestha *et al*., 2007) พบว่าความคงทนของเม็ดดินระดับสูงมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีวัตถุมากกว่าร้อยละ 2 อาจเนื่องจากดินปลูกยางพาราทุกรูปแบบมีสภาพเป็นกรดจัด (ตารางที่ 3) ทั้งนี้ความคงทนของเม็ดดินมีความสัมพันธ์สูงกับ pH ของดิน โดยเฉพาะเมื่อดินมีสภาพเป็นกรดจัดจะมีปริมาณเม็ดดินที่คงทนมากกว่าร้อยละ 70 (Kaewmano, *et al*., 2009) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่าความคงทนของเม็ดดินมีความสัมพันธ์กับ pH ของดิน (ตารางที่ 5)

อย่างไรก็ตามแม้ว่าชั้นผิวหน้าดินมีลักษณะเม็ดดินที่คงทนต่อการกร่อนสูง แต่พบว่าสภาพกร่อนได้ของผิวหน้าดินจัดอยู่ในระดับสูงมากโดยมีค่า K เฉลี่ยใกล้เคียงกันในทุกรูปแบบการปลูก (ตารางที่ 6) ซึ่งสอดคล้องกับกลุ่มดินเนื้อหยาบในพื้นที่ดอนของภาคใต้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543ข) และดินอัลทิซอลส์ในรัฐฮาวาย (El-Swoify *et al*., 1976) ทั้งนี้เนื่องจากดินมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำสำหรับการต้านทานต่อสภาพกร่อนได้ของผิวหน้าดินซึ่งโดยทั่วไปควรมีปริมาณอินทรียวัตถุไม่น้อยกว่าร้อยละ 2 (Geeves *et al*., 2007) และดินมีโครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนซึ่งโดยทั่วไปมีลักษณะส่งเสริมต่อการแทรกซึมน้ำผ่านผิวดินได้ในอัตราช้ากว่าโครงสร้างแบบก้อนกลม (คณาจารย์ภาควิชา, 2541) แม้ว่าชั้นผิวดินเป็นดินเนื้อหยาบที่เอื้อต่อการให้น้ำเคลื่อนที่เข้าสู่ชั้นดิน

คุณภาพดินด้านการเก็บน้ำ

คุณภาพดินด้านการเก็บน้ำ โดยเฉพาะน้ำส่วนที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้และมีผลโดยตรงต่อการให้ผลผลิตของพืชปลูก สามารถบ่งชี้ได้จากความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดิน (Topp *et al*., 1997) ซึ่งพบว่าดินปลูกยางพาราทุกรูปแบบมีปริมาณความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 14c) และมีความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ภายในความลึก 1 เมตร ซึ่งเป็นความลึกที่เหมาะสมสำหรับดิน

ปลูกยางพารา (Yogavatnam, 2000) อยู่ในระดับต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (100-200 มิลลิเมตรต่อเมตร) สำหรับดินทางการเกษตร (Zhang *et al*., 2008; Hazelton and Murphy, 2007) (ภาพที่ 16)

โดยหากพิจารณาถึงลักษณะการเก็บน้ำของดิน น้ำในดินถูกเก็บไว้ในช่องขนาดเล็ก และน้ำส่วนที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จะเป็นน้ำที่ระดับความจุความชื้นสนามจนถึงจุดเหี่ยวถาวร ซึ่งสมดุลกับปริมาณน้ำที่อยู่ในช่องขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 50 และ 0.2 ไมโครเมตร ตามลำดับ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ดังนั้นความสามารถในการเก็บน้ำของดิน จึงขึ้นอยู่กับปริมาณและขนาดของช่องในดิน ซึ่งถูกควบคุมโดยเนื้อดินและโครงสร้างของดิน (Lal and Shukla, 2004) แต่เนื่องจากดินปลูกยางพาราที่ศึกษา ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มดินร่วนที่มีเนื้อหยาบ (ภาพที่ 4) มีสัดส่วนของอนุภาคขนาดทรายเด่น (ตารางที่ 2) ซึ่งส่งผลให้มีปริมาณการกระจายของช่องขนาดใหญ่มากกว่าช่องขนาดเล็ก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) เป็นผลให้ดินมีความสามารถในการเก็บน้ำส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้เป็นไปตามธรรมชาติของดินร่วนที่มีเนื้อหยาบ (75-160 มิลลิเมตรต่อเมตร) ซึ่งต่ำกว่ากลุ่มดินที่มีเนื้อละเอียดกว่า (มัตติกา, 2547) สอดคล้องกับชุดดินที่ใช้ปลูกยางพาราในพื้นที่ดอนของภาคใต้ที่พบว่ากลุ่มดินร่วนเนื้อหยาบส่วนใหญ่มีความชื้นต่ำกว่ากลุ่มดินร่วนเนื้อละเอียด (นุชนารถ และคณะ, 2556) และเนื่องจากดินมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำ (< 17.1 กรัมต่อกิโลกรัม) สำหรับการส่งเสริมลักษณะทางกายภาพของดิน (Hazelton and Murphy, 2007) และการกักเก็บน้ำในดินที่มีเนื้อหยาบ (Hudson, 1994) โดยเฉพาะในบริเวณชั้นผิวดินซึ่งพบว่าดินปลูกยางพาราทุกรูปแบบมีปริมาณอินทรียวัตถุใกล้เคียงกัน (14.24-15.79 กรัมต่อกิโลกรัม)

อย่างไรก็ตาม รูปแบบการปลูกยางพารามีแนวโน้มทำให้ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ในหน้าตัดดินต่างกัน โดยดินปลูกยางพาราแบบเชิงเดี่ยวมีแนวโน้มต่ำกว่าดินปลูกยางพาราเชิงอนุรักษ์ทั้งในลักษณะแบบมีพืชร่วมและแบบผสมผสาน (ภาพที่ 16) เป็นผลจากดินส่วนใหญ่ของแปลงปลูกยางพาราแบบเชิงเดี่ยว มีความจุความชื้นสนามทั้งในชั้นดินบนและดินล่างต่ำกว่าแปลงปลูกแบบมีพืชร่วมและแบบผสมผสาน (ภาพที่14a) ซึ่งสอดคล้องกับที่พบว่าความจุน้ำใช้ประโยชน์มีความสัมพันธ์เชิงบวกค่อนข้างสูงกับความจุความชื้นสนาม แต่ไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนกับความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร (ตารางที่ 5) โดยปริมาณความชื้นที่ระดับความจุสนามของดินที่ลดลง เป็นผลจากการลดลงของปริมาณอนุภาคขนาดทรายแป้งในดิน และการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นรวมของดินโดยเฉพาะในชั้นดินล่าง (ภาพที่ 15a และ 15c) ซึ่งสอดคล้องกับที่พบว่าดินส่วนใหญ่ในแปลงปลูกยางพาราแบบเชิงเดี่ยวมีอนุภาคขนาดทรายแป้งต่ำกว่าแบบมีพืชร่วมและแบบผสมผสาน และมีความหนาแน่นรวมในชั้นดินล่างอยู่ในระดับสูง (> 1.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) ในขณะที่ดินในแปลงปลูกแบบผสมผสานและแบบมีพืชร่วม มีความหนาแน่นรวมอยู่จัดอยู่ในช่วงที่เหมาะสม (1.3-1.6 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) ต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งในชั้นดินบนและล่าง ทั้งนี้การจัดเรียงตัวกันของอนุภาคขนาดทรายแป้งและดินเหนียวในดิน ส่วนใหญ่จะเกิดเป็นช่องขนาดเล็ก (Hazelton and

Murphy, 2007) ในดิน ในขณะที่การเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นรวมทำให้ปริมาณช่องทั้งหมดในดินลดลง (ภาพที่ 8a) ซึ่งมีผลต่อปริมาณของช่องขนาดเล็กโดยเฉพาะส่วนที่ใช้เก็บน้ำที่เป็นประโยชน์กับพืช

นอกจากนี้ หากพิจารณาจากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (ภาพที่ 18) ซึ่งพบว่ากลุ่มดินที่มีความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ต่ำกว่าร้อยละ 5 (มีค่าระหว่างร้อยละ 2.0-3.6) (ตารางผนวกที่ 5) เป็นดินในพื้นที่ 2 (อำเภอนาหม่อม) ที่ปลูกยางพาราแบบมีพืชร่วมและแบบเชิงเดี่ยว จะพบว่ากลุ่มดินเหล่านี้เป็นดินเนื้อหยาบที่มีปริมาณอนุภาคขนาดทรายแป้งต่ำอยู่ระหว่างร้อยละ 6-7 มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำอยู่ระหว่าง 9.01-12.26 กรัมต่อกิโลกรัม และมีความหนาแน่นรวมสูง มีค่าระหว่าง 1.59-1.83 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ตารางผนวกที่ 1-3) เมื่อเปรียบเทียบกับดินปลูกยางพาราแบบผสมผสานของพื้นที่ 2 ที่มีอนุภาคขนาดทรายแป้งต่ำ (ร้อยละ 6-9) และมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ (7.56-12.59 กรัมต่อกิโลกรัม) เช่นเดียวกัน จะพบว่าดินมีความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้มากกว่าร้อยละ 5 และมีความหนาแน่นรวมอยู่ระหว่าง 1.46-1.56 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นรวมของดินตั้งแต่ 1.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีผลต่อความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินปลูกยางพาราที่ทำการศึกษา

ผลของรูปแบบการปลูกยางพาราแบบเชิงเดี่ยวทำให้ชั้นดินล่าง (25-50 เซนติเมตร) มีความหนาแน่นรวมอยู่ในระดับสูงชัดเจนทางสถิติ (ภาพที่ 5) ซึ่งมีผลให้คุณภาพด้านการเก็บน้ำของดินลดลง (ภาพที่ 16, 18, 20 และ 21a) การเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นรวมของดินโดยเฉพาะในดินล่างเนื่องจากดินมีปริมาณอินทรียวัตถุลดลง (ตารางที่ 4 และภาพที่ 5 และ 6) และมีการสะสมของอนุภาคขนาดดินเหนียวในชั้นดินล่างเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2) นอกจากนี้อาจจะเนื่องจากอิทธิพลการชอนไชของรากพืชที่ทำให้ดินมีความพรุนเพิ่มขึ้น (Bodner *et al*., 2014) โดยแตกต่างกันตามรูปแบบการปลูก การปลูกยางพาราแบบผสมผสานช่วยเพิ่มความพรุนในชั้นดินบน และส่งเสริมความพรุนของชั้นดินล่างเช่นเดียวกับการปลูกยางพาราแบบมีพืชร่วมที่ช่วยส่งเสริมความพรุนของดินมากกว่าการปลูกแบบเชิงเดี่ยว (ภาพที่ 7) ซึ่งความพรุนที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับความหนาแน่นรวมที่ลดลงของดินปลูกยางพารา (ภาพที่ 8a)

นอกจากนี้ ดินในพื้นที่ที่ 2 (อำเภอนาหม่อม) ที่มีการปลูกยางพาราแบบเชิงเดี่ยว มีความหนาแน่นรวมในชั้นดินล่างสูงอยู่ในระดับวิกฤต (> 1.80 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) (ตารางผนวกที่ 3) บ่งชี้ว่าดินมีสภาพอัดแน่น (soil compaction) เกิดขึ้น (Lal and Shukla, 2004) โดยการอัดแน่นที่เกิดขึ้นในดินบริเวณดังกล่าว น่าจะมีสาเหตุสำคัญจากกระบวนการกร่อนผิวหน้าดินโดยน้ำ ทำให้สูญเสียชั้นดินบนบางส่วนออกไป และชั้นดินล่างปรับระดับขึ้นมาอยู่ในระดับที่ตื้นขึ้นซึ่งชั้นดินล่างมักมีอนุภาคดินเหนียวมากกว่า (ชั้นดินบน) อนุภาคขนาดเล็กในชั้นดินบนที่ส่วนใหญ่เป็นอนุภาคดินเหนียวและอินทรียวัตถุจึงสูญเสียไปได้ง่ายโดยน้ำไหลบ่า เป็นผลให้อนุภาคขนาดใหญ่ (กว่า) สะสมบริเวณผิวหน้าดินเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาสมบัติของดินในพื้นที่ซึ่งพบว่าชั้นผิวดินมีปริมาณอนุภาคขนาดทรายสูง แต่มีอนุภาคขนาดดินเหนียวต่ำและมีอินทรียวัตถุระดับต่ำมาก (ตารางผนวกที่ 1 และ 2)

ส่วนชั้นดินล่างมีการเคลื่อนที่ของน้ำในหน้าตัดดินช้า (ตารางผนวกที่ 3) และมีความจุการอุ้มน้ำต่ำมาก (ตารางผนวกที่ 5) ซึ่งลักษณะดังกล่าวส่งเสริมให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินได้มากขึ้น เมื่อเทียบกับแปลงที่มีการปลูกแบบผสมผสานและแบบมีพืชร่วมในพื้นที่เดียวกัน ประกอบกับลักษณะการปลูกยางพาราแบบเชิงเดี่ยวมีการร่วงหล่นของเศษซากพืชปกคลุมดินน้อยกว่าการปลูกแบบผสมผสานและแบบมีพืชร่วม (สาระ และคณะ, 2555 อ้างโดย โครงการร่วมอนุรักษ์เขาคอหงส์ และหน่วยวิจัยสังคมศาสตร์เพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม, 2555) จึงมีโอกาสที่ผิวหน้าดินได้รับอิทธิพลจากแรงปะทะจากน้ำฝนและน้ำไหลบ่ามากกว่า ซึ่งส่งเสริมให้สูญเสียผิวหน้าดินจากการกร่อนมากขึ้น (Blanco and Lal, 2008)

การอัดแน่นและดินมีความหนาแน่นรวมสูงในชั้นดินล่างของแปลงปลูกยางพาราแบบเชิงเดี่ยว นอกจากมีผลกระทบต่อการกักเก็บน้ำในดินได้น้อยลงโดยเฉพาะน้ำใช้ประโยชน์ได้ และจำกัดการเคลื่อนที่ของน้ำภายในหน้าตัดดินซึ่งมีผลต่อปริมาณน้ำไหลบ่าและการสูญเสียดิน โดยผลกระทบดังกล่าวส่งผลทั้งต่อคุณภาพดิน (Romero-Díaz *et al*., 2012; Kaihura *et al*., 1999) และความสามารถในการให้ผลผลิตของพืช (Munodawafa, 2011) ในพื้นที่แล้ว ยังมีความเสี่ยงต่อการเกิดอาการเปลือกแห้ง เนื่องจากการเจริญเติบโตของระบบรากถูกจำกัดซึ่งทำให้ความสามารถในการดูดน้ำและธาตุอาหารของต้นยางพาราลดลง (Nandris *et al*., 2004)

สรุป และเสนอแนะ

ดินปลูกยางพาราทุกบริเวณมีการกระจายของกลุ่มอนุภาคขนาดทรายเป็นลักษณะเด่น ส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มดินร่วนที่มีเนื้อหยาบและมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายทั้งชั้นดินบนและดินล่าง ปริมาณอินทรียวัตถุในดินปลูกยางพาราทั้งแบบเชิงอนุรักษ์ในลักษณะผสมผสานและมีพืชร่วม และแบบเชิงเดี่ยวมีค่าใกล้เคียงกันทั้งในชั้นดินบนและดินล่าง และส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงต่ำ ทำให้สมบัติดินส่วนใหญ่ที่เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพดินทั้งด้านโครงสร้างและการเก็บน้ำของดินมีลักษณะไม่แตกต่างกันชัดเจนตามรูปแบบการปลูกยางพารา ทั้งนี้ปริมาณอินทรียวัตถุมีความสัมพันธ์กับความคงทนของเม็ดดิน ขนาดเฉลี่ยของเม็ดดิน ความหนาแน่นรวม ความจุความชื้นสนาม ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ และความจุการอุ้มน้ำของดิน คุณภาพดินด้านโครงสร้างของดินปลูกยางพารามีลักษณะใกล้เคียงกันทุกรูปแบบการปลูก โดยลักษณะเม็ดดินมีขนาดอยู่ในช่วงเหมาะสมและมีความคงทนสูง แต่มีสภาพกร่อนได้ของผิวหน้าดินระดับสูง ส่วนคุณภาพด้านการเก็บน้ำโดยเฉพาะความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ยังอยู่ในระดับต่ำ โดยดินปลูกยางพาราแบบเชิงเดี่ยวมีแนวโน้มต่ำกว่าดินปลูกยางพาราเชิงอนุรักษ์ทั้งในลักษณะแบบมีพืชร่วมและแบบผสมผสาน

รูปแบบการปลูกยางพารามีผลกระทบชัดเจนต่อความหนาแน่นรวมของดิน โดยการปลูกแบบเชิงเดี่ยวทำให้ชั้นดินล่างมีความหนาแน่นรวมเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับสูง และบางพื้นที่มีสภาพอัดแน่นของดินเกิดขึ้น ส่งผลให้ทั้งความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้และความจุการอุ้มน้ำในหน้าตัดดินลดลง และทำให้การเคลื่อนที่ของน้ำภายในดินมีแนวโน้มช้าลงเมื่อเทียบกับการปลูกยางพาราแบบมีพืชร่วมและแบบผสมผสาน ทั้งนี้ความหนาแน่นรวมดินที่ระดับตั้งแต่ 1.6 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีผลต่อความจุในการเก็บน้ำของดิน ในขณะที่การปลูกยางพาราแบบผสมผสานช่วยเพิ่มความพรุนในชั้นดินบนและส่งเสริมความพรุนของชั้นดินล่าง ส่วนการปลูกยางพาราแบบมีพืชร่วมช่วยส่งเสริมความพรุนของดินมากกว่าการปลูกแบบเชิงเดี่ยว

ดังนั้นการปลูกยางพาราทั้งแบบเชิงอนุรักษ์และแบบเชิงเดี่ยวในกลุ่มดินเนื้อหยาบในเขตที่มีฝนตกชุก ควรมีการจัดการอินทรียวัตถุโดยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพื่อทำให้ดินมีความชื้นที่ระดับความจุความชื้นสนามเพิ่มขึ้นซึ่งส่งเสริมให้ดินมีความจุในการอุ้มน้ำใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น ร่วมกับการจัดการความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยการใส่ปุ๋ยซึ่งถือวิธีหนึ่งในการอนุรักษ์ดิน โดยดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงจะส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชให้ขึ้นปกคลุมดินได้ดี และมีสภาพทางกายภาพของดินเหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืชซึ่งช่วยเพิ่มการซาบซึมน้ำของดิน จึงช่วยลดการกร่อนดิน ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการป้องการการเกิดการอัดแน่นของดินโดยเฉพาะในดินที่มีการปลูกยางพาราแบบเชิงเดี่ยว อย่างไรก็ตามในดินกลุ่มเนื้อหยาบที่มีเนื้อดินหยาบมาก (ดินทรายและทรายปนร่วน) ควรปลูกยางพาราแบบเชิงอนุรักษ์มากกว่าแบบเชิงเดี่ยว

เอกสารอ้างอิง

กรมแผนที่ทหารกระทรวงกลาโหม. 2540. แผนที่สภาพภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2543ก. ความเหมาะสมด้านกายภาพต่อการปลูกยางพารา. สืบค้นจาก: http://www.ldd.go.th/menu_download/download-1.htm [21 สิงหาคม 2556].

กรมพัฒนาที่ดิน. 2543ข. การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2559. ข้อมูลสถิติอุตุนิยมวิทยาจังหวัดสงขลา (พ.ศ. 2540-2558). สืบค้นจาก: http://www.songkhla.tmd.go.th/songkhla.html [29 มิถุนายน 2559]

กองสำรวจดินและจำแนกดิน. 2516. แผนที่ดินจังหวัดสงขลา มาตราส่วน 1:100,000. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โครงการร่วมอนุรักษ์เขาคอหงส์ และหน่วยวิจัยสังคมศาสตร์เพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม. 2555. การจัดการความรู้เรื่องการจัดการสวนยางพาราแบบวนเกษตร เพื่อความยั่งยืนของชุมชนและสิ่งแวดล้อมในภาคใต้. สงขลา : คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

จักรกฤษณ์ พูนภักดี, จำเป็น อ่อนทอง, ขวัญตา ขาวมี และสุพรรณี ดวงทอง. 2556. รูปของโพแทสเซียมในดินที่ดอนและที่ลุ่มที่ใช้ปลูกยางพาราในจังหวัดสงขลา. แก่นเกษตร 41 ฉบับพิเศษ 2: 21-32.

จำเป็น อ่อนทอง และจักรกฤษณ์ พูนภักดี. 2555. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. สงขลา : ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

จำเป็น อ่อนทอง, จุฑามาศ แก้วมโน และจักรกฤษณ์ พูนภักดี. 2556. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการสถานะโพแทสเซียมและสมบัติของดินนาร้างและดินที่ดอนที่ใช้ปลูกยางพารา. สงขลา : ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นิลุบล สุวลักษณ์. 2552. ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้ปุ๋ยของเกษตรกรชาวสวนยางในอำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา. สารนิพนธ์ ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นุชนารถ กังพิศดาร, มนัชญา รัตนโชติ, ปูธิตา เปรมกระสิน, ธมลวรรณ ขิวรัมย์, ลาวัลย์ จันทร์อัมพร และอนันต์ ทองภู. 2556. การพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารพืชสำหรับยางพาราเฉพาะพื้นที่. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

นุชนารถ กังพิศดาร, ไววิทย์ บูรณธรรม, ชำนาญ บุศเลิศ และอนันต์ เฉลิมพนาพันธ์. 2540. ศึกษาระดับปุ๋ย N P K และ Mg ที่เหมาะสมกับยางอ่อนในดินเหนียวในสวนยางปลูกแทนรอบสอง. กรุงเทพฯ : รายงานการวิจัย สถาบันวิจัยยางพารา กรมวิชาการเกษตร.

นุชนารถ กังพิศดาร. 2552. การจัดการสวนยางพาราอย่างยั่งยืน : ดิน น้ำ และธาตุอาหารพืช. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

นุชนารถ กังพิศดาร. 2555. การจัดการดินและปุ๋ยเพื่อการผลิตยางพาราอย่างยั่งยืน. *ใน* การจัดการสวนยางอย่างยั่งยืน. หน้า 26-66. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

นุชนารถ กังพิสดาร. 2547. การใช้ปุ๋ยและการปรับปรุงดินในสวนยาง. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ปฏิญญา สระกวี, สายัณห์ สดุดี และปราโมทย์ แก้ววงศ์ศรี. 2553. ผลของระบบการปลูกพืชร่วมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของลองกองและยางพารา. การประชุมสัมมนาวิชาการ ระบบเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 6 : ระบบเกษตรเพื่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม ณ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 16-18 สิงหาคม 2553.

พิเชษฐ ไชยพานิชย์, จำนงค์ คงศิลป์, อารักษ์ จันทุมา, ธีรชาต วิชิตชลชัย และยุทธกร ธรรมศิริ. 2547. ระดับธาตุอาหารในดินและในต้นยางพาราในเขตปลูกยางใหม่. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

มัตติกา พนมธรนิจกุล. การจัดการดินและน้ำเพื่อระบบการเกษตรที่ยั่งยืน. 2547. ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วุฒิชาติ ศิริช่วยชู. 2550. ฐานข้อมูลดินภาคใต้เพื่อการพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เวท ไทยนุกูล, สมยศ สินธุระหัส, โสภา โพธิวัตถุธรรม, ลิขิต นวลศรี, ไสว ลิ่มลิขิต และรังษี วัฒนะ. 2530. การศึกษาการป้องกันการพังทะลายของดินด้วยการปลูกยางพาราเปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่น. วารสารยางพารา 8 : 31-41.

ศรัทธา บุญรอด, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, วันเพ็ญ วิริยะกิจนทีกุล, อัญชลี สุทธิประการ และ Hammecker, C. 2552. ความอุดมสมบูรณ์และศักยภาพของดินปลูกยางพาราในพื้นที่อำเภอพระยืน จังหวัดขอนแก่น. แก่นเกษตร 37 : 121-130.

สถาบันวิจัยยาง. 2555. ข้อมูลวิชาการยางพาราปี 2555. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สถาบันวิจัยยาง. 2556. การปลูกพืชคลุมซีรูเลียมในสวนยางและการผลิตเมล็ดพันธุ์ซีรูเลียม. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สมเจตน์ จันทวัฒน์. 2526. การอนุรักษ์ดินและน้ำ: หลักการอนุรักษ์ดินและน้ำ. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สามัคคี บุณยะวัฒน์ และชัยวัฒน์ คงสม. 2532. การกระจายช่องว่างขนาดต่าง ๆ ของดินป่าดิบชื้นและสวนยางพาราในภาคใต้ของประเทศไทย. วารสารวนศาสตร์ 8 : 42-59.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555ก. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร. กรุงเทพฯ : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555ข. กรอบยุทธศาสตร์ความมั่นคงด้านอาหาร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (พ.ศ. 2556-2559). กรุงเทพฯ : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน. 2548. เอกสารวิชาการยางพารา. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน. 2548. มหัศจรรย์พันธุ์ดิน. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักสำรวจและจำแนกดิน. 2553. รายงานการสำรวจดินเพื่อการเกษตร จังหวัดสงขลา. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สิทธิชัย บุญมณี, จำเป็น อ่อนทอง และขวัญตา ขาวมี. 2556. เปรียบเทียบการใส่ปุ๋ยตามค่าทดสอบดินและตามคำแนะนำสถาบันวิจัยยางในยางพาราก่อนเปิดกรีด. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 31 : 53-62.

หทัยกานต์ นวลแก้ว, จักรกฤษณ์ พูนภักดี, จุฑามาศ แก้วมโน และจำเป็น อ่อนทอง. 2556. การใช้ปุ๋ยและแนวทางการจัดการดินปลูกยางพาราในที่ลุ่มและที่ดอนในจังหวัดสงขลา. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 8 : 146-159.

อรรณพ พุทธโส, โกศล เคนทะ, ศกุนตลา สุภาลัย, ศุภฤกษ์ กลิ่นหวล และนิลภัทร คงพ่วง. 2555. สมบัติของดินบางประการ การกักเก็บคาร์บอนและไนโตรเจนในดิน ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน. วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ 27 : 21-32.

อานุช คีรีรัฐนิคม และสุธาสินี โพธิสุนทร. 2554. การสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการพังทลายของดินในพื้นที่ปลูกยางพารา อำเภอตะโหมด จังหวัดพัทลุง. วารสารการจัดการป่าไม้ 5 : 33-42.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2533. ดินของประเทศไทย: ลักษณะ การแจกกระจาย และการใช้. กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2547. คู่มือปฏิบัติการ การสำรวจดิน. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์-มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2548. การสำรวจดิน. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Alliaume, F., Rossing, W.A.H., García, M. Giller, K.E. and Dogliotti, S. 2013. Changes in soil quality and plant available water capacity following systems re-design on commercial vegetable farms. European Journal of Agronomy 46 : 10-19.

Blake, G. R. and Hartge, K. H. 1986a. Bulk density. *In* Methods of Soil Analysis Part 1: Physical and Mineralogical Methods. (ed. A. Klute) pp. 363-375. Wisconsin : American Society of Agronomy, Inc.

Blake, G. R. and Hartge, K. H. 1986b. Particle density. *In* Methods of Soil Analysis Part 1: Physical and Mineralogical Methods. (ed. A. Klute) pp. 377-382. Wisconsin : American Society of Agronomy, Inc.

Blanco, H. and Lal, R. 2008. Principles of Soil Conservation and Management. Kansas : Springer+Business Media.

Blanco-Canqui, H., Lal, R., Post, W.M., Izaurralde, R.C. and Shipitalo, M.J. 2007. Soil hydraulic properties influenced by corn stover removal from no-till con in Ohio. Soil & Tillage Research 92 : 144-155.

Bodner, G., Leitner, D. and Kaul, H.-P. 2014. Coarse and fine root plants affect pore size distributions differently. Plant Soil 380 : 133–151.

Brady, N.C. and Weil, R.R. 2008. The Nature and Properties of Soils. New Jersey : Pearson Prentice Hall.

Carter, M.R., Gregorich, E.G., Anderson, D.W. and Doran, J.W. 1997. Concept of Soil Quality and Their Significance. *In* Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health (ed. Gregorich, E.G. and Carter, M.R.) pp. 1-19. Netherlands: Elsevier Science B.V.

Cheng, C.M., Wang, R.S. and Jiang, J.S. 2007. Variation of soil fertility and carbon sequestration by planting *Hevea brasiliensis* in Hainan Island, China. Journal of Environmental Sciences 19 : 348-352.

Danielson, R.E. and Sutherland, P.L. 1986. Porosity. *In* Methods of Soil Analysis Part 1: Physical and Mineralogical Methods. (ed. A. Klute) pp. 443-461. Wisconsin : American Society of Agronomy, Inc.

Darunsontaya, T. 2011. The Mineralogy of Upland Agricultural Soils under Tropical Monsoonal Environment. Ph.D. Dissertation. Kasetsart University.

Ekwue, E.I. and Harrilal, A. 2010. Effect of soil type, peat, slope, compaction effort and their interactions on infiltration, runoff and raindrop erosion of some Trinidadian soils. Biosystems Engineering 105 : 112-118.

Elliott, E.T. 1986. Aggregate structure and carbon, nitrogen and phosphorus in native and cultivated soils. Soil Science Society of America Journal 50 : 627-633.

El-Swoify, S.A. and Dangler, E.W. 1976. Erodibility of selected tropical soils in relation to structural and hydrological parameters. *In* Soil Erosion: Prediction and Control, pp. 105-114. Soil Conservation Society of America.

Fuentes, M., Govaerts, B. De León, F., Hidalgo, C., Dendooven, L. Sayre, K.D. and Etchevers, J. 2009. Fourteen years of applying zero and conventional tillage, crop rotation and residue management systems and its effect on physical and chemical soil quality. European Journal of Agronomy 30 : 228-237.

Gee, G. W. and Bauder, J. W. 1986. Particle-size analysis. *In* Methods of Soil Analysis Part 1: Physical and Mineralogical Methods. (ed. A. Klute) pp. 383-409. Wisconsin : American Society of Agronomy, Inc.

Geeves, G.W., Leys, J.F. and McTainsh, G.H. 2007. Soil erodibility. *In* Soils: Their Properties and Management. (eds Charman, P.E.V. and Murphy, B.W.) pp. 206–221. Melbourne: Oxford University Press.

Gregorich, E.G. and Carter, M.R. 1997. Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health. Amsterdam : Elsevier Science B.V.

Hazelton, P.A. and Murphy, B.W. 2007. Interpreting Soil Test Results: What do all the number mean?. Australia: CSIRO PUBLISHING.

Hudson, B.D. 1994. Soil organic matter and available water capacity. Journal of Soil and Water Conservation 49: 189‑194.

Kaewmano, C., Kheoruenromne, I., Suddhiprakarn, A. and Gilkes, R. J. 2009. Aggregate stability of salt-affected kaolinitic soils on the North-east Plateau, Thailand. Australian Journal of Soil Research 47: 697-706.

Kaihura, F.B.S., Kullaya, I.K., Kilasara, M., Aune, J.B., Singh, B.R. and Lal, R. 1999. Soil quality effects of accelerated erosion and management systems in three eco-regions of Tanzania. Soil & Tillage Research 53 : 59-70.

Karthikakuttyamma, M., Suresh, P.R., Prasannakumari, P., George, V. and Aiyer, R.S. 1998. Effect of continuous cultivation of rubber (*Hevea brasiliensis*) on morphological features and organic carbon, total nitrogen, phosphorous and potassium contents of soil. Indian Journal of Natural Rubber Research 11 : 73-79.

Kemper, W.D. and Rosenau, R.C. 1986. Aggregate stability and size distribution. *In* Methods of Soil Analysis Part 1: Physical and Mineralogical Methods. (ed. A. Klute) pp. 425-442. Wisconsin : American Society of Agronomy, Inc.

Klute, A. 1986. Water retention: laboratory methods. *In* Methods of Soil Analysis Part 1: Physical and Mineralogical Methods. (ed. A. Klute) pp. 635-662. Wisconsin : American Society of Agronomy, Inc.

Klute, A. and Dirksen, C. 1986. Hydraulic conductivity and diffusivity: laboratory methods. *In* Methods of Soil Analysis Part 1: Physical and Mineralogical Methods. (ed. A. Klute) pp. 687-732. Wisconsin : American Society of Agronomy, Inc.

Lal, R. 1994. Methods and Guidelines for Assessing Sustainable Use of Soil Water Resources in the Tropics. Ohio : The Ohio State University Printing Services.

Lal, R. and Shukla, M.K. 2004. Principles of Soil Physics. New York: Marcel Dekker, Inc.

Lalani S. 2000. Economics and efficiency of fertilizer utilization in inmamature rubber. Bulletin of the Rubber Research Institute of Sri Lanka 42 : 1-10.

Martínez, L.J. and Zinck, J.A. 2004. Temporal variation of soil compaction and deterioration of soil quality in pasture areas of Colombian Amazonia. Soil & Tillage Research 75 : 3-17.

Montenegro, A.A.A., Abrantes, J.R.C.B., de Lima, J.L.M.P., Singh, V.P. and Santos, T.E.M. 2013. Impact of mulching on soil and water dynamics under intermittent simulated rainfall. Catena 109 : 139-149.

Munodawafa, A. 2011. Maize grain yield as affected by the severity of soil erosion under semi-arid conditions and granitic sandy soils of Zimbabwe. Physics and Chemistry of the Earth 36 : 963-967.

Nageswara, D.V.K. and Jessy, M.D. 2007. Impact of effective soil volume on growth and yield of rubber (*Hevea brasiliensis*). Indian Journal of Natural Rubber Research. 141 : 332-340.

Nandris, D., Pellegrin, F., Moreau, R., Abina, J., Angui, P. and Chrestin, H. 2004. Etiology, epidemiology and environmental investigations on the causal factors of rubber tree (Hevea brasiliensis) bark necrosis: A physiological trunk disease caused by an accumulation of stresses. IRRDB Conference “NR Industry: Responding to Globalization”, Kunming.

Navarrete, I., Asio, V. B., Jahn, R. and Tsutsuki, K. 2007. Characteristics and genesis of two strongly weathered soils in Samar, Philippines. Australian Journal of Soil Research 45 : 153-163.

Njar, G.N., Iwara, A.I., Ekukinam, U.E., Deekor, T.N. and Amiolemen, S.O. 2011. Organic carbon and total nitrogen status of soils under rubber plantation of various ages, south-southern Nigeria. Journal of Environmental Science and Resource Management 3 : 1-13.

Peel, M. C., Finlayson, B. L. and McMahon, T.A. 2007. Updated world map of the KÖppen-Geiger climate classification. Hydrology Earth System Sciences 11 : 1633-1644.

Peng, T. and Wang, S.J. 2012. Effects of land use, land cover and rainfall regimes on the surface runoff and soil loss on karst slopes in southwest China. Catena 90 : 53-62.

Reynolds, W.D., Drury, C.F., Yang, X.M. and Tan, C.S. 2008. Optimal soil physical quality inferred through structural regression and parameter interactions. Geoderma 146 : 466-474.

Reynolds, W.D., Drury, C.F., Yang, X.M., Fox, C.A., Tan, C.S. and Zhang, T.Q. 2007. Land management effects on the near-surface physical quality of a clay loam soil. Soil & Tillage Research 96 : 316-330.

Romero-Diaz, A., Marin-Sanleandro, P. and Ortiz-Silla, R. 2012. Loss of soil fertility estimated from sediment trapped in check dams South-eastern Spain. Catena 99 : 42-53.

Rosewell, C.J. and Loch, R.J. 2002. Estimation of the RUSLE Soil Erodibility Factor. *In* Soil Physical Measurement and Interpretation for Land Evaluation. (eds. McKenzie, N., Coughlan, K. and Cresswell, H.) pp. 360-369. Victoria : CSIRO PUBLISHING.

Saengruksawong, C., Khamyong, S., Anongrak, N. and Pinthong, J. 2012. Growths and carbon stocks of para rubber plantations on Phonpisai soil series in northeastern Thailand. Rubber Thai Journal 1 : 1-18.

Shrestha, B.M., Singh, B.R., Sitaula, B.K., Lal, R. and Bajracharya, R.M. 2007. Soil aggregate- and particle- associated organic carbon under different land use in Nepal. Soil Science Society of America Journal 71 : 1194-1203.

Silva, G.L., Lima, H.V., Campanha, M.M., Gilkes, R.J. and Oliveira, T.S. 2011. Soil physical quality of Luvisols under agroforestry, natural vegetation and conventional crop management systems in Brazilian semi-arid region. Geoderma 167-168 : 61-70.

Soil Survey Staff. 2006. Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey. 10theds. Washington D.C.: United States Department of Agriculture, U.S. Government Printing Office.

Thanachit, S., Suddhiprakarn, A., Kheoruenromne, I. and Gilkes, R. J. 2006. The geochemistry of soils on catena on basalt at Khon Buri, northeast Thailand. Geoderma 135 : 81-96.

Topp, G.C., Reynolds, W.D., Cook, F.J., Kirby, J.M. and Carter, M.R. 1997. Physical Attributes of Soil Quality. *In* Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health (eds. Gregorich, E.G. and Carter, M.R.) pp. 21-58. Netherlands: Elsevier Science B.V.

Trakooyingcharoen, P., Gilkes, R.J. and Sangkhasila. 2012. Effects of land use on some physical, chemical and mineralogical characteristics of Thai Oxisols. ScienceAsia 38 : 82-89.

United States Department of Agriculture. 1996. Indicators for Soil Quality Evalution. Available: http://urbanext.illinois.edu/soil/sq_info/sq_eval.pdf [31 March 2014].

Wambeke, A.Van. 1992. Soil of the tropics: properties and appraisal. New York : McGraw-Hill, Inc.

Watana, S., Kheoruenromne, I., Suddhiprakarn, A. and Gilkes, R. J. 2005. Properties of Aquic plinthite formed under a tropical monsoonal climate in Thailand. Thai Journal of Agricultural Science 38 : 1-26.

Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses - A Guide to Conservation Planning. Washington, DC : United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 537.

Xu, M., Zhao, Y., Liu, G. and Wilson, G.V. 2006. Identification of soil quality factors and indicators for the loess plateau of China. Soil Science 172 : 400-413.

Yogaratnam, N. 2000. Rubber land suitability evaluation. Bulletin of the Rubber Research Institute of Sri Lanka 41 : 33-38.

Zhang, H., Zhang, G.L., Zhao, Y.G., Zhao, W.J. and Oi, Z.P. 2007. Chemical degradation of a Ferralsol (Oxisol) under intensive rubber (*Hevea brasiliensis*) farming in tropical China. Soil and Tillage Research 93 : 109-116.

Zhang, M.K. and Fang, L.P. 2007. Effect of tillage, fertilizer and green manure cropping on soil quality at an abandoned brick making site. Soil & Tillage Research 93 : 87-93.

Zhang, Z., Wei,C. Xie, D., Gao, M. and Zeng, X. 2008. Effect of land use patterns on soil aggregate stability in Sichuan Basin, China. Particuology 6 : 157-166.

Zheng-An, S., Jaian-Hui, Z. and Xiao-Jun, N. 2010. Effect of soil erosion on soil properties and crop yields on slope in the Sichuan Basin, China. Pedosphere 20 : 736-746.

Zöbisch, M.A., Richter, C., Heiligtag, B. and Schlott, R. 1995. Nutrient losses from cropland in the Central Highlands of Kenya due to surface runoff and soil erosion. Soil & Tillage Research 33 : 109-116.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินปลูกยางพาราทั้ง 12 แปลง

Depth (cm)	Organic matter (g kg^{-1})	pH
Polyculture		
Site 1		
0-10	19.59	5.2
10-25	12.40	5.0
25-50	6.68	4.9
Site 2		
0-10	12.59	5.3
10-25	11.39	5.2
25-50	7.56	5.2
Site 3		
0-10	12.06	4.7
10-25	7.36	4.7
25-50	4.20	4.6
Site 4		
0-10	18.93	5.0
10-25	11.91	5.0
25-50	10.13	4.7
Mixed culture		
Site 1		
0-10	17.23	5.5
10-25	9.97	5.6
25-50	6.69	5.3
Site 2		
0-10	12.26	4.7
10-25	8.34	4.8
25-50	6.79	4.7
Site 3		
0-10	13.39	4.6
10-25	8.94	4.6
25-50	4.82	4.6
Site 4		
0-10	14.06	5.2
10-25	13.25	5.2
25-50	12.64	5.1
Monoculture		
Site 1		
0-10	16.41	5.3
10-25	10.69	5.4
25-50	7.81	5.4
Site 2		
0-10	10.42	5.4
10-25	9.01	5.6
25-50	6.57	5.6
Site 3		
0-10	17.98	4.7
10-25	8.90	4.6
25-50	5.38	4.7
Site 4		
0-10	16.09	5.2
10-25	11.33	5.4
25-50	7.40	5.2

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์การกระจายของอนุภาคดินของดินปลูกยางพาราทั้ง 12 แปลง

Depth (cm)	Sand	Silt	clay	Textural class
	(----------g kg^{-1} ----------)			
Polyculture				
Site 1				
0-10	769	154	77	Sandy loam
10-25	739	147	114	Sandy loam
25-50	741	156	103	Sandy loam
Site 2				
0-10	881	57	62	Loamy sand
10-25	782	107	111	Sandy loam
25-50	730	94	176	Sandy loam
Site 3				
0-10	812	117	71	Loamy sand
10-25	776	127	97	Sandy loam
25-50	735	125	140	Sandy loam
Site 4				
0-10	671	206	124	Sandy loam
10-25	649	191	160	Sandy loam
25-50	657	185	158	Sandy loam
Mixed culture				
Site 1				
0-10	727	187	86	Sandy loam
10-25	630	212	158	Sandy loam
25-50	558	201	240	Sandy clay loam
Site 2				
0-10	856	75	69	Loamy sand
10-25	801	65	134	Sandy loam
25-50	775	64	161	Sandy loam
Site 3				
0-10	775	138	87	Sandy loam
10-25	734	143	123	Sandy loam
25-50	735	139	126	Sandy loam
Site 4				
0-10	697	184	119	Sandy loam
10-25	627	212	160	Sandy loam
25-50	643	206	151	Sandy loam
Monoculture				
Site 1				
0-10	773	133	94	Sandy loam
10-25	721	169	111	Sandy loam
25-50	698	164	137	Sandy loam
Site 2				
0-10	908	64	52	Sand
10-25	860	59	81	Loamy sand
25-50	809	81	110	Sandy loam
Site 3				
0-10	722	171	106	Sandy loam
10-25	722	147	132	Sandy loam
25-50	716	122	162	Sandy loam
Site 4				
0-10	732	147	121	Sandy loam
10-25	663	158	179	Sandy loam
25-50	599	144	257	Sandy clay loam

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดินปลูกยางพาราทั้ง 12 แปลง

Depth (cm)	Particle density (g cm^{-3})	Bulk density (g cm^{-3})	Total porosity (%)	Hydraulic conductivity (cm hr^{-1})
Polyculture				
Site 1				
0-10	2.58	1.29	49	29.79
10-25	2.57	1.33	48	34.28
25-50	2.48	1.50	38	13.88
Site 2				
0-10	2.61	1.50	37	16.87
10-25	2.65	1.55	45	9.99
25-50	2.66	1.56	40	9.27
Site 3				
0-10	2.64	1.37	55	10.94
10-25	2.64	1.35	38	5.02
25-50	2.61	1.53	37	1.02
Site 4				
0-10	2.62	1.23	52	9.60
10-25	2.62	1.42	45	0.14
25-50	2.63	1.40	37	0.21
Mixed culture				
Site 1				
0-10	2.59	1.32	50	9.33
10-25	2.63	1.33	49	3.82
25-50	2.64	1.53	43	0.81
Site 2				
0-10	2.60	1.64	42	10.92
10-25	2.58	1.46	40	51.65
25-50	2.60	1.59	40	14.30
Site 3				
0-10	2.62	1.19	48	14.69
10-25	2.62	1.62	49	0.25
25-50	2.60	1.65	41	0.20
Site 4				
0-10	2.55	1.26	52	12.43
10-25	2.64	1.45	46	0.76
25-50	2.67	1.62	47	0.04
Monoculture				
Site 1				
0-10	2.60	1.13	57	42.20
10-25	2.61	1.42	45	10.70
25-50	2.63	1.57	40	3.12
Site 2				
0-10	2.60	1.62	37	25.54
10-25	2.64	1.67	37	9.42
25-50	2.63	1.83	30	0.85
Site 3				
0-10	2.60	1.36	48	3.13
10-25	2.68	1.50	44	0.48
25-50	2.65	1.62	39	0.31
Site 4				
0-10	2.62	1.48	44	2.40
10-25	2.61	1.43	45	0.97
25-50	2.59	1.56	40	0.19

ตารางผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ลักษณะของเม็ดดินของดินปลูกยางพาราทั้ง 12 แปลง

Depth (cm)	Mean weight diameter (mm)	Aggregate Stability (%)
Polyculture		
Site 1		
0-10	3.56	92
10-25	2.96	93
25-50	1.92	82
Site 2		
0-10	4.01	92
10-25	3.06	96
25-50	1.23	91
Site 3		
0-10	4.38	92
10-25	1.87	82
25-50	0.53	70
Site 4		
0-10	4.35	97
10-25	1.90	95
25-50	1.13	83
Mixed culture		
Site 1		
0-10	4.39	98
10-25	2.38	91
25-50	1.44	84
Site 2		
0-10	4.18	98
10-25	2.65	82
25-50	1.98	74
Site 3		
0-10	4.42	94
10-25	0.69	86
25-50	2.68	77
Site 4		
0-10	3.55	95
10-25	1.37	93
25-50	1.28	93
Monoculture		
Site 1		
0-10	4.45	93
10-25	3.62	96
25-50	1.77	84
Site 2		
0-10	4.11	96
10-25	1.81	95
25-50	1.46	84
Site 3		
0-10	4.28	93
10-25	1.73	82
25-50	0.40	68
Site 4		
0-10	4.54	94
10-25	2.29	87
25-50	1.09	87

ตารางผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของดินปลูกยางพาราทั้ง 12 แปลง

Depth (cm)	FC	PWP	AWC	WHC	FM
	(---------- %by weight ----------)				
Polyculture					
Site 1					
0-10	17.9	10.6	7.2	39.02	9.5
10-25	14.2	8.1	6.1	34.70	9.6
25-50	13.1	8.2	5.0	26.51	11.0
Site 2					
0-10	11.1	5.9	5.2	28.78	3.1
10-25	15.6	9.9	5.7	27.53	6.2
25-50	12.1	6.6	5.5	25.68	5.4
Site 3					
0-10	18.0	8.2	9.9	32.62	4.3
10-25	18.7	6.7	12.0	30.52	5.1
25-50	12.0	6.7	5.4	22.24	6.5
Site 4					
0-10	29.3	21.5	7.8	42.63	21.9
10-25	23.9	16.0	7.9	27.90	17.1
25-50	20.7	13.8	6.9	26.48	14.3
Mixed culture					
Site 1					
0-10	17.6	11.2	8.4	36.38	3.6
10-25	18.3	10.9	7.4	33.10	5.4
25-50	16.8	10.9	5.9	25.11	6.6
Site 2					
0-10	10.6	6.9	3.6	23.30	6.3
10-25	9.5	5.9	3.6	28.89	7.5
25-50	9.2	6.5	2.7	20.52	6.8
Site 3					
0-10	18.1	7.6	10.5	41.08	4.4
10-25	14.5	7.9	6.5	20.77	7.7
25-50	14.2	7.8	6.4	20.97	7.8
Site 4					
0-10	23.6	14.0	9.5	37.35	9.7
10-25	18.6	11.5	7.2	26.88	8.8
25-50	17.7	11.3	6.4	21.14	9.9
Monoculture					
Site 1					
0-10	17.3	9.4	7.8	41.53	4.7
10-25	15.6	8.7	6.9	28.73	5.8
25-50	14.1	9.2	5.0	23.17	6.5
Site 2					
0-10	9.0	5.6	3.4	24.11	4.5
10-25	8.8	5.8	2.9	21.09	6.4
25-50	7.8	5.8	2.0	14.98	6.1
Site 3					
0-10	16.8	8.4	8.4	30.98	5.2
10-25	19.2	7.6	11.7	26.43	7.0
25-50	13.3	8.2	5.1	20.06	7.9
Site 4					
0-10	19.3	9.4	9.9	29.92	13.0
10-25	18.1	8.7	9.4	27.61	10.3
25-50	18.9	13.3	5.6	22.77	11.0

หมายเหตุ FC = Field capacity; PWP = Permanent wilting point; AWC = Available water capacity; WHC = Water holding capacity; FM = Field moisture

ตารางผนวกที่ 6 เกณฑ์การแบ่งค่าวิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน

สมบัติ	สูงมาก	สูง	ค่อนข้างสูง	ปานกลาง	ค่อนข้างต่ำ	ต่ำ	ต่ำมาก	อ้างอิง
OM	>45	45-35	35-25	25-15	15-10	10-5	<5	เอิบ (2548)
BD	>1.9	1.9-1.6	-	1.6-1.3	-	1.3-1.0	<1.0	Hazelton *et al*. (2007)
AWC	-	>200	-	200-100	-	<100	-	
HC	>12	12-6	-	2-6	-	2-1	<1	Lal, R. (1994)
MWD		>2.5	2-2.5	1.0-2.0	0.5-1.0	<0.5	-	
AS		>75	50-75	25-50	5-25	<5	-	
K_{factor}	>0.06	0.06-0.04	-	0.04-0.02	-	0.02-0.01	0.00-0.01	Rosewell and Loch (2002)

หมายเหตุ OM = Organic matter (g kg^{-1}); BD = Bulk density (g cm^{-3});
AWC = Available water capacity (mm m^{-1});
HC = Saturated hydraulic conductivity (cm h^{-1});
MWD = Mean weight diameter (mm); AS = Aggregate stability (%)
K_{factor} = Soil erodibility factor of the USLE