



**ใบรับรองวิทยานิพนธ์**  
**บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา	ปฐพีวิทยา
สาขา	ภาควิชา
เรื่อง	ศักยภาพของดินตามลำดับภูมิประเทศสำหรับการปลูกมันสำปะหลังและอ้อย
	Potential of Soils on Toposequences for Cassava and Sugarcane Production
นามผู้วิจัย	นายจิรณัทย์ หงษ์จาดูรันต์
ได้พิจารณาเห็นชอบโดย	
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	( อาจารย์ศุภิมา ชนะจิตต์, ปร.ด. )
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	( รองศาสตราจารย์อัญชลี สุทธิประการ, Ph.D. )
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	( ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, Ph.D. )
หัวหน้าภาควิชา	( ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุเทพ ทองแพ, วท.ด. )

**บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว**

( รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr. )

**คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย**

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ศักยภาพของดินตามลำดับภูมิประเทศสำหรับการปลูกมันสำปะหลังและอ้อย

Potential of Soils on Toposequences for Cassava and Sugarcane Production

โดย

นายจิรณัฏย์ หงษ์จาดูร์นัต

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จิรณัทย์ หงษ์จาตุรันต์ 2554: ศักยภาพของดินตามลำดับภูมิประเทศสำหรับการปลูกมันสำปะหลังและอ้อย  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) สาขาวิชาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษา  
วิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์ศุภิมา ชนะจิตต์, ปร.ด. 122 หน้า

ทำการศึกษาศักยภาพของดินต่อการปลูกมันสำปะหลังและอ้อยบนลำดับภูมิประเทศที่เป็นเนินเขาเดี่ยว  
ของหินทรายในตำบลกฤษณา อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 4 ตำแหน่งตามความลาดเท ได้แก่ บริเวณ  
ยอดเนิน ตอนบนและตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลาง และดินเขา โดยพื้นที่ที่อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลางอยู่ใน  
พิสัย 343-320 ม. ผิวหน้าเป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงเกือบราบ โดยมีลาดชันอยู่ในพิสัยร้อยละ 1-4 และมีความลาดเท  
ยาว การไหลบ่าหน้าผาผิวดินปานกลางและความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านผิวดินปานกลางถึงเร็ว

ดินในทุกบริเวณจัดจำแนกเป็น Typic Paleustults เป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี พบน้ำใต้ดินตั้งแต่ระดับ  
ความลึก 125-200 ซม. โดยบริเวณตอนกลางของเนินเขาพบน้ำใต้ดินอยู่ตื้นที่สุดที่ 125 ซม. ดินบนมีสีน้ำตาลจนถึง  
น้ำตาลเข้ม ในขณะที่ดินล่างบริเวณยอดเนินจะมีสีแดงและเปลี่ยนเป็นสีเหลืองรวมทั้งพบจุดประในบริเวณ  
ตอนกลางไล่ลงไปยังตำแหน่งที่อยู่ต่ำสุดของบริเวณศึกษา สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินตามลำดับภูมิประเทศ  
มีความคล้ายคลึงกัน โดยมีเนื้อดินเป็นทรายจนถึงร่วนปนทราย ความหนาแน่นรวมอยู่ในระดับต่ำถึงสูง (1.39-1.88  
เม.ก./ลบ.ม.) ดินเป็นกรดรุนแรงถึงกรดปานกลาง (pH 4.4-6.2) และมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ โดยมีปริมาณ  
อินทรีย์วัตถุ (1.02-5.49 ก./กก.) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (0.16-10.67 มก./กก.) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์  
(3.10-46.25 มก./กก.) และความจุการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (1.25-3.75 เซนติโมล/กก.) ต่ำ

ดินบริเวณยอดเนินมีความเหมาะสมต่อมันสำปะหลังปานกลาง (S2em) ส่วนอีก 3 บริเวณที่อยู่ต่ำกว่ามี  
ความเหมาะสมน้อย (S3dne และ S3nd) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดและน้ำหนักสดส่วน  
เหนือดินที่ปลูกในบริเวณยอดเนินสูงที่สุดเท่ากับ 4.57 และ 1.53 ตัน/ไร่ ตามลำดับ รวมทั้งมีร้อยละการสะสมแป้ง  
สูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 29.9 ในขณะที่อีก 3 บริเวณที่เหลือส่งผลให้ผลผลิตหัวมันสดและน้ำหนักสดส่วนเหนือดิน  
ไม่แตกต่างกันแต่ต่ำกว่าบริเวณยอดเนินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยบริเวณตอนบนของที่ลาดเทตอนกลางมี  
แนวโน้มน้ำหนักหัวมันสดและน้ำหนักสดส่วนเหนือดินต่ำสุด (0.53 และ 0.41 ตัน/ไร่ตามลำดับ) ส่วนตอนล่างของ  
ที่ลาดเทตอนกลางส่งผลให้การสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังสดต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 23.6

ดินทุกบริเวณมีความเหมาะสมต่อการปลูกอ้อยปานกลางแต่มีข้อจำกัดที่แตกต่างกัน (S2nm และ S2ns)  
ซึ่งผลผลิตอ้อยยอดที่ปลูกในแต่ละตำแหน่งของลำดับของภูมิประเทศไม่แตกต่างกัน บริเวณยอดเนินมีแนวโน้มให้  
ผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 12.08 ตัน/ไร่ และบริเวณตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลางมีแนวโน้มให้ผลผลิตอ้อยสดต่ำที่  
สุดแต่กลับมีแนวโน้มให้น้ำหนักยอดสูงที่สุดเท่ากับ 7.48 และ 4.25 ตัน/ไร่ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าศักยภาพของ  
ดินที่เกิดจากหินทรายตามลำดับภูมิประเทศที่เป็นเนินเขาเดี่ยวสำหรับการปลูกมันสำปะหลังและอ้อยจะขึ้นอยู่กับ  
ระดับน้ำใต้ดิน และสมบัติทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับความชื้นมากกว่าสมบัติทางเคมีของดิน

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Jeeranut Hongjaturun 2011: Potential of Soils on Toposequences for Cassava and Sugarcane Production. Master of Science (Soil Science), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Miss Suphicha Thanachit, Ph.D. 122 pages.

The potential of soils for growing cassava and sugarcane on toposequence of sandstone low hill at Krissana subdistrict, Sikhio district, Nakhon Ratchasima province was undertaken on four locations; summit slope, upper middle slope, lower middle slope, and footslope of low hill. Elevation of the area ranges between 343-320 m above MSL. Relief of the area is nearly gentle to undulating, with 1-4% slope and long length of slope. Surface runoff is moderate and permeability is moderate to rapid.

All four soils were classified as Typic Paleustults. They were deep soils with well drained feature. Groundwater depth at the time of sampling was between 125-200 m where the soil on the middle slope had the shallowest ground water level of 125 m. Their topsoils had brown to strong brown colors. The color of subsoils of soil on the summit was red and became yellow with a presence of mottles in soils located on the middle slope to the lowest position of the study area. Physico-chemical properties of these soils along toposequence were rather similar, having sand to sandy loam textures. Their bulk density was low to high ( $1.39-1.88 \text{ Mg m}^{-3}$ ). They were slightly to extremely acid (pH 4.4-6.2) and low fertile. Organic matter content ( $1.02-5.49 \text{ g kg}^{-1}$ ), amounts of available phosphorus ( $0.16-10.67 \text{ mg kg}^{-1}$ ), available potassium ( $3.10-46.25 \text{ mg kg}^{-1}$ ), and cation exchange capacity ( $1.25-3.75 \text{ cmol kg}^{-1}$ ) of these soils were low.

Soil on crestral slope is moderately suitable for cassava (S2en) whereas the rest, situated on the lower landscape, were slightly suitable (S3dne and S3nd). This conformed well to cassava's fresh tuber yield and aboveground biomass of  $4.57$  and  $1.53 \text{ ton rai}^{-1}$ , respectively as well as starch content (29.9%) obtained from soil on the highest position whereas the lower lying soils having indifferent fresh tuber yield and aboveground biomass but the values were significantly lower than that of the summit and the lowest values ( $0.53$  and  $0.41 \text{ ton rai}^{-1}$ , respectively) were found in the soil on the upper middle slope. Soil on the lower midslope gave the lowest starch with the amount of 23.6%

All soils were moderately suitable for sugarcane but with different limitations (S2nm and S2ns). Yields of sugarcane obtained from all position were similar. Soil on the summit tended to give the highest yield of  $12.08 \text{ ton rai}^{-1}$  with the lowest yield retrieved from soil on the lower middle slope. These results indicated that soil potential for the production of both plants depends upon the level of groundwater and soil physical properties involving soil moisture rather than soil chemical properties.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ศุภิมา ชนะจิตต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.อัญชลี สุทธิประการและ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ ทองแพ ประธานสอบปากเปล่า ขั้นสุดท้าย และศาสตราจารย์ ดร. เอิบ เขียวรัตน์รมณ์ ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และความช่วยเหลือด้านการเรียน และการทำวิทยานิพนธ์อย่างดีมาโดยตลอด

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ส่าปะหลัง มูลนิธิสถาบันพัฒนาไม้ส่าปะหลังแห่งประเทศไทย ต.ห้วยบง อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา ที่ได้อนุเคราะห์พื้นที่ไม้ส่าปะหลัง เพื่อใช้ในการทดลองครั้งนี้ ขอขอบคุณพี่ปรีชา เพชรประไพ เจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ส่าปะหลัง ที่คอยดูแลแปลงไม้ส่าปะหลัง และอำนวยความสะดวกในการทำงานเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณพี่รฐนนท์ เจริญชาติศรี และ พี่ชัยภัทร คงแก้ว เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชา ปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่คอยดูแลให้คำปรึกษา และอำนวยความสะดวกในการทำงานในห้องปฏิบัติการเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณจิตติรัตน์ ชูชาติ คุณนริศรา สุขสวัสดิ์ คุณนิภัทร์ ถนิมมลัย คุณจิรวรรณ พรหมมา คุณวรนนท์ สนกันหา คุณเฉลิมราช จิตรเจริญพร คุณพหล รักคำรวง และคุณนุจรี เพลา ที่คอยให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนาม และวิเคราะห์ตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ รวมถึงพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ชาวปฐพีวิทยาทุกคน ที่คอยให้คำปรึกษา และมิตรภาพที่ดี สมอมา

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับทุนอุดหนุนการทำวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวหงษ์จาตุรันต์และญาติพี่น้องทุกคน ที่ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจที่สำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีกำลังใจมาจนถึงทุกวันนี้

จิรณัทย์ หงษ์จาตุรันต์

มิถุนายน 2554

## สารบัญ

## หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	21
อุปกรณ์	21
วิธีการ	23
ผลและวิจารณ์	31
สรุปและข้อเสนอแนะ	80
สรุป	80
ข้อเสนอแนะ	82
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	83
ภาคผนวก	95
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	122

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิตรวม และผลผลิตต่อไร่ของมันสำปะหลังในประเทศไทย ปี 2551-2552	6
2	พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิตรวม และผลผลิตต่อไร่ของอ้อยโรงงานในประเทศไทย ปี 2551-2552	7
3	ความเหมาะสมคุณภาพที่ดินสำหรับการปลูกมันสำปะหลังและอ้อย	13
4	สัณฐานวิทยาโดยย่อของดินตามลำดับภูมิประเทศ	42
5	ความเหมาะสมคุณภาพที่ดินสำหรับการปลูกมันสำปะหลังและอ้อย	59
6	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินบน (0-30 เซนติเมตร) และ ดินล่าง (30-60 เซนติเมตร) ก่อนทำการทดลอง	61
7	การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินบน (0-30 เซนติเมตร) และ ดินล่าง (30-60 เซนติเมตร) ก่อนทำการทดลอง	61
<b>ตารางผนวกที่</b>		
1	สมบัติทางฟิสิกส์ของดินตามลำดับภูมิประเทศ	104
2	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินตามลำดับภูมิประเทศ	106
3	ผลผลิต น้ำหนักส่วนเหนือดิน และร้อยละแป้งในหัวมันสดของ มันสำปะหลังที่ปลูกตามลำดับภูมิประเทศ	108
4	จำนวนลำ จำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ย และอัตราการรอดตายของ มันสำปะหลังที่ปลูกตามลำดับภูมิประเทศ	109
5	น้ำหนักสดผลผลิตอ้อยยอด น้ำหนักส่วนเหนือดิน จำนวนลำ ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ และจำนวนปล้องของอ้อย ที่ปลูกตามลำดับภูมิประเทศ	110
6	ความเข้มข้นธาตุอาหารหลักไนโบมันสำปะหลังและอ้อยที่อายุ 4 เดือนที่ ปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ บนลำดับภูมิประเทศ	111

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
7	ความเข้มข้นธาตุอาหารรองในใบมันสำปะหลังและอ้อยที่อายุ 4 เดือนที่ปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ บนลำดับภูมิประเทศ	112
8	ความเข้มข้นธาตุอาหารหลักในใบมันสำปะหลังและอ้อยที่อายุ 4 เดือนที่ปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ บนลำดับภูมิประเทศ	113
9	ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัดนครราชสีมา ปี 2010-2011	114
10	การแบ่งกลุ่มของเนื้อดิน	115
11	เกณฑ์มาตรฐานในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน	116
12	ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน	117
13	ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมีของดิน	118
14	เกณฑ์ประเมินระดับของธาตุอาหารในใบมันสำปะหลัง	120
15	ระดับวิกฤติของธาตุอาหารพืชในใบอ้อยที่อายุ 6 เดือน	121

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	เนื้อที่เพาะปลูก และผลผลิตของมันสำปะหลังและอ้อยในประเทศไทย ปี 2543-2552	6
2	สภาพพื้นที่ศึกษาตามลำดับภูมิประเทศ ในตำบลกฤษณา อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา และรูปแบบการวางแปลงทดลอง	24
3	ลักษณะภูมิประเทศทั่วไปของบริเวณพื้นที่ศึกษา ตำบลกฤษณา อำเภอสีคิ้ว จ.นครราชสีมา	31
4	การแจกกระจายของปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัด นครราชสีมา	32
5	ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของดินตามลำดับภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา	33
6	ลักษณะภูมิประเทศและหน้าตัดดินตำแหน่งยอดเนิน (Summit) ของลำดับ ภูมิประเทศ	35
7	ลักษณะภูมิประเทศและหน้าตัดดินตำแหน่งตอนบนของที่ลาดเทตอนกลาง (Upper midslope) ของลำดับภูมิประเทศ	37
8	ลักษณะภูมิประเทศและหน้าตัดดินตำแหน่งตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลาง (Lower midslope) ของลำดับภูมิประเทศ	39
9	ลักษณะภูมิประเทศและหน้าตัดดินตำแหน่งตีนเขา (Footslope) ของลำดับ ภูมิประเทศ	41
10	การกระจายขนาดอนุภาคดินทราย (2.00-0.05 มิลลิเมตร) อนุภาคขนาด ทรายแป้ง (0.05-0.002 มิลลิเมตร) และอนุภาคขนาดดินเหนียว (< 0.002 มิลลิเมตร) ของดินตามลำดับภูมิประเทศ	47
11	การจำแนกประเภทเนื้อดิน ตามสัดส่วนโดยมวลของอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว	48
12	ความหนาแน่นรวม (ก) สภาพการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวด้วยน้ำ (ข) และ ความชื้นที่เป็นประโยชน์ (ค) ของดินตามลำดับภูมิประเทศ	50

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
13	ค่าพีเอชของดินที่วัดในน้ำ (ก) และในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ (ข) กับความลึกของดินตามลำดับภูมิภาค	52
14	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (ก) และปริมาณไนโตรเจนรวม (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	53
15	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ก) และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ข) ของดินตามลำดับภูมิภาค	53
16	ปริมาณแคลเซียม (ก) โพแทสเซียม (ข) โซเดียม (ค) และแมกนีเซียมที่สกัดได้ (ง) ของดินตามลำดับภูมิภาค	55
17	อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (ก) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (ข) และปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ (ค) ของดินตามลำดับภูมิภาค	57
18	ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด (ก) และผลผลิตอ้อยยอด (ข) ที่ปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ ของลำดับภูมิภาค	63
19	น้ำหนักยอดและใบ (ก) และน้ำหนักลำต้น (ข) น้ำหนักเหง้า (ค) และน้ำหนักส่วนเหนือดินรวม (ง) ของมันสำปะหลังที่ปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ ของลำดับภูมิภาค	65
20	น้ำหนักยอดและใบของอ้อยที่ปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ ของลำดับภูมิภาค	66
21	จำนวนลำต้นมันสำปะหลัง (ก) และอ้อย (ข) ที่ปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ ของลำดับภูมิภาค	67
22	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (ก) และความยาวเฉลี่ย (ข) ของลำอ้อยที่ปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ ของลำดับภูมิภาค	68
23	จำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ย (ก) และจำนวนปล้องอ้อยเฉลี่ย (ข) ที่ปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ ของลำดับภูมิภาค	70

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
24	ร้อยละการสะสมแป้งของมันสำปะหลัง ที่ปลูกบนตำแหน่งต่างๆของ ลำดับภูมิภาค	71
25	มันสำปะหลังและอ้อยที่อายุประมาณ 10 เดือน (ระยะเก็บเกี่ยว) ที่ ดำเนินการปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ ตามลำดับภูมิภาค	72
26	ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจน (ก) ฟอสฟอรัส (ข) และ โพแทสเซียม (ค) ในใบมันสำปะหลังและอ้อยที่ปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ ตามลำดับ ภูมิภาค	74
27	ปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียม (ก) และ แมกนีเซียม (ข) ในใบมัน สำปะหลังและอ้อยที่ปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ ตามลำดับภูมิภาค	76
28	ปริมาณความเข้มข้นของเหล็ก (ก) และ สังกะสี (ข) ทองแดง (ค) และ แมงกานีส (ง) ในใบมันสำปะหลังและอ้อยที่ปลูกบนตำแหน่งต่างๆ ตามลำดับภูมิภาค	78

## ศักยภาพของดินตามลำดับภูมิประเทศสำหรับการปลูกมันสำปะหลังและอ้อย

### Potential of Soils on Toposequences for Cassava and Sugarcane Production

#### คำนำ

มันสำปะหลังและอ้อยเป็นพืชไร่เศรษฐกิจสำคัญที่ทำรายได้เข้าสู่ประเทศปีละไม่ต่ำกว่า 50,000 ล้านบาท (จรุงสิทธิ์ และ อัจฉรา, 2547) และเป็นแหล่งผลิตพลังงานทดแทนที่สำคัญในภาวะที่น้ำมันมีราคาแพง ส่วนใหญ่ปลูกกันอย่างแพร่หลายในบริเวณที่ดอน โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) ซึ่งพื้นที่ที่ปลูกพืชทั้งสองชนิดจะมีการซ้อนทับกัน เนื่องจากพื้นที่ของเกษตรกรมีจำกัด การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์นั้นจะขึ้นอยู่กับความประสงค์ของเกษตรกร ที่เกี่ยวข้องกับแหล่งรับซื้อผลผลิต และกำลังทรัพย์ของเกษตรกร ทำให้ไม่สามารถกำหนดได้ชัดเจนว่าพื้นที่ใดหรือดินที่มีลักษณะอย่างไรมีความเหมาะสมต่อการปลูกพืชชนิดใดมากกว่ากัน ทั้ง ๆ ที่รูปแบบการจัดการดิน ลักษณะตามธรรมชาติของพืช รวมถึงความต้องการธาตุอาหารและน้ำของพืชทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกัน (USDA and FAO, 1983) โดยทั่วไปดินที่เหมาะสมสำหรับอ้อยควรมีเนื้อดินอยู่ในพิสัยดินร่วนปนทรายจนถึงดินร่วนเหนียว เป็นดินลึก มีการระบายน้ำดีถึงค่อนข้างดี และมีอินทรีย์วัตถุเพียงพอ (สุมิตรา, 2541; Blackburn, 1984; Hunsigi, 1993) ขณะที่มันสำปะหลังเจริญเติบโตได้ดีในดินเกือบทุกประเภท โดยเฉพาะในดินเนื้อหยาบ ทนต่อความเป็นกรดของดิน รวมทั้งสามารถเจริญเติบโตได้ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (บัณฑิตและคำรณ, 2542; Howeler, 1981; Alves, 2002) ในกรณีของปริมาณน้ำฝนนั้นเป็นที่ทราบกันดีว่า อ้อยจะให้ผลผลิตดีเมื่อได้รับน้ำฝนหรือน้ำชลประทานประมาณ 1,000 ถึง 1,500 มิลลิเมตรต่อปี (เกษม และอุดม, 2521; เกลิมพล, 2547) ส่วนมันสำปะหลังยังคงสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 800 มิลลิเมตรต่อปี (เจริญศักดิ์, 2546; Alves, 2002) ซึ่งจากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าพืชทั้งสองชนิดสามารถเจริญเติบโตให้ผลผลิตในสภาพแวดล้อมที่ค่อนข้างแตกต่างกัน

ลำดับภูมิประเทศ (toposequences) หมายถึงลักษณะของดินตามสภาพภูมิประเทศที่เกิดขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับสภาพภูมิประเทศ เนื่องจากอิทธิพลของการกร่อนและทับถม ส่งเสริมให้มีการเคลื่อนย้ายและสะสมของวัสดุและสารละลาย ทำให้สมบัติดินตามลำดับภูมิประเทศเกิดความแตกต่างกัน (Milne, 1936; Bushnell, 1942; Ruhe, 1975; Wycoki *et al.*, 2000) โดยการ

เปลี่ยน แปลงสีดินจากตอนบนถึงตอนล่างของความลาดเท จะเปลี่ยนจากสีแดงเป็นเหลืองหรือเทา (Thanachit *et al.*, 2006) ความหนาของชั้นที่เป็นดินเพิ่มขึ้นในตอนล่างของความลาดเท อนุภาคหยาบค่อๆ ลดลงจากยอดเนินจนถึงบริเวณที่ลาดเชิงเขา และอนุภาคขนาดเล็กเพิ่มขึ้นในตอนล่างของความลาดเท (Litaor, 1992; Applegarth and Dahams, 2001) ส่งผลให้ดินในตอนล่างมักมีเนื้อดินละเอียดกว่าดินในตอนบน ในขณะที่ดินที่อยู่ตอนบนของลำดับภูมิประเทศมักจะแห้งกว่าดินในตอนล่าง มีความเป็นกรดที่รุนแรงกว่า ปริมาณธาตุอาหารรวมทั้งอินทรีย์วัตถุมีแนวโน้มต่ำกว่าดินที่อยู่ในตอนล่างของลำดับภูมิประเทศ ส่งผลให้ดินในตอนล่างมีความอุดมสมบูรณ์มากกว่า (วนิดา, 2546; Gobin *et al.* 2000; Thanachit *et al.*, 2006)

จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าลักษณะพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชทั้งสองชนิดควร จะมีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งตำแหน่งของดินตามสภาพภูมิประเทศ ดังนั้นการศึกษาเปรียบเทียบกำลังการให้ผลผลิตของดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังและอ้อย เพื่อแสดงให้เห็นถึง ศักยภาพที่แท้จริงของดินสำหรับการปลูกพืชทั้งสอง เพื่อให้เกษตรกรสามารถปลูกพืชใดพืชหนึ่ง ได้เหมาะสมตามศักยภาพของดิน โดยให้ผลตอบแทนเป็นที่พึงพอใจและลดอัตราเสี่ยงเรื่อง ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตพืชที่ได้ไม่ตรงกับศักยภาพที่แท้จริงของดิน รวมถึงการรักษา กำลังการให้ผลผลิตของดินให้มีความยั่งยืน

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพ และเคมีของดินตามลำดับภูมิประเทศ
2. เพื่อศึกษาการตอบสนองของมันเป็นสำปะหลังและอ้อยที่ปลูกตามลำดับภูมิประเทศภายใต้รูปแบบการจัดการเดียวกัน



## การตรวจเอกสาร

### 1. ความสำคัญของมันสำปะหลังและอ้อย

มันสำปะหลังจัดเป็นพืชหัวชนิดหนึ่ง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Manihot esculenta* Crantz. มีชื่อสามัญได้แก่ Cassava, Yuca, Manioc, Tapioca มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ที่สำคัญคือ เป็นไม้พุ่ม มีรากสะสมอาหารเป็นหัวยาว ลำต้นเปราะ ใบเดี่ยว เรียงเวียน หยักเป็นแฉกลึก 3-7 แฉก แต่ละแฉกรูปช้อนหรือรูปใบหอกแกมรูปแถบ ปลายใบเรียวแหลม ดอกออกที่ปลายกิ่งหรือซอกใบ โคนปลายเป็นช่อช่อดอกแบบช่อกระจุก หรือช่อแยกแขนง กลีบเลี้ยงเชื่อมติดกันเป็นรูปประมง หยักเป็นกลีบ 5 กลีบ เกสรเพศผู้ 10 อัน รูปทรงกลมเป็นสันหรือปีกสั้น ๆ (จรุงสิทธิ์และอัจฉรา, 2547)

อ้อย เป็นพืชล้มลุกชนิดหนึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Saccharum officinarum* Linn. ชื่อสามัญคือ Betel nut, Sugar cane มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ที่สำคัญคือ มีระบบรากเป็นระบบรากฝอยแผ่กระจายออกโดยรอบลำต้นลำต้นมีลักษณะเป็นปล้องสั้น ๆ สีของลำต้นมีหลายสีขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม เช่น สีเหลือง สีม่วงแดง หรือสีเขียว เป็นต้น ใบประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ กาบใบ กับแผ่นใบ โดยทั้งสองส่วนต่อเชื่อมกัน โดยทั่วไปใบจะเกิดสลับกันที่ข้อและหุ้มตาเอาไว้ (เกษม, 2541)

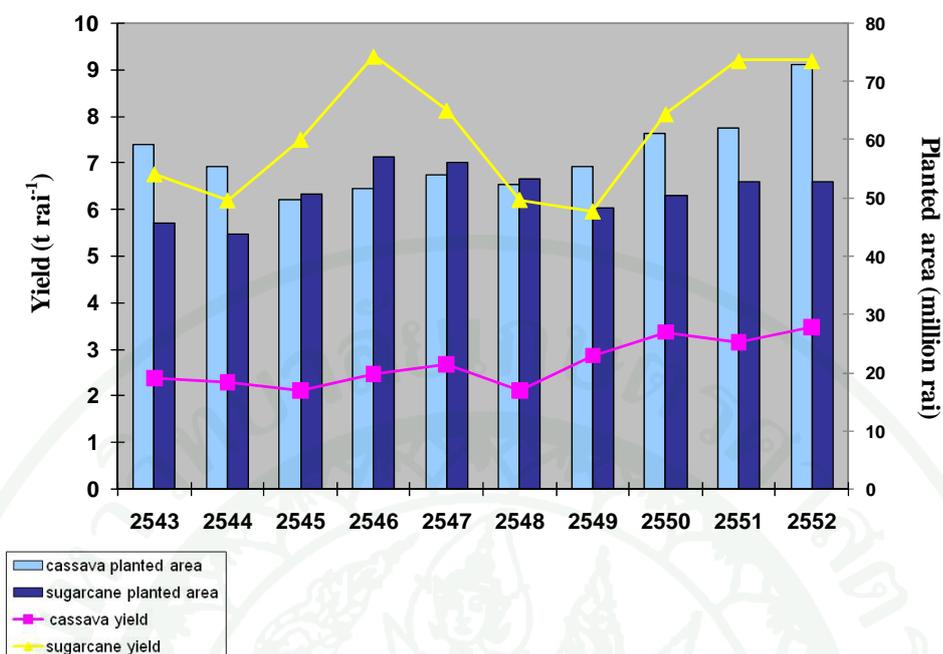
มันสำปะหลังและอ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เพราะมันสำปะหลังและอ้อยสามารถนำมาแปรรูปเป็นสินค้าทางด้านอุปโภคและบริโภคได้มากมายหลายชนิดที่ส่งให้เกิดผลประโยชน์ต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย รวมถึงยังเป็นสินค้าส่งออกที่สร้างรายได้ให้แก่ประเทศได้เป็นจำนวนมาก โดยประโยชน์ที่สำคัญของมันสำปะหลังที่ปลูกได้จะใช้เป็นวัตถุดิบส่งให้โรงงานทำแป้งมัน สาชู และโรงงานทำอาหารสัตว์ โดยทำเป็นเส้นหรืออัดเม็ดแล้ว ในขณะที่อ้อยใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรม โดยเฉพาะ น้ำตาล (เกษม, 2541) และในปัจจุบันพืชทั้งสองชนิดนี้ยังมีบทบาทสำคัญในการนำมาแปรรูปเป็นพืชพลังงานทดแทนอีกด้วย หรือที่เรียกกันว่าเอทานอล นั่นเอง ประกอบกับทั้งอ้อยและมันสำปะหลังเป็นพืชซึ่งปลูกได้ง่าย ปลูกได้ตลอดปี ต้องการการดูแลรักษาค่า สามารถเจริญเติบโตได้ในบริเวณที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (เจริญศักดิ์, 2546) โดยลักษณะที่กล่าวมานั้นเป็นพื้นที่ที่พบส่วนใหญ่ในประเทศไทยอยู่แล้ว ทำให้เกษตรกรนิยมปลูกอ้อยและมันสำปะหลังกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย

## 2. พื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังและอ้อยในประเทศไทย

จากข้อมูลพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังและอ้อยทั้งประเทศประเทศไทยตั้งแต่ปี 2543-2552 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับการปลูกมันสำปะหลังและอ้อยมีทิศทางเป็นไปในทางตรงกันข้าม โดยในช่วงปี 2543-2546 พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่พื้นที่ปลูกอ้อยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ต่อมาในปี 2547-2552 พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังกลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่พื้นที่ปลูกอ้อยมีแนวโน้มลดลง แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงการปลูกพืชทั้งสองนั้นน่าจะขึ้นอยู่กับความประสงค์ของเกษตรกรที่เกี่ยวข้องกับแหล่งรับซื้อผลผลิต ในขณะที่ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 4 ตันต่อไร่ เช่นเดียวกับในกรณีของอ้อยที่ผลผลิตเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 15 ตันต่อไร่ ยกเว้นในปี 2548 ที่มีผลผลิตเฉลี่ยต่ำกว่า 8 ตันต่อไร่ (ภาพที่ 1)

จากสถิติการผลิตล่าสุดในปี 2552 ที่รายงานโดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2552) พบว่า ประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกมันสำปะหลังโรงงานทั้งหมด 9,110,778 ไร่ มีพื้นที่เก็บเกี่ยว 8,779,154 ไร่ และมีผลผลิตทั้งหมด 27,803,754 ตัน โดยมีผลผลิตต่อไร่จากพื้นที่เก็บเกี่ยวเท่ากับ 3.17 ตัน (ตารางที่ 1) ในปีการเพาะปลูกและเก็บเกี่ยวเดียวกันนี้พื้นที่ปลูกอ้อยโดยรวมทั้งประเทศจำนวน 6,588,174 ไร่ ในขณะที่พื้นที่เก็บเกี่ยว 6,516,376 ไร่ ได้ผลผลิตทั้งหมด 73,501,611 ตัน และมีผลผลิตต่อไร่ 11.28 ตัน (ตารางที่ 2)

จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแหล่งปลูกมันสำปะหลังและอ้อยใหญ่ที่สุดของประเทศ ครอบคลุมพื้นที่ประมาณครึ่งหนึ่งของพื้นที่เพาะปลูกทั้งประเทศ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปี โดยมีแหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ในเขตจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ ขอนแก่น ซึ่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังถึง 4,242,135 ไร่ มีพื้นที่เก็บเกี่ยว 4,043,856 ไร่ ได้ผลผลิตทั้งหมด 13,448,028 ตัน และผลผลิตต่อไร่จากพื้นที่เก็บเกี่ยวเท่ากับ 3.33 ตัน (ตารางที่ 1) ในปีการเพาะปลูกและเก็บเกี่ยวเดียวกันนี้ มีพื้นที่ปลูกอ้อยโรงงาน 2,521,455 ไร่ มีพื้นที่เก็บเกี่ยว 2,184,465 ไร่ ได้ผลผลิตทั้งหมด 27,890,193 ตัน และมีผลผลิตต่อไร่ 12.77 ตัน (ตารางที่ 2)



ภาพที่ 1 เนื้อที่เพาะปลูก และผลผลิตของมันสำปะหลังและอ้อยในประเทศไทย ปี 2543-2552

ที่มา: กรมส่งเสริมการเกษตร (2552)

ตารางที่ 1 พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิตรวม และผลผลิตต่อไร่ของมันสำปะหลัง ในประเทศไทย ปี 2551-2552

ภาค	ปี 2551				ปี 2552			
	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิตรวม (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (ตัน)	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิตรวม (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (ตัน)
เหนือ	1,462,652	1,407,607	5,286,978	3.76	1,364,318	1,313,445	4,220,230	3.21
ตะวันออกเฉียงเหนือ	4,513,883	4,360,695	15,570,654	3.57	4,242,135	4,043,856	13,448,028	3.33
กลาง	2,607,022	2,523,844	9,230,392	3.66	2,155,604	2,085,904	6,010,710	2.88
ตะวันออกเฉียงใต้	1,434,851	1,411,765	4,180,993	2.96	1,348,721	1,335,949	4,124,786	3.09
รวม	10,018,408	9,703,911	34,269,017	3.53	9,110,778	8,779,154	27,803,754	3.17

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2552)

ตารางที่ 2 พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิตรวม และผลผลิตต่อไร่ของอ้อยโรงงาน  
ในประเทศไทย ปี 2551-2552

ภาค	ปี 2551				ปี 2552			
	พื้นที่เพาะ ปลูก (ไร่)	พื้นที่ เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต รวม (ตัน)	ผลผลิต ต่อไร่ (ตัน)	พื้นที่เพาะ ปลูก (ไร่)	พื้นที่ เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต รวม (ตัน)	ผลผลิต ต่อไร่ (ตัน)
	เหนือ	1,796,980	1,456,423	20,569,372	14.12	1,036,551	954,643	17,669,231
ตะวันออกเฉียงเหนือ	2,269,739	2,094,566	25,042,046	11.96	2,652,746	2,243,659	22,671,649	10.10
กลาง	2,521,455	2,124,665	27,890,193	13.13	2,521,455	2,184,465	27,890,193	12.77
ตะวันออก	1,684,257	1,642,842	21,584,522	13.14	1,498,752	1,476,285	19,587,452	13.27
รวม	6,588,174	5,675,654	73,501,611	12.95	6,588,174	6,516,376	73,501,611	11.28

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2552)

ผลผลิตต่อไร่ของทั้งอ้อยและมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในปีการเพาะปลูก 2551 มีแนวโน้มต่ำกว่าผลผลิตเฉลี่ยของประเทศ ส่วนในปีการเพาะปลูก 2552 ผลผลิตต่อไร่ของพืชทั้งสองต่ำกว่าในปี 2551 แต่กลับมีแนวโน้มสูงกว่าผลผลิตเฉลี่ยทั้งประเทศ และยังคงต่ำกว่าในภาคเหนือและภาคตะวันออกในกรณีของอ้อย แต่ในกรณีของมันสำปะหลังกลับมีแนวโน้มสูงที่สุด ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากในปีที่ผ่านมาเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังได้ประสบปัญหาเพลิงไหม้ระบาด (ตารางที่ 1 และ 2) อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันพันธุ์มันสำปะหลังสามารถให้ผลผลิตสูงถึง 10 ตันต่อไร่ (มูลนิธิพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2552) ในขณะที่อ้อยให้ผลผลิตสูงถึง 43 ตันต่อไร่ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2552) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลผลิตต่อไร่ของพืชทั้ง 2 ชนิดยังคงต่ำกว่าศักยภาพของพืช ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการจัดการที่ไม่ดี รวมทั้งสภาพดินที่ไม่เหมาะสม ซึ่งดินส่วนใหญ่ของประเทศไทยเป็นดินที่มีพัฒนาการสูง มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำโดยเฉพาะในบริเวณที่คอนที่ใช้ในการปลูกอ้อยและมันสำปะหลัง โดยส่วนใหญ่เป็นดินในอันดับอัลทิซอลส์ ซึ่งมีอัตราไรร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบสต่ำกว่าร้อยละ 35 แต่ในบางบริเวณดินอาจเป็นดินในอันดับเอนทิซอลส์ ออกซิซอลส์ และแอลฟีซอลส์ โดยออกซิซอลส์ก็เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำเช่นเดียวกัน แต่ดินจะมีลักษณะปลักย่อยแตกต่างกันออกไป ดินคอนที่อยู่

อันดับอัลทิสซอลส์ และแอลฟิซอลส์ส่วนใหญ่มีสภาพการเกิดที่มีปัจจัยเด่นควบคุมที่สำคัญคือวัตุ ดันกำเนิดเป็นวัตุคดก้าง จากหินตะกอนที่เนื้อออกทราย ส่งผลให้ดินมีเนื้อดินเป็นดินทรายหรือ ดินร่วนปนทราย (เอิบ, 2533; สมพงษ์ และ อนุชิต, 2547; Duangpatra, 1988) ประกอบกับสภาพ ภูมิอากาศทุ่งหญ้าเขตร้อนที่มักจะมีฝนขาดช่วงในฤดูแล้งทำให้มีผลกระทบต่อทั้งปริมาณ และคุณภาพของผลผลิตได้

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นบริเวณที่มีการปลูกมันสำปะหลังและอ้อยมากที่สุดในประเทศ โดยดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังและอ้อยส่วนใหญ่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนืออยู่ในกลุ่ม ดินใหญ่ Paleustults และ Quartzipsamments ซึ่งดินทั้ง 2 กลุ่มนี้มีการระบายน้ำดีจนถึงดีเกิน ไป ความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ ปริมาณอินทรีย์วัตุต่ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ ทำให้มี ปัญหาขาดแคลนขาดน้ำในฤดูแล้งได้ โดยร้อยละ 45 เป็นดินที่มีเนื้อดินเป็นดินทรายหรือดินร่วน ปนทราย และพบในสภาพพื้นที่ที่เป็นลอนลูกคลื่น พื้นที่ที่มีความลาดชันทำให้เกิดการสูญเสียดิน เนื่องจากการกร่อนดินรุนแรง โดยชุดดินที่พบมากและใช้ปลูกพืชทั้งสองชนิดเป็นบริเวณ กว้างขวาง ได้แก่ ชุดดินยโสธร วาริน สดึก โคราช และน้ำพอง เป็นต้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550 ข)

### 3. สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลังและอ้อย

#### 3.1 สภาพภูมิอากาศ

อ้อยและมันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนชื้นที่มีอุณหภูมิ สูงมากกว่า 20 องศาเซลเซียส หากมีอุณหภูมิต่ำกว่าจะส่งผลให้การเจริญเติบโตช้าลง ดังนั้นจึง พบว่ามีการปลูกพืชทั้งสองชนิดกันอย่างกว้างขวางในเขตร้อนเฉพาะที่ค่อนข้างอบอุ่นเส้นศูนย์ สุตกร อย่างไรก็ตาม มันสำปะหลังมีความต้องการน้ำน้อยกว่าอ้อย โดยพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังนั้น ควรมีความชื้นเฉลี่ยต่อปีมากกว่า 800 มิลลิเมตรต่อปี (เจริญศักดิ์, 2546) และสามารถปรับตัว ได้ดีในเขตที่มีฝนตกอยู่ระหว่าง 1,000-1,300 มิลลิเมตรต่อปี แต่ทั้งนี้ในพื้นที่ที่ฝนตกชุก จะต้องมีการระบายน้ำดีเพราะหากมีน้ำท่วมเพียงวันเดียวอาจทำให้เสียหายได้ (Cock, 1985) มันสำปะหลัง เป็นพืชทนแล้งได้ดี หลังจากปลูกและเมื่อต้นมันสำปะหลังตั้งตัวได้แล้ว แม้จะขาดฝนเป็นระยะ เวลานานติดต่อกัน 3-4 เดือน ก็ยังสามารถทนอยู่ได้โดยไม่ตาย มันสำปะหลังจึงเป็นพืชที่สำคัญใน เขตที่มีฤดูแล้งยาวนานถึง 6 เดือนต่อปี ทั้งนี้ต้องเป็นบริเวณที่มีฝนตกไม่ต่ำกว่า 600 มิลลิเมตรต่อปี

(เจริญศักดิ์, 2546) ส่วนพื้นที่ปลูกอ้อยจะต้องการปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีมากกว่ามันสำปะหลัง โดยมีความต้องการอยู่ที่มากกว่า 1,500 มิลลิเมตรต่อปี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550 ก) และการกระจายตัวของน้ำฝนจะเป็นสิ่งสำคัญต่ออ้อยมาก (เฉลิมพล, 2547) นอกจากนี้ถึงแม้ว่าดินอยู่ในสภาพที่มีความชื้นอย่างเพียงพอแต่เมื่ออุณหภูมิของดินต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียสก็จะมีผลที่มีต่อการงอกของอ้อย และทำให้อ้อยคุดน้ำไ้ได้น้อยลง (Hunsigi, 1993) ในพื้นที่ปลูกอ้อยที่มีอุณหภูมิดินสูง การปกคลุมดินด้วยเศษพืชสามารถช่วยลดอุณหภูมิดิน เพิ่มปริมาณน้ำที่กักเก็บไว้ในดิน และลดการแข่งขันของวัชพืช

### 3.2 สภาพภูมิประเทศ

พืชทั้งสองชนิดมักเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ดอน ไม่มีน้ำขัง ที่มีความสูงไม่เกิน 1,500 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง ทั้งนี้เนื่องจากในบริเวณที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลมากขึ้น จะมีเมฆหมอกมาก ซึ่งมักส่งผลให้อุณหภูมิลดลงซึ่งจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังและอ้อยได้ โดยอ้อยเป็นพืชที่ต้องการอากาศอบอุ่นหรือร้อนในช่วงระยะการเจริญเติบโต และต้องการสภาพแห้งและเย็นเมื่อเข้าสู่ระยะสุกแก่ จึงมักมีผลทำให้การเจริญเติบโตของอ้อยลดลง และทำให้อ้อยแก่ช้า พื้นที่ที่ปลูกพืชทั้งสองควรเป็นพื้นที่ราบเรียบถึงเป็นลูกคลื่นลอนชัน ความลาดชันน้อยกว่าร้อยละ 8 (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2537) และไม่ควรเป็นบริเวณที่ลุ่มที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วม (ถวิล, 2527) อย่างไรก็ตามมันสำปะหลังจะมีความอ่อนไหวต่อสภาพภูมิประเทศมากกว่าอ้อยเนื่องจากเป็นพืชหัว ซึ่งถ้าปลูกในบริเวณที่ลุ่มระบายน้ำไม่ดี อาจมีผลให้หัวมันสำปะหลังเน่าได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2547; อรุณี, 2547) ผลผลิตที่ได้ก็จะต่ำตามไปด้วย ในขณะที่อ้อยมีความต้องการความชื้นมากกว่ามันสำปะหลัง ดังนั้นอ้อยจึงมีความเหมาะสมต่อการปลูกในบริเวณที่ลุ่มต่ำได้ดีกว่า (สมควร, 2542)

### 3.3 ลักษณะดินที่เหมาะสม

อ้อยสามารถขึ้นได้ดีในดินที่มีหน้าดินลึกอย่างน้อย 80 เซนติเมตร เพราะอ้อยเป็นพืชอายุยืนและหยั่งรากลึก (เกษม, 2541) ขณะที่บัณฑิต และคำรณ (2542) และ Blackburn (1984) กล่าวว่า ความลึกที่เหมาะสมควรลึกมากกว่า 100 เซนติเมตร แต่หากพบชั้นดินดานภายในชั้นดินชั้นนี้ควรมีความลึกอย่างน้อย 50 เซนติเมตรจากผิวดินลงไป (เกษม และ อุดม, 2521) อ้อย

เจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีเนื้อเป็นดินร่วน ได้แก่ ดินร่วนเหนียวปนทราย ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง และดินร่วนเหนียว (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2537) ควรเป็นดินที่มีการระบายน้ำดีถึงค่อนข้างดี (เกษมและอุดม, 2521; บัณฑิต และ คำรณ, 2542; Blackburn, 1984) อ้อยต้องการดินที่มีโครงสร้างดี ดินร่วนซุย แต่ปัญหาที่พบบ่อยเกิดจากการใช้เครื่องจักรกลการเกษตรเพื่อการเกษตรกรรมที่มีผลทำให้โครงสร้างของดินแน่นทึบได้ง่าย (Hunsigi, 1993) ดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอ้อยควรมีความหนาแน่นรวมของชั้นดินบนและชั้นดินล่างประมาณ 1.5 และ 1.6 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ (Hunsigi, 1993) รายงานของ Ricaud (1977) พบว่าในดินทรายที่มีการอัดตัวแน่นทึบในรัฐ หลุยส์เซียนา ประเทศสหรัฐอเมริกา จะส่งผลให้ผลผลิตอ้อยจะลดลงอย่างมาก นอกจากนี้การอัดตัวแน่นทึบมีผลทำให้การดึงธาตุฟอสฟอรัสลดลงร้อยละ 90 ส่วนโพแทสเซียมลดลงร้อยละ 50 ทั้งยังมีผลทำให้น้ำหนักรากลดลงด้วย (Juang and Uehara, 1971) อ้อยเป็นพืชที่มีความไวต่อการขาดออกซิเจนซึ่งมีผลทำให้พัฒนาการของรากในการดึงธาตุอาหารเสียไป (Hunsigi, 1993)

อ้อยเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพที่มีระดับความชื้นแตกต่างกันอย่างมาก จากการศึกษาของจันท์จรัส และ จิรวัดน์ (2538) พบว่า ระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินสำหรับอ้อย ควรรักษาระดับความชื้นของดินที่เป็นดินร่วนปนทราย ดินร่วนปนทรายแป้ง ดินร่วนเหนียว และดินเหนียว ไว้ที่ระดับความชื้นร้อยละ 13.15, 26.31, 31.4 และ 27.61 โดยปริมาตรตามลำดับ ซึ่งมีหลายปัจจัยที่ควบคุมความเป็นประโยชน์ของน้ำ เช่น การพบชั้นดินดานภายในหน้าตัดดิน ซึ่งจำกัดการเจริญเติบโตของรากในดินชั้นล่าง ทำให้ปริมาณน้ำที่อยู่ลึกลงไปไม่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นมาเป็นประโยชน์แก่อ้อยได้ นอกจากนี้ อ้อยยังเป็นพืชที่อ่อนแอต่อสภาพแห้งแล้งในช่วง 3-4 เดือนหลังปลูก ทำให้อ้อย มีการแตกกอ พัฒนาใบ และพัฒนาของระบบรากลน้อยมาก (Clements, 1980) และการขาดน้ำในช่วงแรกของการเจริญเติบโตจะทำให้น้ำหนักและจำนวนลำอ้อยลดลง เนื่องจากการแตกกอลดลง และการสะสมมวลชีวภาพในพื้นที่ลดลง (Robertson *et al.*, 1999) โดย Yang and Chen (1980) ศึกษาสภาพความชื้นของดินและอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการงอกของอ้อย พบว่า ความชื้นของดินที่เหมาะสมต่อการงอกของอ้อยต้องมีค่าศักย์วาศุพื้นที่เท่ากับ  $-33$  กิโลพาสคัล และอุณหภูมิอากาศควรเท่ากับ  $30$  องศาเซลเซียส โดยอัตราการงอกของอ้อยมีค่าลดลงเมื่อค่าศักย์วาศุพื้นที่ลดลง เนื่องจากมีผลกระทบต่อปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ และอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำเมื่อดินอยู่ในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ ทำให้อ้อยไม่มีการงอกเลย (Abou-Salama, 2000) ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการให้น้ำชลประทานสำหรับการ

ปลูกอ้อย โดยเปรียบเทียบการให้น้ำแบบร่องกับการให้น้ำแบบท่วมทั้งแปลง พบว่า การให้น้ำแบบร่องได้ผลผลิตอ้อยและน้ำตาลสูงกว่าการให้น้ำแบบท่วมทั้งผืน โดยได้ผลผลิตเท่ากับ 126 เปรียบเทียบกับ 115 ตันน้ำหนักสดอ้อยต่อเฮกตาร์ และ 16.7 เปรียบเทียบกับ 14.7 ตันน้ำหนักน้ำตาลต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ทั้งนี้การให้น้ำแบบท่วมทั้งแปลงมีประสิทธิภาพการใช้น้ำต่ำ โดยมีค่าเท่ากับ 3.94 กิโลกรัมน้ำหนักสดอ้อยต่อลูกบาศก์เมตร ในขณะที่การให้น้ำแบบร่องสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำได้ดีกว่าเท่ากับ 5.50 กิโลกรัมน้ำหนักสดอ้อยต่อลูกบาศก์เมตร แต่วิธีการให้น้ำไม่มีผลต่อคุณภาพผลผลิต

อ้อยเป็นพืชที่ดูดธาตุอาหารจากดินในปริมาณค่อนข้างสูง อ้อยต้องการไนโตรเจนในปริมาณที่สม่ำเสมอในขณะที่มีการเจริญเติบโต ถ้าขาดจะมีอาการคือใบจะมีสีเขียวอมเหลือง ใบอ่อนสีจาง การเจริญเติบโตลดลง ลำต้นเล็ก แดกกออ่อน อย่างไรก็ตามเมื่อถึงใกล้เวลาเก็บเกี่ยวไม่ควรให้อ้อยได้รับไนโตรเจนมากเกินไป เพราะจะทำให้มันมีการเจริญเติบโตต่อไปซึ่งจะมีผลทำให้มีน้ำตาลซูโครสในอ้อยลดลง ฟอสฟอรัสมีความสำคัญต่อการงอกของอ้อย ถ้ามีอย่างเพียงพอแล้วจะทำให้รากและหน่อมีการเจริญเติบโตเร็ว มีรากและลำต้นแข็งแรง ถ้าขาดจะทำให้มีรากเล็ก รากแขนงมีน้อยและไม่แข็งแรง แดกกออ่อน ลำต้นจะเรียวเล็กไปทางยอด ปล้องจะสั้นกว่าปกติ อ้อยต้องการโพแทสเซียมในปริมาณที่มากกว่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัสโดยเฉพาะในช่วงที่อ้อยอยู่ในระยะสุกแก่ (ripening) ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพความหวานของอ้อยโดยตรง (ยงยุทธ, 2552)

ส่วนมันสำปะหลังโดยทั่วไปแล้วเป็นพืชที่สามารถปลูกและขึ้นได้ดีในดินแทบทุกชนิดและในทุกภาคของประเทศ ตั้งแต่ดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำจนถึงสูง ดินที่มีเนื้อดินหยาบจนถึงที่มีเนื้อเป็นดินเหนียว (Nakviroj *et al.*, 2002) แต่ชอบดินร่วนปนทรายจนถึงดินร่วนเหนียวปนทรายเพราะจะลงหัวและสามารถเก็บเกี่ยวง่าย รวมถึงไม่เสี่ยงต่อการเน่าของหัวในช่วงที่ฝนตกมาก (Sittibusaya *et al.*, 1987) มันสำปะหลังสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินที่ไม่มีสภาพน้ำท่วมขัง มันสำปะหลังทนต่อสภาพกรดมากกว่าสภาพด่าง โดยสามารถปลูกได้ในดินที่พีเอชต่ำถึง 4.5 ได้ดีแต่ดินที่มีค่าพีเอชสูงมากกว่า 8 จะไม่เหมาะสำหรับปลูกมันสำปะหลัง แต่ดินที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลังนั้นควรมีความลึกตั้งแต่ 50 เซนติเมตรขึ้นไป ค่าพีเอชอยู่ในพิสัย 5.0-7.0 (กรมวิชาการเกษตร, 2547) อย่างไรก็ตาม ดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทยส่วนใหญ่จะมีการพัฒนาสูงและมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มักเป็นดินที่มีอนุภาคขนาดทรายเป็นองค์ประกอบหลักในดินชั้นบน มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ มีปริมาณธาตุอาหารต่ำ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน

ต่ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ ทำให้ดินมีความชื้นสะสมอยู่น้อย และความเสถียรในการเกาะยึดตัวของเม็ดดินน้อย (เอิบ, 2542; Howeler, 1981)

ในแต่ฤดูการผลิต มันสำปะหลังมีความต้องการไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอยู่ในพิสัย 10-20, 6-10 และ 8-12 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (กรมวิชาการเกษตร, 2547) อย่างไรก็ตามหากมันสำปะหลังได้รับไนโตรเจนมากเกินไปจะทำให้การสะสมแป้งในหัวมัน ลดลง (เจริญศักดิ์, 2546) โพแทสเซียมนั้นมีความสำคัญต่อการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตจากส่วนใบ และต้นไปยังราก เพิ่มปริมาณแป้งในหัวมัน และลดปริมาณไฮโดรไซยานิกในหัวมัน การขาดโพแทสเซียมจะทำให้ผลผลิตหัวมันและปริมาณแป้งในหัวมันลดลงอย่างชัดเจน ใบแก่จะร่วงหล่นเร็วกว่าปกติ ใบเล็กแคบ และลำต้นแคระแกร็น (สิริมาน, 2543)

สรุปโดยภาพรวม พบว่าอ้อยสามารถทนความเค็ม การเป็นกรดเป็นด่างของดินได้ดีกว่ามันสำปะหลัง แต่ทนต่อการขาดความชื้น หรือขาดน้ำได้น้อยกว่ามันสำปะหลัง ในขณะที่ข้อจำกัดด้านอื่น ๆ ของดินและพื้นที่ปลูกไม่มีความแตกต่างกัน (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2537) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับรายงานของ USDA and FAO (1983) และกรมพัฒนาที่ดินโดยบัณฑิตและคำรณ (2542) ที่ได้กำหนดความเหมาะสมคุณภาพที่ดินสำหรับการปลูกมันสำปะหลังและอ้อยดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า พื้นที่ที่เหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลังและอ้อยมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ยกเว้นมันสำปะหลังสามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ที่มีปริมาณฝนน้อยกว่า ขณะที่ไม่ทนต่อสภาพน้ำได้ดินที่อยู่ตื้นกว่า และสามารถปลูกได้ในดินที่มีเนื้อหยาบกว่าเนื่องจากเหมาะสมสำหรับการแทงหัว ขณะที่อ้อยเป็นพืชที่ทนสภาพน้ำขังบริเวณเขตรากพืชได้ดีกว่า ในกรณีของความลาดเท ปริมาณหิน โส่ การเกิดน้ำท่วม และความเสี่ยงต่อการเกิดการกร่อนดินจะมีลักษณะเหมือนในทั้งสองพืช แต่ในกรณีของดินที่แน่นทึบอ้อยจะสามารถปรับตัวได้ดีกว่า ในกรณีของธาตุอาหารพืช พบว่า มันสำปะหลังและอ้อยสามารถปลูกในดินที่มีระดับของไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ใกล้เคียงกัน อ้อยชอบที่จะเจริญเติบโตในดินที่มีโพแทสเซียมสูงกว่า ซึ่งเป็นไปในลักษณะเดียวกับค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนและปริมาณอินทรีย์วัตถุ แต่มันสำปะหลังสามารถทนระดับความเค็มในดินได้ดีกว่าเล็กน้อย

ตารางที่ 3 ความเหมาะสมคุณภาพที่ดินสำหรับการปลูกมันสำปะหลังและอ้อย

Land-use requirement			Cassava				Sugarcane			
Land quality	Diagnostic factor	Unit	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Temperature (t)	Mean temp in growing period	°C	25-29	30-32	33-35	>35	24-27	28-31	32-35	>35
				24-14	13-10	<10		23-19	18-15	<15
Moisture availability (m)	Ann. rainfall	mm	1200-1500	1500-2500	2500-4000	>4000	1600-2500	1200-1600	900-1200	<900
				900-1200	500-900	<500		2500-3000	3000-4000	>4000
Oxygen availability (o)	Soil drainage	class	Excessively, well	Moderately, well		Somewhat poorly, Poorly, Very poorly	Excessively, well	Moderately well, Somewhat poorly	Poorly	Very poorly
Nutrient availability (n)	Total N	%	>0.2	<0.2			>0.5	<0.5		
	Available P	mg kg <sup>-1</sup>	>10	<10			>15	<15		
	Available K	mg kg <sup>-1</sup>	>60	<60			>90	<90		
	Organic matter	%	>1.5	<1.5			>2.5	<2.5		
Nutrient retention (n)	CEC (subsoil)	cmol kg <sup>-1</sup>	>10	<10			>15	5-15	<5	
	BS (subsoil)	%	>35	<35			>35	<35		
Rooting condition (r)	soil depth	cm	>100	50-100	25-50	<25	>100	50-100	25-50	<25
	Gravel	%	<15	15-40	40-80	>80	<15	15-40	40-80	>80
	Root penetration	class	Easy	Normal	Hard	Very hard	Easy, Normal	Hard	Very hard	
Flood hazard (f)	Frequency	y/time	10/1	6-9/1	3-5/1	1-2/1	10/1	6-9/1	3-5/1	1-2/1

ตารางที่ 3 (ต่อ)

Land-use requirement			Cassava				Sugarcane			
Land quality	Diagnostic factor	Unit	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Excess of salt (x)	EC	dS m <sup>-1</sup>	<2	2-4	4-8	>8	<2	2-3	3-5	>5
Soil toxicities (z)	Depth of jarosite	cm	>150	100-150	50-100	<50	>150	100-150	50-100	<50
	Reaction	pH	6.1-7.3	7.4-7.8 5.1-6.0	7.9-8.4 4.0-5.0	<8.4 <4.0	5.6-7.3	7.4-7.8 4.5-5.5	7.9-8.4 4.0-4.5	>8.4 <4
Soil workability (k)	Workability class	%	Easy	Nor mal	Hard	Very hard	Easy, Normal	Hard	Very hard	
Potential for mechanization(w)	Slope	%	0-12	12-20	20-35	>35	0-12	12-20	20-35	>35
	Rock out crop	%	1	4	10	25	1	4	10	25
	Stoniness	%	1	5	15	40	1	5	15	40
Erosion hazard (e)	Slope	%	0-5	5-12	12-20	>20	0-5	5-12	12-20	>20
	Soil loss	t/rai/y	<2	2-4	4-12	>12	<2	2-4	4-12	>12

ที่มา: บัณฑิตและค่าธรรมเนียม (2542)

#### 4. ลำดับภูมิประเทศ

##### 4.1 ความหมาย

ลำดับภูมิประเทศ (toposequences) หมายถึง ลำดับของดินที่มีความสัมพันธ์กันแต่มีลักษณะแตกต่างกัน เนื่องจากเกิดในสภาพภูมิประเทศที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งลักษณะของดินตามสภาพภูมิประเทศที่เกิดขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับสภาพภูมิประเทศ เนื่องจากอิทธิพลของการกร่อน

และทับถม ส่งเสริมให้มีการเคลื่อนย้ายและสะสมของวัสดุและสารละลาย ทำให้สมบัติดินตามลำดับภูมิประเทศเกิดความแตกต่างกัน (คณะกรรมการจัดทำพหุกรรมปฐพีวิทยา, 2551)

ลำดับดิน (catena) หมายถึง ลำดับของดินที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดและเกิดในสภาพภูมิอากาศที่คล้ายคลึงกัน แต่ดินมีลักษณะแตกต่างกัน เนื่องจากความแตกต่างกันในสภาพความสูงต่ำของพื้นที่ และสภาพของการระบายน้ำ (คณะกรรมการจัดทำพหุกรรมปฐพีวิทยา, 2551) ปกติจะใช้ประโยชน์ได้มากในบริเวณที่พบบนน้ำใต้ดินภายในหน้าตัดดิน ซึ่งดินจะมีลักษณะการระบายน้ำแตกต่างกัน เช่น การระบายน้ำดี การระบายน้ำเลว เป็นต้น (เอิบ, 2542)

ลำดับดิน แบ่งออกได้หลายส่วน (Bushnell, 1942) ตั้งแต่ยอดเนินลงมายังที่ราบเชิงเขา (toeslope) (Milne, 1936) ดินในแต่ละส่วนมักจะมีสมบัติที่เฉพาะเจาะจง ซึ่งสัมพันธ์กับการกร่อนหรือระดับน้ำใต้ดินที่แตกต่างจากส่วนอื่น (Bushnell, 1942) โดยลำดับดิน และลำดับภูมิประเทศ มักใช้ในความหมายที่เหมือนกัน (Wyscoki *et al.*, 2000)

#### 4.2 ลักษณะของดินตามลำดับภูมิประเทศ

ภูมิประเทศเป็นหนึ่งในปัจจัยที่มีผลต่อการเกิด การพัฒนาของดิน และสมบัติดิน เช่น ลักษณะของหน้าตัดดิน ความหนาและการจัดเรียงตัวของชั้นดิน โครงสร้างดิน การยึดตัว และความพรุนของดิน (Koppi, 1981; Applegarth and Dahams, 2001; Buol *et al.*, 2003) ทั้งนี้ลักษณะและสมบัติของดินเป็นผลรวมที่ได้มาจากการผุพัง การเคลื่อนย้ายและการสะสม โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ วัตถุต้นกำเนิดดิน ภูมิอากาศ สิ่งที่มีชีวิต ระยะเวลาในการเกิดดิน รวมทั้งสภาพภูมิประเทศ ดังนั้นตำแหน่งต่าง ๆ บนลักษณะสภาพพื้นที่มีอิทธิพลต่อพัฒนาการของหน้าตัดดิน การกร่อนและทับถมในแต่ละสภาพพื้นที่และสภาพการระบายน้ำของดิน ทำให้เกิดความแตกต่างของดินตามลำดับภูมิประเทศทั้งทางด้านสัณฐานวิทยา กายภาพ เคมี และแร่วิทยา (Gerrard, 1992)

Gobin *et al.* (2000) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะสัณฐานวิทยาของดินตามลำดับภูมิประเทศที่ราบลุ่มแม่น้ำในเขตเกษตรกรรม ประเทศเบลเยียม พบว่า ดินบริเวณบนยอดเนินเป็นดินต้นที่พบชั้นหินวัตถุต้นกำเนิดดินภายในความลึก 50 เซนติเมตร ในขณะที่ดินที่อยู่ในบริเวณส่วนกลางและส่วนต่ำของลำดับภูมิประเทศมีความลึกมากกว่า 150 เซนติเมตร แสดงให้เห็นว่าความหนาของชั้นที่เป็นดินเพิ่มขึ้นตามความลาดเท เช่นเดียวกันกับดินบนไหล่เขา ทางด้าน

ตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศบราซิล พบว่าความหนาของชั้นที่เป็นดินเพิ่มขึ้นจากตอนบนของความลาดชันถึงตอนล่างของความลาดชัน โดยเฉพาะที่บริเวณที่ราบเชิงเขาเนื่องจากการทับถมของหินคาตเซิงเขา (Agbenin and Tiessen, 1995) ทั้งนี้เป็นผลจากการกระทำร่วมกันของการผุพัง การกร่อน และการเคลื่อนย้ายวัสดุขนาดเล็กลงมาทับถมบริเวณส่วนต่ำของลำดับภูมิประเทศ (Applegarth and Dahams, 2001) เช่นเดียวกันกับอนุภาคหยาบภายในหน้าตัดดินค่อยๆ ลดลงจากยอดเนินจนถึงบริเวณที่ลาดเชิงเขา และอนุภาคขนาดเล็กเพิ่มขึ้นตามความลาดเท (Bonifacio *et al.*, 1997; Huneycutt *et al.*, 1990) การศึกษาของ มงคล (2525) รายงานว่าสีดินจากตอนบนถึงตอนล่างของความลาดเทของลำดับภูมิประเทศในจังหวัดขอนแก่นจะเปลี่ยนจากสีแดงเป็นเหลืองหรือเทา ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณเหล็กออกไซด์ที่ลดลงและแมงกานีสออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อพื้นที่ลดต่ำลง

การศึกษาลักษณะดินตามลำดับดินที่พัฒนามาจากหินบะซอลต์ในประเทศไทย โดย Thanachit *et al.* (2006) พบว่า ดินที่อยู่บนตำแหน่งที่แตกต่างกัน 4 ตำแหน่งทั้งหมดเป็นดินลึก มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว โดยสีดินชั้นบนจากตอนบนความลาดชันของพื้นที่ลงมาตอนกลางความลาดชัน ถึงตอนล่างความลาดชันนั้นจะเปลี่ยนจากสีแดง และมีสีเหลืองจนถึงสีเทารวมทั้งพบจุดประในตอนล่างของความลาดชันซึ่งเป็นผลมาจากการระบายน้ำเลวของดิน และดินในบริเวณดินเขาจะพบสารมวลพอกแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของน้ำใต้ดิน ซึ่งสอดคล้องกับพัฒนาการของดิน โดยดินบริเวณยอดเนิน ส่วนกลาง และ ดินเขา เป็นกรดตลอดหน้าตัดดิน และมีสมบัติเชิงแลกเปลี่ยนรวมทั้งปริมาณอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์อยู่ในพิสัยปานกลางถึงต่ำ ซึ่งตรงกันข้ามกับดินในส่วนหุบเขา ในขณะที่น้ำที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นตามความลาดเท แสดงให้ว่าดินบริเวณยอดเนินมีโอกาสขาดน้ำได้ง่ายที่สุดเมื่อทำการปลูกพืช นอกจากนี้ ดินบริเวณยอดเนิน ส่วนกลาง และ ดินเขามีความเหมาะสมต่อการปลูกพืชไร่ดีถึงปานกลาง โดยมีข้อจำกัดเรื่องธาตุอาหาร สภาพพื้นที่ และชั้นส่วนหิน ตามลำดับ ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลังมากกว่าอ้อยและข้าวโพด ในขณะที่ดินส่วนหุบเขามีความเหมาะสมต่อการปลูกข้าวดีมาก

การศึกษาของ วนิตา (2546) พบว่า ความหนาแน่นของดินไม่มีความแตกต่างกันระหว่างตำแหน่งบนลำดับภูมิประเทศที่พัฒนามาจากหินตะกอนในจังหวัดขอนแก่น โดยความหนาแน่นรวมมีค่าอยู่ในพิสัย 0.8-1.9 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เช่นเดียวกันกับความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ อย่างไรก็ตามดินที่อยู่บนตะพักกลุ่มน้ำชั้นสูง และที่ราบเชิงเขามีความจุความชื้นที่

เป็นประโยชน์สูงกว่าดินในบริเวณไหล่ของตะพักลุ่มน้ำชั้นสูง ส่วนบนและส่วนต่ำของที่ลาดชันเชิงเขาตอนกลาง และที่ลาดเชิงเขา ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากเนื้อดินซึ่งดินทั้งสองบริเวณนี้มีปริมาณดินเหนียวมากกว่าดินที่อยู่บนตำแหน่งอื่น ๆ

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของดินบนตามลำดับภูมิประเทศในประเทศอินโดนีเซีย และประเทศไทยที่รายงาน โดย Boling *et al.* (2008) พบว่า การแจกกระจายของอนุภาคนาขนาดทรายและทรายแป้งตามลำดับภูมิประเทศไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ในกรณีของประเทศอินโดนีเซีย ดินในบริเวณที่ต่ำที่สุดของลำดับภูมิประเทศจะมีปริมาณดินเหนียวสูงที่สุดแสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนย้ายของอนุภาคนาขนาดเล็กตามความลาดเท นอกจากนี้ความหนาแน่นรวมมีค่าลดลงตามความลาดเทเช่นเดียวกัน โดยเปลี่ยนแปลงจาก 1.50 เป็น 1.33 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แต่สำหรับในประเทศไทย ความหนาแน่นรวมของดินในตำแหน่งต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแต่กลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลาดเท นอกจากนี้เขายังได้ทดลองปลูกข้าวตามลำดับภูมิประเทศในจังหวัดอุบลราชธานี ในช่วงปี 2000-2001 พบว่า ตำแหน่งของดินบนสภาพภูมิประเทศไม่มีผลต่อผลผลิตข้าว แต่อย่างไรก็ตาม ผลผลิตข้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลาดเทตลอดระยะเวลาสองปีการศึกษา โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในพิสัย 2.2, 3.45 และ 3.59 เมกะกรัมต่อเฮกตาร์ สำหรับข้าวที่ปลูกบนยอดเนิน ตอนกลาง และตอนล่างของลำดับภูมิประเทศ ตามลำดับ

สมบัติทางเคมีของดินมีความแตกต่างกันตามลำดับภูมิประเทศ เมื่อมีการกร่อนและมีการทับถมส่งผลให้ร้อยละความอิ่มตัวเบสมีปริมาณสูงในชั้นดินบนบริเวณที่ลาดเชิงเขา พีเอชดินสภาพการนำไฟฟ้า ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและโซเดียมที่สกัดได้ เพิ่มขึ้นเมื่อพื้นที่ลดต่ำลง สัมพันธ์กับความจุแลกเปลี่ยนไอออนบวก ซึ่งมีค่ามากที่สุดในตำแหน่งต่ำสุดของลำดับภูมิประเทศ (Boonsompoppunth, 1981; Weitkamp *et al.*, 1996) โดยในปี 2000 Young and Hammer ได้รายงานถึงความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินกับลักษณะสภาพภูมิประเทศของดินที่เกิดจากดินลมหอบในรัฐมิสซูรีประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า สมบัติทางเคมีเกือบทั้งหมดบนพื้นที่บริเวณสันเขาและบริเวณไหล่เขามีความใกล้เคียงกันแต่จะแตกต่างเล็กน้อยกับดินบริเวณพื้นที่ลาดชันเชิงเขาตอนกลาง ดินบริเวณที่ลาดชันเชิงเขาตอนกลางมีความลึกของชั้นสะสมเหล็กและปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ต่ำกว่าดินที่ตำแหน่งบริเวณสันเขาและไหล่เขา และในลำดับดิน Vernal Pool ดินบริเวณยอดเนินมีคาร์บอนอินทรีย์ 61.5 กรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณลดลงเมื่อพื้นที่ลดต่ำลงจนถึงบริเวณแอ่งต่ำเท่ากับ 27.7 กรัมต่อกิโลกรัม (Weitkamp *et al.*, 1996) เช่นเดียวกับ

การศึกษา Vanlauwe *et al.* (2000) ในประเทศไนจีเรียที่พบว่าปริมาณคาร์บอนอินทรีย์มีแนวโน้มลดลงตามความลาดเท ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณยอดเนินนั้นมีความลาดชันน้อยกว่าดินในตำแหน่งอื่นๆ และให้ผลสอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ลดลงตามลาดเทเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากอินทรีย์วัตถุเป็นแหล่งของไนโตรเจนในดิน นอกจากนี้เขายังได้ทำการปลูกถั่ว 2 ชนิด ได้แก่ *Mucuna* และ *Lablab* บนตำแหน่งต่างๆ บนลำดับภูมิประเทศ พบว่าถั่วทั้ง 2 ชนิดที่ปลูกบนทุกตำแหน่งของลำดับภูมิประเทศจะมีน้ำหนักแห้งสูงสุดหลังจากปลูกไปแล้ว 12 อาทิตย์ อย่างไรก็ตาม การปลูกถั่วในบริเวณตอนกลางของลำดับภูมิประเทศมีแนวโน้มให้น้ำหนักแห้งของถั่วสูงกว่าการปลูกถั่วในตำแหน่งอื่นๆ ของลำดับภูมิประเทศ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ให้ปลดปล่อยให้แก่ดินมากที่สุด แต่ผลจากการศึกษาลำดับดินในบางพื้นที่ พบว่าปริมาณคาร์บอนอินทรีย์เพิ่มขึ้นเมื่อสภาพพื้นที่ลดต่ำลง โดย Litaor (1992) ที่ศึกษาการกระจายตัวของคาร์บอนอินทรีย์ตามลำดับภูมิประเทศ ในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า ในดินบนปริมาณคาร์บอนอินทรีย์เพิ่มขึ้นตามความลาดเทของจาก 144 เป็น 274 กรัมต่อกิโลกรัม เช่นเดียวกับอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ ในขณะที่ร้อยละการอิมมัลชันกลับมีปริมาณลดลงตามความลาดเท

ชนิดของแร่ดินเหนียวมีความสัมพันธ์กับลักษณะสภาพภูมิประเทศ ในพื้นที่เขตร้อนเมื่อดินมีการสลายตัวผุพังที่รุนแรง มีการชะละลายเบสสูง ดินที่เกิดในตำแหน่งสูง มีเสถียรภาพและมีพัฒนาการมาก มักพบแร่เคโอลิไนต์ ส่วนในตำแหน่งต่ำที่สุดของพื้นที่ ไม่มีเสถียรภาพ มักพบแร่สเมกไทต์ ดินมีพัฒนาการต่ำ (Curi and Franzmeier, 1984)

## 5. ข้อมูลทั่วไปของจังหวัดนครราชสีมา

จังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งอยู่บนที่ราบสูงโคราชระหว่างละติจูด 15 องศาเหนือ และลองจิจูด 102 องศาตะวันออก อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางเฉลี่ย 187 เมตร ตัวจังหวัดอยู่ห่างจากกรุงเทพมหานคร โดยทางรถยนต์ 255 กิโลเมตร และโดยทางรถไฟ 264 กิโลเมตร มีพื้นที่ 20,493.964 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 12,808,728 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 12.12 ของพื้นที่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียง ดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับจังหวัดชัยภูมิ และจังหวัดขอนแก่น

ทิศใต้ ติดต่อกับจังหวัดปราจีนบุรี จังหวัดนครนายก และจังหวัดสระแก้ว

ทิศตะวันออก ติดต่อกับจังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดขอนแก่น

ทิศตะวันตก ติดต่อกับจังหวัดสระบุรี และจังหวัดลพบุรี

### 5.1 ลักษณะภูมิประเทศ

สภาพภูมิประเทศของจังหวัดมีทั้งที่เป็นภูเขาสูง ที่ราบลุ่ม พื้นที่ลูกคลื่นลอนตื้นและพื้นที่ลูกคลื่นลอนลึก ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 บริเวณ คือ

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

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

3. พื้นที่ลูกคลื่นทางตอนเหนือของจังหวัดมีความสูงจากระดับทะเลปานกลางประมาณ 200 เมตร อยู่ในเขตอำเภอยางชุมน้อย ตอนบนของอำเภอโนนไทย คง ทางทิศตะวันตกของอำเภอบัวใหญ่ บ้านเหลื่อม ห้วยแถลง ชุมพวง และอำเภอลำทะเมนชัย มีลักษณะเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนตื้นที่สูงสลับที่นา บางตอนเป็นพื้นที่ราบลุ่มบริเวณริมฝั่งแม่น้ำลำเชียงไกร และลำปลายมาศ

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

## 5.2 ลักษณะภูมิอากาศ

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

## 5.3 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

จังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่ทั้งหมด 12,808,728 ไร่ โดยใช้เป็นพื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้างประมาณ 469,900 ไร่หรือร้อยละ 14.90 ของพื้นที่ทั้งหมดของจังหวัด เป็นพื้นที่เกษตรกรรมประมาณ 10,458,000 ไร่หรือร้อยละ 75.10 ของพื้นที่ทั้งหมดของจังหวัด โดยใช้สำหรับการปลูกมันสำปะหลังเป็นพื้นที่มากที่สุด มีเนื้อที่ประมาณ 4,633,900 ไร่ หรือร้อยละ 33.27 รองลงมาได้แก่ ข้าวโพดมีเนื้อที่ประมาณ 3,622,900 ไร่หรือร้อยละ 26.02 อ้อยมีเนื้อที่ประมาณ 662,700 ไร่หรือร้อยละ 4.76 ยูคาลิปตัสมีเนื้อที่ประมาณ 659,400 ไร่หรือร้อยละ 4.74 นาข้าวมีเนื้อที่ประมาณ 508,100 ไร่หรือร้อยละ 3.65 และที่เหลือเป็นพื้นที่การเกษตรอื่น ๆ เช่น ไม้ผล พืชไร่ผสมโรงเรือนเลี้ยงสัตว์และสถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550 ค)

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

#### 1. พืชที่ใช้ในการทดลอง

##### 1.1 ท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง เลือกใช้พันธุ์ห้วยบง 80

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

##### 1.2 ท่อนพันธุ์อ้อย เลือกใช้พันธุ์ K 95-84

เป็นอ้อยพันธุ์ที่ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์ K 90-79 กับพันธุ์ K 84-200 ผลผลิตอ้อยสด 16-20 ตันต่อไร่ ความหวาน 12-14 CCS การแตกกอปานกลาง ลำขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.1-4.3 เซนติเมตร) สามารถไว้ต่อได้ดี ไม่ออกดอก ลำสีเขียวมะกอกอมเหลือง เจริญเติบโตเร็ว ทนแล้งปานกลาง ลอกกาบใบง่าย ด้านทานปานกลางต่อโรคเหี่ยวเน่าแดง โรคกอตะไคร้ โรคราสนิม และโรคเส้ดำ ด้านทานปานกลางต่อหนอนเจาะลำต้น

2. เครื่องจักรกลทางการเกษตร ได้แก่ รถแทรกเตอร์ที่ติดตั้งไถงานผาล 3 และไถงานผาล 7

#### 3. ปุ๋ยและสารเคมีที่ใช้ในการปลูกมันสำปะหลังและอ้อย

##### 3.1 ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15, สูตร 13-13-21 และ ปุ๋ยยูเรีย สูตร 46-0-0

3.2 สารเคมีกำจัดวัชพืชและสารเคมีฆุบก่อนพันธุ์เพื่อป้องกันเพลี้ยแป้งสำหรับ  
มันสำปะหลัง และป้องกันหญ้าวัชพืชสำหรับอ้อย

4. วัสดุปรับปรุงดิน ได้แก่ มูลไก่เกลบ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ พบว่ามูลไก่เกลบมีพีเอช  
เท่ากับ 7 มีสภาพการนำไฟฟ้าเท่ากับ 1.5 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับร้อยละ  
40.6 และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนเท่ากับ 65.08 เซนติโมลต่อกิโลกรัม มีปริมาณไนโตรเจน  
ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 4.69, 0.76 และ 1.76 ตามลำดับและมีจุลธาตุ  
อาหารอื่น ๆ อีกเล็กน้อย

5. แผนที่สภาพภูมิประเทศจังหวัดนครราชสีมา มาตรฐาน 1:50,000 (กรมแผนที่ทหาร,  
2535)

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

7. อุปกรณ์ และเครื่องมือในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืชในห้องปฏิบัติการ

8. เคมีภัณฑ์สำหรับการวิเคราะห์ดินและพืช

## วิธีการ

### 1. การศึกษาภาคสนาม

#### 1.1 การคัดเลือกพื้นที่ศึกษา

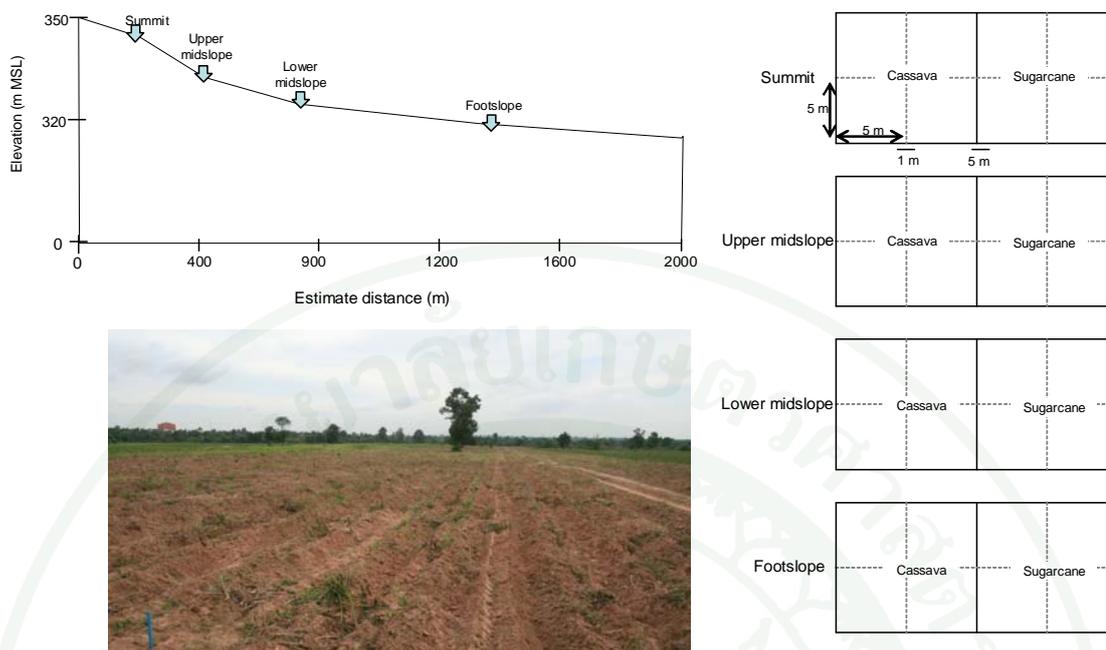
1.1.1 ทำการคัดเลือกพื้นที่ที่เป็นตัวแทนของการศึกษา โดยกำหนดอาณาเขตบริเวณพื้นที่ศึกษาในแผนที่สภาพภูมิประเทศ กำหนดจุดที่จะเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ตัวแทนแต่ละความลาดชันโดยสังเขป โดยพื้นที่ศึกษาอยู่ในตำบลลกฤษณา อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา ในลำดับภูมิประเทศ ประกอบด้วย ยอดเนิน ส่วนบนและส่วนล่างของที่ลาดเทตอนกลาง และดินเขาตามลำดับ

1.1.2 การจัดทำ site characterization ของดินในแต่ละตำแหน่งบนลำดับภูมิประเทศ ได้แก่ บริเวณยอดเนิน ตอนบนและตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลาง และดินเขา โดยทำการขุดหลุมหน้าตัดดินขนาดกว้าง 1.5 เมตร ยาว 2 เมตร และลึก 2 เมตร ตกแต่งสัญญาณให้เห็นหน้าตัดดินที่ชัดเจน ทำการเก็บตัวอย่างดินที่ถูกรบกวนและไม่ถูกรบกวนตามวิธีมาตรฐาน (เอิบ, 2542; Soil Survey Division Staff, 1993) เพื่อจำแนกดินในระดับกลุ่มดินย่อย และใช้เป็นตัวแทนในการถ่ายทอดเทคโนโลยี

#### 1.2 การจัดทำแปลงทดลอง

##### 1.2.1 การวางแผนการทดลอง

ในลำดับภูมิประเทศแบ่งออกเป็น 2 แปลงทดลอง สำหรับการปลูกมันสำปะหลังและอ้อย เพื่อทดสอบการตอบสนองของมันสำปะหลังและอ้อยที่อยู่บนตำแหน่งที่แตกต่างกันของลำดับภูมิประเทศภายใต้การจัดการเดียวกัน (ภาพที่ 2) โดยการปลูกพืชแต่ละชนิดได้ดำเนินการตามแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCB) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 4 ตำแหน่งบนลำดับภูมิประเทศ ดังนี้



ภาพที่ 2 สภาพพื้นที่ศึกษาตามลำดับภูมิประเทศ ในตำบลกฤษณา อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมาและรูปแบบการวางแปลงทดลอง

T1: ยอดเนิน (Summit)

T2: ส่วนบนของที่ลาดเทตอนกลาง (Upper midslope)

T3: ส่วนล่างของที่ลาดเทตอนกลาง (Lower midslope)

T4: ดินเขา (Footslope)

### 1.2.2 การเก็บตัวอย่างดินก่อนทำการทดลอง

ทำการเก็บตัวอย่างดินแบบ composite sample ที่ 2 ระดับความลึก ได้แก่ ดินบน ซึ่งมีความหนาประมาณ 0-30 เซนติเมตร และดินล่างตั้งแต่ตอนล่างของชั้นไทรพรวนจนถึงระดับความลึก 60 เซนติเมตร โดยใช้ส่วนเก็บตัวอย่างดิน โดยทำการสุ่มเก็บจำนวน 4 บริเวณในแต่ละตำแหน่งบนลำดับภูมิประเทศตามตำรับทดลอง จากนั้นนำตัวอย่างในแต่ละชั้นความลึกมา

ผสมคลุกเคล้า แล้วสูมเก็บตัวอย่างออกไปประมาณ 1 กิโลกรัม เพื่อใช้ในการวิเคราะห์สมบัติดินในห้องปฏิบัติการ

### 1.2.3 การเตรียมแปลงทดลองและการดูแลรักษาพืช

#### แปลงทดลองมันสำปะหลัง

ประกอบด้วย 16 แปลงย่อย ที่มีขนาด  $5 \times 5$  เมตร ระยะห่างระหว่างแปลงย่อยเท่ากับ 1 เมตร การจัดเตรียมแปลงทดลองเริ่มต้นจากไถเปิดหน้าดินด้วยรถไถติดตั้งไถงานผาล 3 จากนั้นทำการใส่มูลไก่เกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ทิ้งไว้ประมาณ 7 วัน จึงทำการไถพรวนดินด้วยไถงานผาล 7 ขวางความลาดเท แล้วทำการยกร่องที่มีระยะห่างระหว่างร่องเท่ากับ 120 เซนติเมตร ทำการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 บนสันร่อง โดยใช้ระยะปลูกระหว่างต้นเท่ากับ 80 เซนติเมตร

การใส่ปุ๋ย ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งละ 50 กิโลกรัม ทำการใส่เมื่อเมื่อมันสำปะหลังอายุ 2 และ 4 เดือน

การดูแลกำจัดวัชพืช ก่อนปลูกชุปท่อนพันธุ์ในสารเคมีป้องกันเพลี้ยแป้ง ทำการฉีดยาคุมและน้ำมันกำจัดเพลี้ยแป้งเมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 4 เดือน และทำการฉีดยาคุมวัชพืชภายใน 3 วันหลังปักท่อนพันธุ์ หลังจากนั้นกำจัดโดยใช้แรงงานคนขึ้นอยู่กับการระบาดของวัชพืช

#### แปลงทดลองอ้อย

ประกอบด้วย 16 แปลงย่อย ที่มีขนาด  $5 \times 5$  เมตร ระยะห่างระหว่างแปลงย่อยเท่ากับ 1 เมตร การจัดเตรียมแปลงทดลองเริ่มต้นจากไถเปิดหน้าดินด้วยรถไถติดตั้งไถงานผาล 3 จากนั้นทำการใส่มูลไก่เกลบอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ทิ้งไว้ประมาณ 7 วัน จึงทำการไถพรวนดินด้วยไถงานผาล 7 ขวางความลาดเท แล้วทำการยกร่องปลูกที่มีขนาดกว้าง 120 เซนติเมตร ทำการปลูกอ้อยพันธุ์ K95-84 โดยทำการวางท่อนพันธุ์อ้อยแบบซ้อนยอดเป็นแถวคู่ในร่องปลูก

การใส่ปุ๋ย ใช้ปุ๋ยเคมีปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้นในอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ กลบ  
 ท่อนพันธุ์ด้วยไถลากมือ ทำการใส่ปุ๋ยผสมระหว่างปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) และปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 ใน  
 ปริมาณเท่ากัน อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ แบ่งใส่สองครั้งเมื่ออายุ 3 และ 5 เดือน

การดูแลกำจัดวัชพืช ทำการฉีดพ่นสารเคมีคุมวัชพืชหลังกลบท่อนพันธุ์ และ  
 สารเคมีกำจัดวัชพืชใบกว้างเมื่ออายุได้ 3 เดือน และการกำจัดวัชพืชใบแคบดำเนินการโดยใช้  
 แรงงานคนตามความเหมาะสม

#### 1.2.4 การเก็บข้อมูลพืช

##### แปลงทดลองมันสำปะหลัง

1. การเก็บตัวอย่างใบมันสำปะหลังในแต่ละแปลงย่อย โดยทำการเก็บใบที่ 5  
 นับจากใบที่คลี่เต็มที่แล้วจากส่วนยอด (young mature leave; YML) เมื่อมันสำปะหลังอายุ 6 เดือน  
 เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณการสะสมธาตุอาหารในใบ

2. ทำการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเมื่ออายุครบ 10 เดือน โดยมีพื้นที่เก็บเกี่ยว  
 เท่ากับ 25 ตารางเมตร ข้อมูลที่เก็บประกอบด้วย น้ำหนักผลผลิตหัวมันสด น้ำหนักสดส่วนเหนือ  
 ดิน (น้ำหนักต้น เหง้า และใบ) จำนวนต้นต่อไร่ จำนวนหัวต่อต้น และ ค่าร้อยละการสะสมแป้ง

##### แปลงทดลองอ้อย

1. การเก็บตัวอย่างใบอ้อย โดยทำการเก็บใบที่ 3 จากยอด (young mature  
 leave; YML) เมื่ออ้อยอายุ 6 เดือน เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณการสะสมธาตุอาหารในใบ

2. ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่ออ้อยอายุประมาณ 10 เดือน โดยมีพื้นที่เก็บเกี่ยว  
 เท่ากับ 25 ตารางเมตร ข้อมูลที่เก็บประกอบด้วย ความสูง น้ำหนักส่วนเหนือดิน จำนวนลำ ความ  
 ยาวลำ จำนวนปล้องและผลผลิตน้ำหนักสด

### 1.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

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

## 2. การวิเคราะห์ดิน

### 2.1 การเตรียมตัวอย่างดิน

2.1.1 เก็บตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวน โดยใช้กระบอกลบเก็บตัวอย่างดิน เพื่อนำมาวิเคราะห์สภาพการนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำและความหนาแน่นรวมของดิน

2.1.2 นำตัวอย่างดินที่ถูกรบกวนมาผึ่งแดดให้แห้งในร่ม แยกก้อนกรวด เศษหินแร่ และซากพืชที่มีขนาดใหญ่ออก แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร และใช้ตัวอย่างที่เตรียมนำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี และทางแร่ของดิน

### 2.2 การวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์

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

2) ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) โดยวิธีใช้กระบอกลบตัวอย่างดินที่ไม่ทำลายโครงสร้าง (core method) (Blake and Hartge, 1986)

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

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

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

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

$$AWC = (FC - PWP)$$

### 2.3 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

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

2) ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ (organic carbon) โดยวิธี Walkley and Black titration (Walkley and Black, 1934; Nelson and Sommers, 1996) จากนั้นนำไปคำนวณหาปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (organic matter) โดยใช้สูตรดังนี้

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

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

4) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง spectrophotometer

5) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium) โดยวิธีการสกัดด้วยสารละลาย 1M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ที่เป็นกลาง (pH 7) (Pratt, 1965) แล้ววัดปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

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

7) ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (extractable bases) ประกอบด้วย แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม โดยวิธีการสกัดด้วยสารละลาย 1M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ที่เป็นกลาง (pH 7) (Thomas, 1996) แล้ววัดปริมาณเบสด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

8) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity: CEC) โดยการชะละลายแคตไอออนด้วยสารละลาย 1M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ที่เป็นกลาง (pH 7) และแทนที่แอมโมเนียมไอออนด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 10% ในสภาพที่เป็นกรด กลั่นหาแอมโมเนียมไอออนแล้วคำนวณหาค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (Chapman, 1965; Summer and Miller, 1996)

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

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

### 3. การวิเคราะห์พีช

นำตัวอย่างไขมันสำปะหลัง และใบอ้อยมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 3 วัน จนตัวอย่างแห้งสนิท บดใบพีชที่ได้ให้ละเอียด จากนั้นนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วย

1. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยการย่อยสลายด้วย digestion mixture ( $H_2SO_4$ - $Na_2SO_4$ -Se mixture) (Gallaher *et al.*, 1976) และวิเคราะห์ปริมาณโดยวิธีการกลั่นโดย วิธี Kjeldahl method (Jackson, 1965)
2. ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด โดยการย่อยสลายด้วย digestion mixture ( $HNO_3$ - $H_2SO_4$ - $HClO_4$  acid mixture) (Johnson and Ulrich, 1959) และวิเคราะห์หาปริมาณโดยวิธี Vanado-molybdate method (Westerman, 1990)
3. ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี แมงกานีส และทองแดง ทั้งหมด โดยการย่อยสลายด้วย digestion mixture ( $HNO_3$ - $H_2SO_4$ - $HClO_4$  acid mixture) (Johnson and Ulrich, 1959) และวิเคราะห์หาปริมาณด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (Westerman, 1990)

### สถานที่และระยะเวลาการวิจัย

#### สถานที่ทำการวิจัย

1. แปลงเกษตรกรบ้านห้วยบง ตำบลกฤษณา อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา
2. ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ

#### ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

ระยะเวลาตั้งแต่เดือนเมษายน 2553-เดือนมีนาคม 2554

## ผลและวิจารณ์

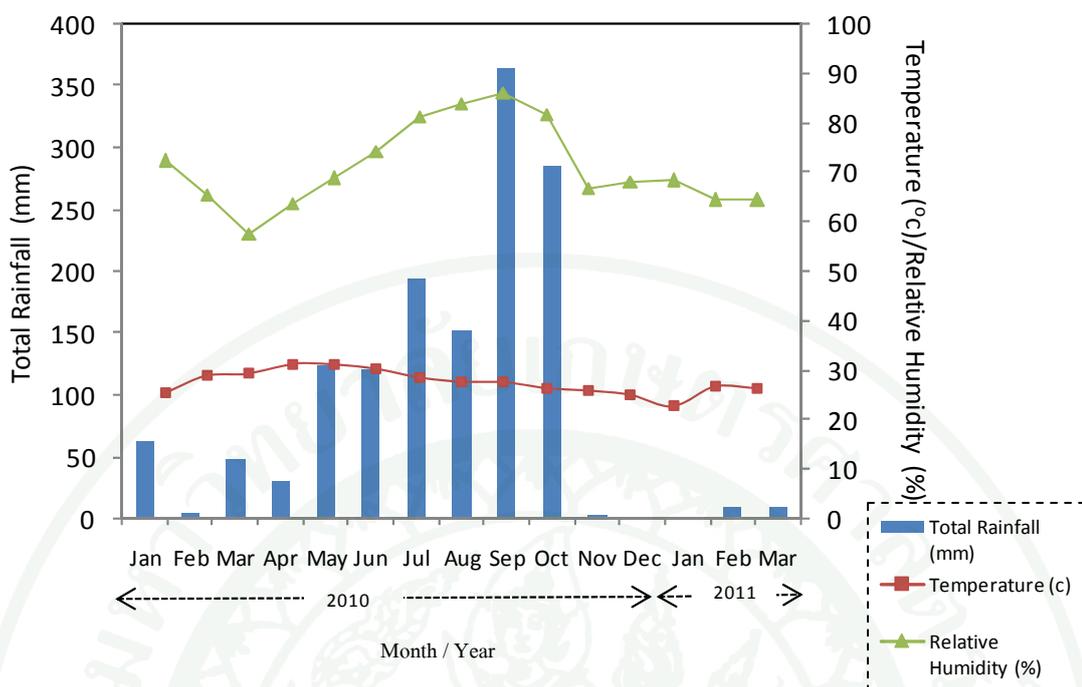
การศึกษาศักยภาพของดินบนตำแหน่งต่าง ๆ ของลำดับภูมิประเทศใน ต.กฤษณา อ. สีคิ้ว จ.นครราชสีมา (ภาพที่ 3) จำนวน 4 ตำแหน่งตามความลาดเทของเนินเขา ได้แก่ ยอดเนิน ส่วนบน และส่วนล่างของที่ลาดเทตอนกลาง และตีนเขา รวมทั้งการตอบสนองของมันเป็นป่าหลังและอ้อย ที่ปลูกตามลำดับภูมิประเทศภายใต้รูปแบบการจัดการเดียวกัน มีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

### 1. สภาพแวดล้อมทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

ดินที่ทำการศึกษายู่บนตำแหน่ง ๆ ของลำดับภูมิประเทศที่เป็นเนินเขาเดี่ยวที่อยู่ในตำบล กฤษณา อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา (ภาพที่ 2 และ 3) จากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา (2553) ของจังหวัดนครราชสีมา รายงานว่า ในปี 2553 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเท่ากับ 1,386.2 มิลลิเมตรต่อปี อุณหภูมิเฉลี่ย 28.1 องศาเซลเซียสต่อปี ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 72.4 ต่อปี โดยในเดือนกันยายนเป็นเดือนที่มีฝนตกมากที่สุดเท่ากับ 364 มิลลิเมตร รองลงมาได้แก่เดือนตุลาคม กรกฎาคม สิงหาคม มิถุนายน และพฤษภาคม โดยมีปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 284.6, 194.3, 151.1, 123.8 และ 120.1 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในขณะที่เดือนมีนาคม เมษายน พฤษภาคม และธันวาคม เป็นเดือนที่ไม่มีฝนตกเลย ส่วนอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ตลอดทั้งปี (ภาพที่ 4)



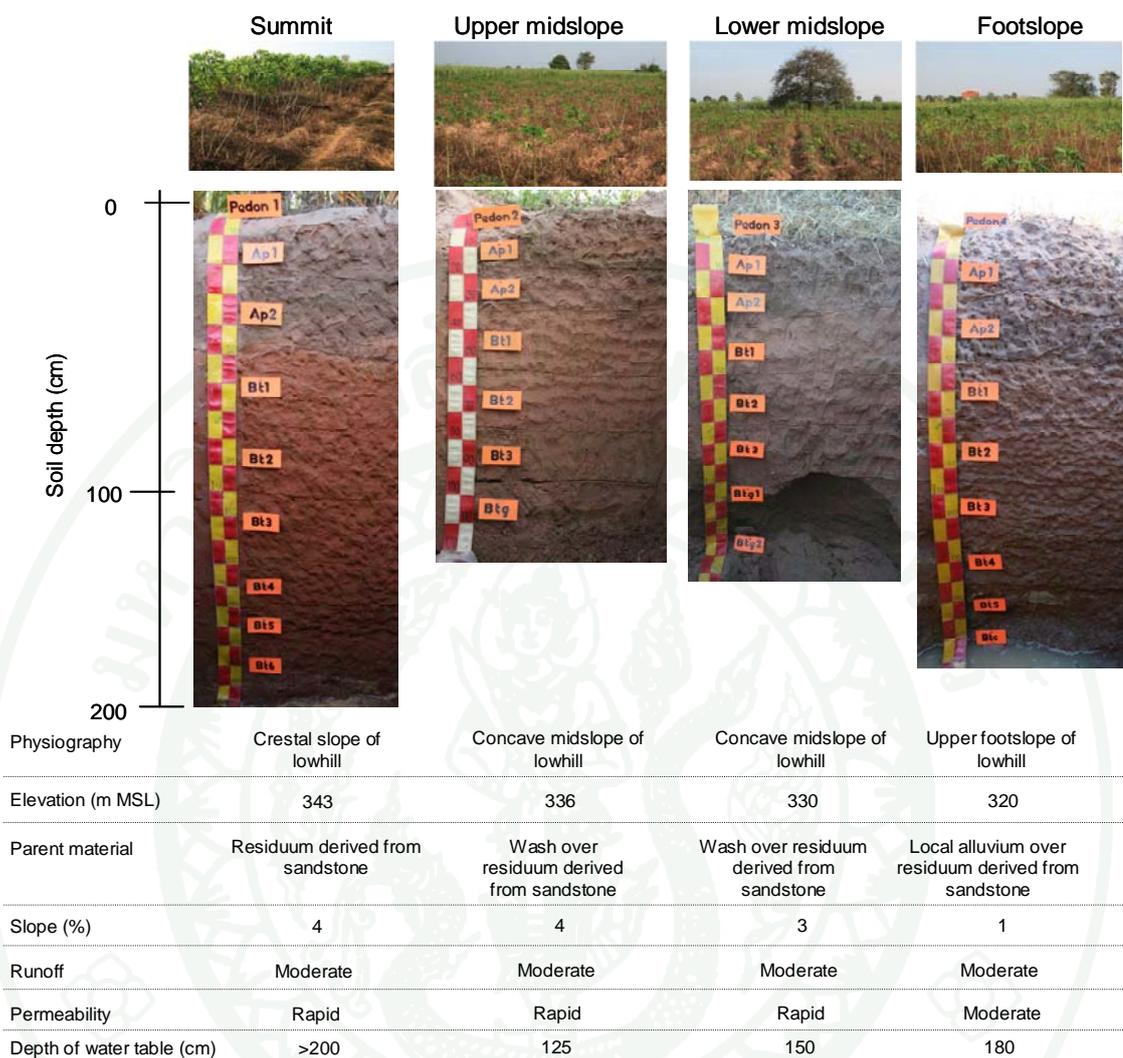
ภาพที่ 3 ลักษณะภูมิประเทศทั่วไปของบริเวณพื้นที่ศึกษา ต.กฤษณา อ. สีคิ้ว จ.นครราชสีมา



ภาพที่ 4 การแจกกระจายของปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัดนครราชสีมา

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2554)

ดินบริเวณยอดเนินมีพัฒนาการมาจากวัสดุตกค้างของหินทราย ในขณะที่ดินที่อยู่ต่ำลงมา ได้แก่ ส่วนบนและส่วนล่างของที่ลาดเทตอนกลาง และตีนเขา มีวัสดุต้นกำเนิดเป็นตะกอนน้ำพาที่องถึ้นวางตัวบนวัสดุตกค้างของหินทราย ดินบริเวณตอนบนของลำดับภูมิประเทศจะอยู่สูงจากระดับน้ำทะเล 343 เมตร และค่อย ๆ ลดระดับเป็น 336, 330, 320 เมตร ในบริเวณตีนเขา ลักษณะผิวหน้าเป็นลูกคลื่นลอนลาด ยกเว้นบริเวณตีนเขาที่มีผิวหน้าเกือบเรียบ ดินทุกบริเวณมีการระบายน้ำดี การไหลบ่าของน้ำหน้าผิวดินปานกลาง และความสามารถให้น้ำซึมผ่านผิวดินเร็ว ยกเว้นบริเวณตีนเขา ที่มีไหลบ่าของน้ำหน้าผิวดินและความสามารถให้น้ำซึมผ่านผิวดินปานกลางและพบน้ำใต้ดินตั้งแต่ระดับความลึก 125-200 เซนติเมตร ในฤดูแล้ง (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 ลักษณะทางตั้งฐานวิทยาของดินตามลำดับภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา

## 2. สมบัติดินตามลำดับภูมิประเทศ

### 2.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของดิน

#### ดินตำแหน่งยอดเนิน (Summit)

ดินบริเวณตำแหน่งยอดเนิน (Summit) ของเนินเขาเตี้ย โดยพื้นที่อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 343 เมตร ลักษณะผิวหน้าเป็นลูกคลื่นลอนที่มีความลาดชันร้อยละ 4 มีวัตถุต้นกำเนิดเป็นวัสดุตกค้างที่สลายตัวมาจากหินทราย ลักษณะดินเป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี มีการไหลบ่าของน้ำหน้าผาดินปานกลาง และความสามารถให้น้ำซึมผ่านผิวดินเร็ว มีการพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น Ap-Bt โดยมีการสะสมดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก และมีการเคลือบของดินเหนียวในชั้นดินล่าง พบระดับน้ำใต้ดินลึกกว่า 200 เซนติเมตร ในฤดูแล้ง (ภาพที่ 6)

ดินบนลึก 0-46 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลจนถึงน้ำตาลเข้ม เนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วน ดินมีโครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดถึงละเอียดมากและมีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับน้อย พิเอชดินในสนามเป็นกรดปานกลาง (pH 6.0) เริ่มพบการเคลือบของดินเหนียวแต่ไม่ค่อยชัดเจนบริเวณผิวหน้าเม็ดดิน พบการแจกกระจายของรากพืชขนาดเล็กและเล็กมากโดยทั่วไป และพบถ่านปะปนอยู่ด้วย (ตารางที่ 4)

ดินล่างลึก 46-200 เซนติเมตร ดินมีสีแดงปนเหลืองถึงสีแดง เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ดินมีโครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดปานกลางถึงปานกลางและมีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับน้อยปานกลาง พิเอชดินในสนามเป็นกรดเล็กน้อยถึงกรดรุนแรงมาก (pH 6.5-5.0) พบการเคลือบของดินเหนียวเล็กน้อยบริเวณผิวหน้ารอบหน่วยโครงสร้างดิน พบจุดสีคล้ำแสดงกิจกรรมของอินทรีย์วัตถุ และการแจกกระจายของรากพืชในชั้นนี้มีปริมาณลดลงจากบนลงล่าง (ตารางที่ 4)



ภาพที่ 6 ลักษณะภูมิประเทศและหน้าตัดดินตำแหน่งยอดเนิน (Summit) ของลำดับภูมิประเทศ

### ดินตำแหน่งตอนบนของที่ลาดเทตอนกลาง (Upper midslope)

ดินบริเวณตำแหน่งตอนบนของที่ลาดเทตอนกลางแบบโค้งเว้า (Upper concave midslope) ของเนินเขาเดี่ยว สภาพผิวหน้าเป็นลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชันร้อยละ 4 มีความสูง 336 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง (ตารางที่ 4) มีวัตถุต้นกำเนิดเป็นตะกอนที่อิงทับถมอยู่บนวัสดุตกค้างที่สลายตัวมาจากหินทราย ดินเป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี การไหลบ่าของน้ำหน้าผา ดินปานกลางและความสามารถให้น้ำซึมผ่านผิวดินเร็ว หน้าตัดดินเป็น Ap-Bt-Btg โดยมีการสะสมดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก และมีการเคลือบของดินเหนียวในชั้นดินล่าง พบน้ำใต้ดินลึกกว่า 125 เซนติเมตร จากผิวดินในฤดูแล้ง (ภาพที่ 7)

ดินบนลึก 0-32 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงน้ำตาลปนแดง เนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วน ดินมีโครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดถึงละเอียดมากและมีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับน้อย พีเอชดินในสนามเป็นกรดเล็กน้อยถึงกรดปานกลาง (pH 6.5-6.0) เริ่มพบการเคลือบของดินเหนียวแต่ไม่ค่อยชัดเจนบริเวณผิวหน้าของเม็ดดิน และพบการแจกกระจายของรากพืชขนาดเล็กและเล็กมากโดยทั่วไปรวมถึงพบถ่านปะปนอยู่ด้วย (ตารางที่ 4)

ดินล่างลึก 32-150 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลปนแดงถึงสีเหลืองปนแดง เริ่มพบสีจุดประสีแดงปนเหลืองเล็กน้อยที่ความลึก 32 เซนติเมตร และเริ่มชัดเจนที่ความลึกประมาณ 100 เซนติเมตรลงไป ซึ่งแสดงให้เห็นถึงลักษณะอาจมีการขังน้ำได้ในช่วงฤดูฝน เนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วนและดินร่วนปนทรายในชั้นล่างสุด ดินมีโครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดปานกลางถึงปานกลางและมีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับน้อยปานกลาง พีเอชดินในสนามเป็นกรดปานกลางถึงกรดรุนแรงมาก (pH 6.0-4.5) พบการเคลือบของดินเหนียวเล็กน้อยบริเวณผิวหน้าของเม็ดดิน พบเศษชิ้นส่วนของวัสดุอินทรีย์ขนาดเล็ก และการแจกกระจายของรากพืชในชั้นนี้มีปริมาณลดลงจากชั้นดินบน (ตารางที่ 4)



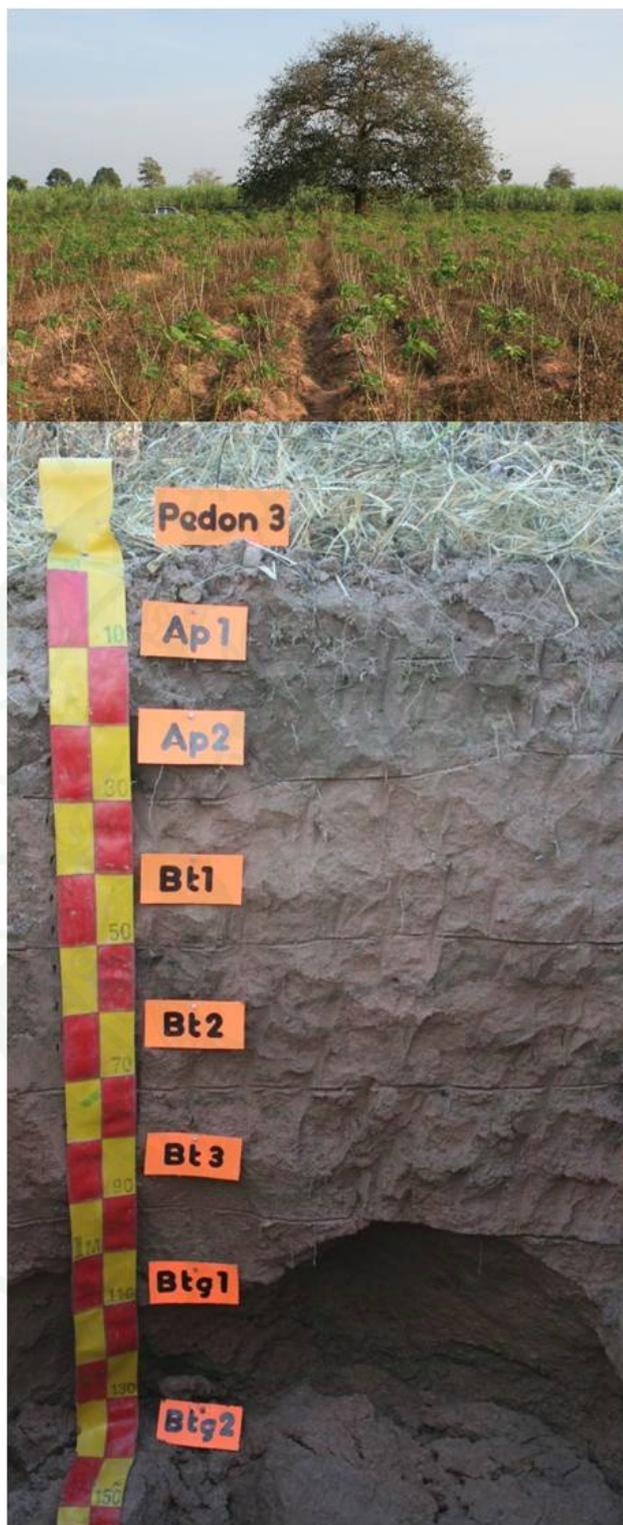
ภาพที่ 7 ลักษณะภูมิประเทศและหน้าตัดดินตำแหน่งตอนบนของที่ลาดเทตอนกลาง (Upper midslope) ของลำดักภูมิประเทศ

### ดินตำแหน่งตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลาง (Lower midslope)

ดินบริเวณตำแหน่งตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลางแบบโค้งเว้า (Lower concave midslope) ของเนินเขาเตี้ย มีพื้นผิวหน้าเป็นแบบลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชันร้อยละ 3 พื้นที่อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 330 เมตร วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนท้องถื่นทับถมอยู่บนวัสดุตกค้างที่สลายตัวมาจากหินทราย ดินเป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี การไหลบ่าของน้ำหน้าผิวดินปานกลางและความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านผิวดินเร็ว หน้าตัดดินเป็น Ap-Bt-Btg มีการสะสมดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึกและมีการเคลือบของดินเหนียวในชั้นดินล่าง พบน้ำใต้ดินลึกกว่า 150 เซนติเมตร จากผิวดินในฤดูแล้ง (ภาพที่ 8)

ดินบนหนาประมาณ 30 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลจนถึงน้ำตาลเข้ม เนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วน มีโครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดถึงละเอียดมากและมีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับน้อย พิเอชดินในสนามเป็นกรดเล็กน้อย (pH 6.5) พบการเคลือบของดินเหนียวไม่ชัดเจนบริเวณผิวหน้าของเม็ดดิน และพบการแจกกระจายของรากพืชขนาดเล็กและเล็กมากโดยทั่วไป และพบถ่านปะปนอยู่ในหน้าตัดดิน (ตารางที่ 4)

ดินล่างลึก 30-170 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาล สีเหลืองปนแดง และสีชมพู พบสีจุดประสีแดง ที่ความลึก 96 เซนติเมตรลงไป เนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วนและดินร่วนปนทรายในชั้นล่างสุด ดินมีโครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดปานกลางถึงปานกลางและมีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับน้อย พิเอชดินในสนามเป็นกรดปานกลางถึงกรดรุนแรงมาก (pH 6.0-4.5) พบการเคลือบของดินเหนียวเล็กน้อยบริเวณผิวหน้าเม็ดดิน พบเศษชิ้นส่วนของวัสดุอินทรีย์ขนาดเล็ก และการแจกกระจายของรากพืชในชั้นนี้มีปริมาณลดลงจากชั้นดินบน (ตารางที่ 4)



ภาพที่ 8 ลักษณะภูมิประเทศและหน้าตัดดินตำแหน่งตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลาง (Lower midslope) ของลำดับภูมิประเทศ

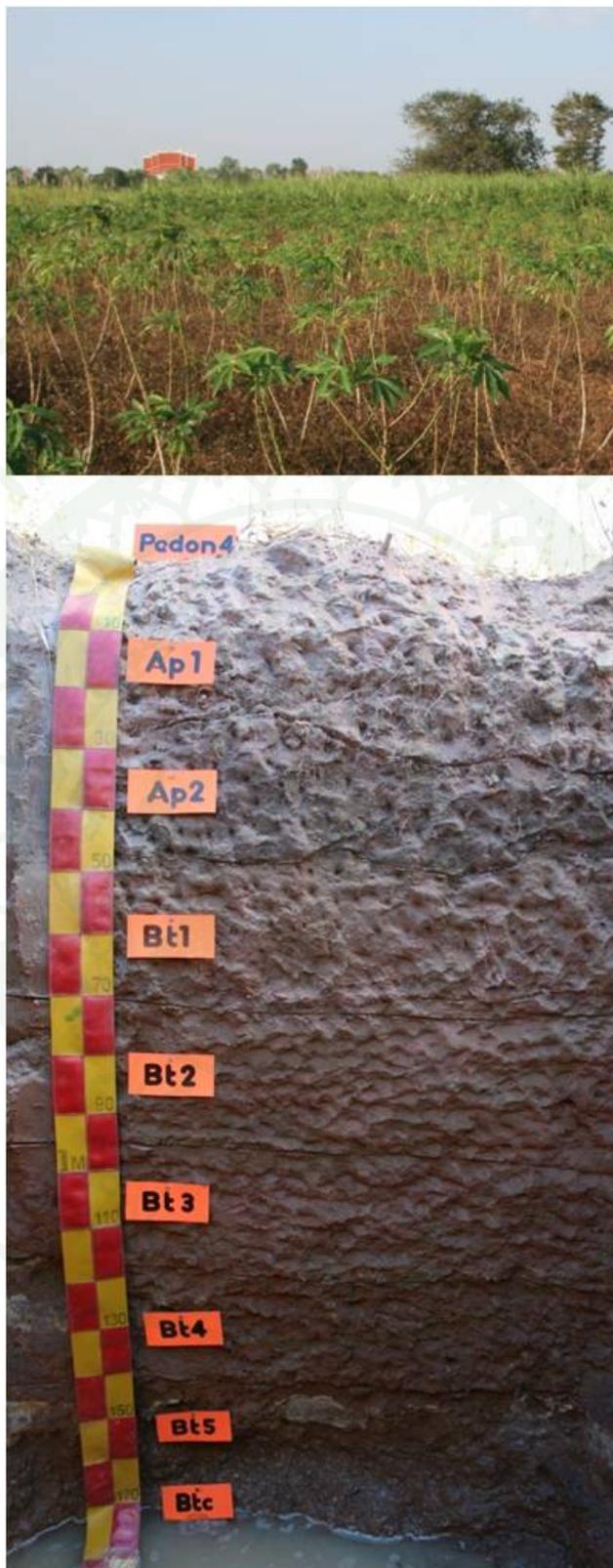
### ดินตำแหน่งตีนเขา (Footslope)

ดินบริเวณตำแหน่งตีนเขา (Footslope) ของเนินเขาเตี้ย พื้นที่อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 320 เมตร ลักษณะผิวหน้าค่อนข้างเรียบมีความลาดชันร้อยละ 1 วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนท้องถื่นทับถมอยู่บนวัสดุตกค้างที่สลายตัวมาจากหินทราย (ตารางที่ 4) ดินเป็นดินลึก การระบายน้ำดี การไหลบ่าของน้ำหน้าผาดินและความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านผิวดินปานกลาง หน้าตัดดินเป็น Ap-Bt-Btc มีการสะสมดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก และมีการเคลือบของดินเหนียวในชั้นดินล่าง พบระดับน้ำใต้ดินลึกกว่า 180 เซนติเมตร จากผิวดินในฤดูแล้ง (ภาพที่ 9)

ดินบนหนา 50 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลเข้ม เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ดินมีโครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดถึงละเอียดมากและมีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับน้อย พีเอชดินในสนามเป็นกรดเล็กน้อยถึงปานกลาง (pH 6.5-7.0) พบการเคลือบของดินเหนียวไม่ค่อยชัดเจนบริเวณผิวหน้าเม็ดดิน และพบรากพืชขนาดเล็กโดยทั่วไป (ตารางที่ 4)

ดินล่างลึก 50-200 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลปนเหลืองถึงแดงปนเหลือง เนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วนถึงดินร่วนปนทราย และพบสารก่อก้อนกลมของเหล็ก และแมงกานีสออกไซด์ในชั้นดินล่างสุดที่ความลึกประมาณ 120 เซนติเมตร ดินมีโครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดปานกลางถึงปานกลางและมีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับน้อย พีเอชดินในสนามเป็นกรดจัดมากถึงปานกลาง (pH 4.5-7.0) พบการเคลือบของดินเหนียวค่อนข้างมากบริเวณผิวหน้าของเม็ดดิน และการแจกกระจายของรากพืชในชั้นนี้มีปริมาณลดลงจากชั้นดินบน

โดยภาพรวม ดินทั้งสี่บริเวณเป็นดินลึก หน้าตัดดินบริเวณยอดเนินเป็น Ap-Bt บริเวณตอนบนและตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลางเป็น Ap-Bt-Btg และบริเวณตีนเขาเป็น Ap-Bt-Btc โดยดินทุกบริเวณแสดงให้เห็นลักษณะการสะสมดินเหนียวตามความลึก และมีการเคลือบของดินเหนียวในชั้นดินล่าง ดินบนหนาประมาณ 30-50 เซนติเมตร โดยดินบนบริเวณยอดเนิน และตีนเขาจะหนากว่าอีก 2 บริเวณ ดินทุกบริเวณดินบนมีสีน้ำตาลจนถึงน้ำตาลเข้ม ในขณะที่ดินล่างบริเวณยอดเนินจะมีสีแดง และเปลี่ยนเป็นสีเหลือง รวมทั้งพบจุดประในบริเวณตอนกลางและตอนล่างของที่ลาดเท ดินบนมีโครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดถึงละเอียดมากมีความคงทนของโครงสร้างน้อย ขณะที่ดินล่างมีโครงสร้างขนาดละเอียดปานกลางถึงปานกลาง ดินบนมีเนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วน ดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (ตารางที่ 4)



ภาพที่ 9 ลักษณะภูมิประเทศและหน้าตัดดินตำแหน่งดินเขา (Footslope) ของลำดับภูมิประเทศ

ตารางที่ 4 สัณฐานวิทยาโดยย่อของดินตามลำดับภูมิประเทศ

Horizon	Depth (cm)	Matrix Mottle	Texture	Structure	Consistence Dry, moist, wet	Boundary	Field pH	Others
<u>Summit</u>								
Ap1	0-22	7.5YR4/3	LS	1vf,fSBK	S, VF, NS/NP	gradual, smooth	6.0	many very fine coated sands, common very fine variegated sands, few trances of charcoal
Ap2	22-46	Mixed 7.5YR4/4, 7.5YR6/6	LS	1vf,fSBK	S, VF, NS/NP	abrupt, smooth	6.0	many very fine coated sands, common very fine variegated sands, few traces of charcoal
Bt1	46-75	5YR5/8	LS	1vf,fSBK	S, VF, NS/NP	gradual, smooth	6.5	many very fine coated sands, few spot organic material accumulation a horizontal double thin line separated Ap2 and Bt1 horizons
Bt2	75-100	2.5YR5/8	SL	1fSBK	S, VF, NS/NP	diffuse, smooth	6.5	many very fine coated sands
Bt3	100-129	2.5YR6/8	SL	1fSBK	S, VF, NS/NP	diffuse, smooth	6.5	many very fine coated sands
Bt4	129-152	2.5YR6/8	SL	1fSBK	S, VF, NS/NP	diffuse, smooth	6.0	many very fine coated sands
Bt5	152-170	2.5YR5/8	SL	1f,mSBK	S, VF, NS/NP	diffuse, smooth	5.5	many very fine coated sands
Bt6	170-200	2.5YR5/8	SL	1f,mSBK	S, VF, NS/NP	-	5.0	many very fine coated sands

ตารางที่ 4 (ต่อ)

Horizon	Depth (cm)	Matrix Mottle	Texture	Structure	Consistence Dry, moist, wet	Boundary	Field pH	Others
<u>Upper midslope</u>								
Ap1	0-18	Mixed 5YR5/2, 5YR6/4	LS	1vf,fsBK	VS, VF, NS/NP	clear, smooth	6.5	common very fine coated sands, few traces of dead roots
Ap2	18-32	Mixed 5YR5/2, 5YR6/4	LS	1vf,fsBK	VS, VF, NS/NP	abrupt, smooth	6.0	common very fine coated sands, few traces of dead roots, few traces of charcoal
Bt1	32-54	5YR6/4 5YR5/8	LS	1vf,mSBK	VS, VF, NS/NP	gradual, smooth	6.0	common very fine and fine coated sand trance of organic material
Bt2	54-76	5YR6/6 5YR5/6	LS	1f,mSBK	S, VF, NS/NP	gradual, smooth	5.5	common very fine and fine coated sands
Bt3	76-99	5YR6/6 5YR5/6	LS	1f,mSBK	S, VF, NS/NP	clear, smooth	5.0	common very fine and fine coated sands, few medium spots of organic material occumulation
Btg	99-125	Mixed 5YR7/2, 5YR6/4 7.5YR5/6	SL	1f,mSBK	SH, F, NS/NP	-	4.5	common very fine and fine coated sands

ตารางที่ 4 (ต่อ)

Horizon	Depth (cm)	Matrix Mottle	Texture	Structure	Consistence Dry, moist, wet	Boundary	Field pH	Others
<u>Lower midslope</u>								
Ap1	0-11	7.5YR3/4 -	LS	1vf, fSBK	S, VF, NS/NP	gradual, smooth	6.5	many very fine variegate sands, few traces of dead roots
Ap2	11-31	Mixed 7.5YR4/4, 7.5YR7/4 -	LS	1vf, fSBK	S, VF, NS/NP	abrupt, smooth	6.5	many very fine variegate sands, few traces of dead roots
Bt1	31-50	7.5YR5/6 -	LS	1vf, fSBK	S, VF, NS/NP	clear, smooth	6.5	many very fine coated sands few medium spots
Bt2	50-71	Mixed 7.5YR6/6, 7.5YR5/3 -	LS	1vf, fSBK	S, VF, NS/NP	gradual, smooth	6.5	of organic material occumulation; many very fine varigate and coated sands, few traces of dead roots
Bt3	71-96	5YR7/4 -	LS	1f, mSBK	S, F, NS/NP	gradual, smooth	6.0	many very fine varigate and coated sands
Btg1	96-120	Mixed 2.5YR7/4, 2.5YR8/1 2.5YR4/6	LS	1f, mSBK	S, F, NS/NP	clear, smooth	5.0	many very fine varigate and coated sands
Btg2	120-150	Mixed 5YR7/4, 2.5YR5/1 2.5YR3/6, 7.5YR5/8	SL	1f, mSBK	S, F, NS/NP	-	4.5	many very fine varigate and coated sands

ตารางที่ 4 (ต่อ)

Horizon	Depth (cm)	Matrix Mottle	Texture	Structure	Consistence Dry, moist, wet	Boundary	Field pH	Others
<u>Foot slope</u>								
Ap1	0-30	Mixed 7.5YR7/3,7.5YR3/4 -	LS	1vfSBK	S,VF,NS/NP	abrupt, smooth	6.5	many very fine variegate sands few traces of charcoal
Ap2	30-50	Mixed 7.5YR4/2,7.5YR4/4 -	LS	1vfSBK	S,VF,NS/NP	abrupt, smooth	7.0	many very fine variegate sands few traces of charcoal
Bt1	50-71	5YR5/6 -	LS	1vf,fSBK	S,VF,NS/NP	gradual, smooth	7.0	many very fine variegated sand
Bt2	71-96	5YR5/8 -	SL	1vf,fSBK	S,VF,NS/NP	gradual, smooth	6.5	many very fine variegated and coated sand, few medium sand pockets
Bt3	96-121	5YR5/8 -	SL	1vf,fSBK	S, F, SS/NP	gradual, smooth	4.0	many very fine variegated and coated sands
Bt4	121-143	7.5YR5/8 -	SL	1f,mSBK	S, F, SS/NP	gradual, smooth	4.0	many very fine variegated and coated sands very few medium Fe, Mn oxide nodules
Bt5	143-170	7.5YR5/8 -	SL	1f,mSBK	S, F, SS/NP	gradual, smooth	4.0	many very fine variegated and coated sands very few medium Fe, Mn oxide nodules
Btc	170-200	7.5YR6/8 -	SL	1f,mSBK	S, F, SS/NP	gradual, smooth	4.0	few trace of dead roots

## ตารางที่ 4 (ต่อ)

หมายเหตุ: เนื้อดิน (Texture)	โครงสร้าง (Grade of structure)
LS = loamy sand	1 = weak
SL = sandy loam	
โครงสร้าง (size of subangular blocky)	การยึดตัว (Consistence)
m = medium (10-20 mm)	NS = Non sticky
f = fine (5-10 mm)	NP = Non plastic
vf = very fine (<5 mm)	SS = Slightly sticky

### 2.2 สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน

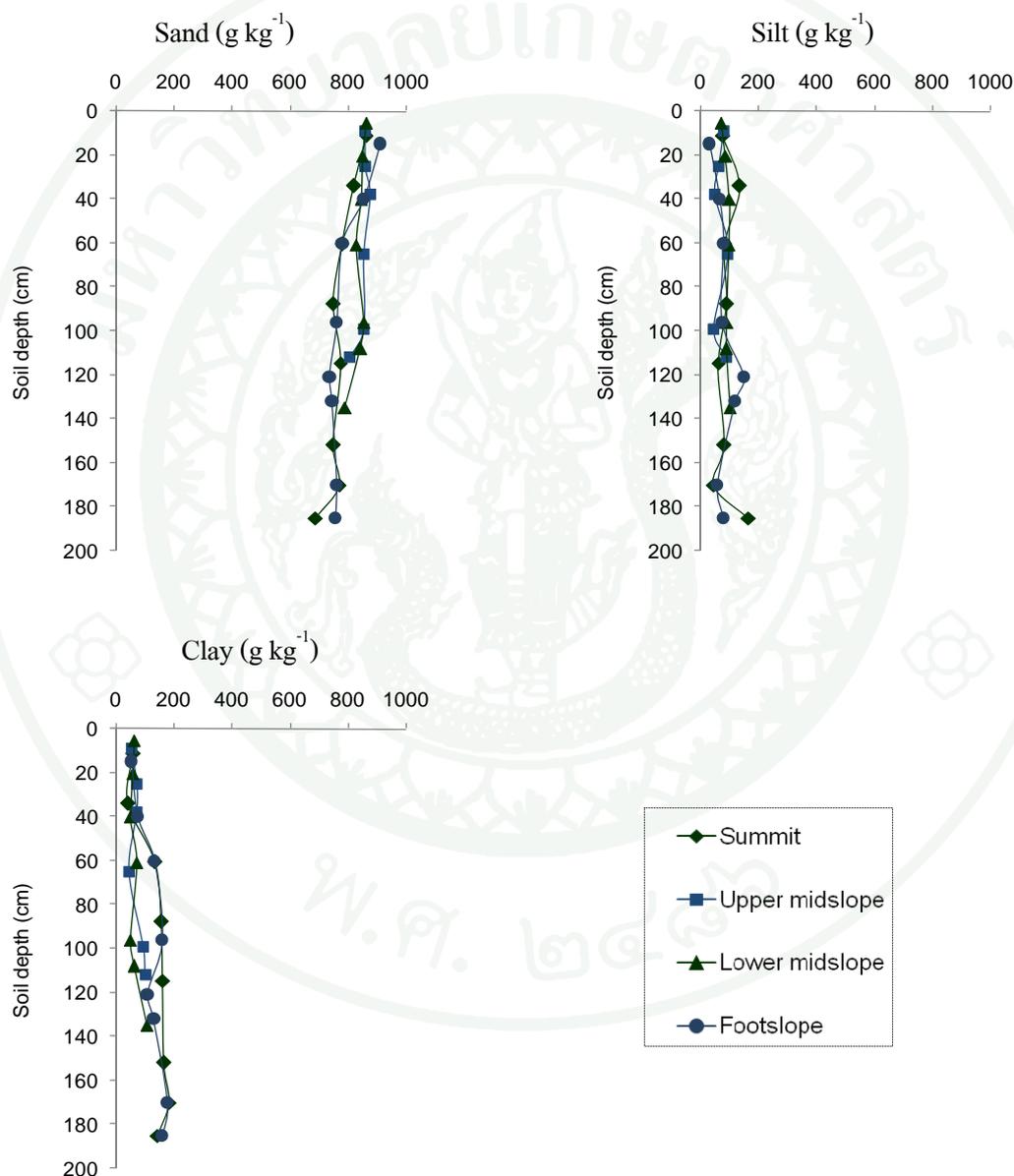
#### การกระจายขนาดอนุภาคดินและชั้นเนื้อดิน

ดินที่ทำการศึกษาทั้งสี่ตำแหน่งตามลำดับภูมิประเทศมีการกระจายขนาดอนุภาคคล้ายคลึงกัน โดยมีปริมาณอนุภาคขนาดทราย (687-912 กรัมต่อกิโลกรัม) มากกว่าอนุภาคขนาดทรายแป้ง (33-168 กรัมต่อกิโลกรัม) และอนุภาคขนาดดินเหนียว (42-183 กรัมต่อกิโลกรัม) (ภาพที่ 10) ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุต้นกำเนิดดินที่พัฒนามาจากหินทรายจึงให้ดินที่มีอนุภาคขนาดทรายเด่นกว่าอนุภาคขนาดอื่น ๆ (Hakanssan *et al.*, 1996)

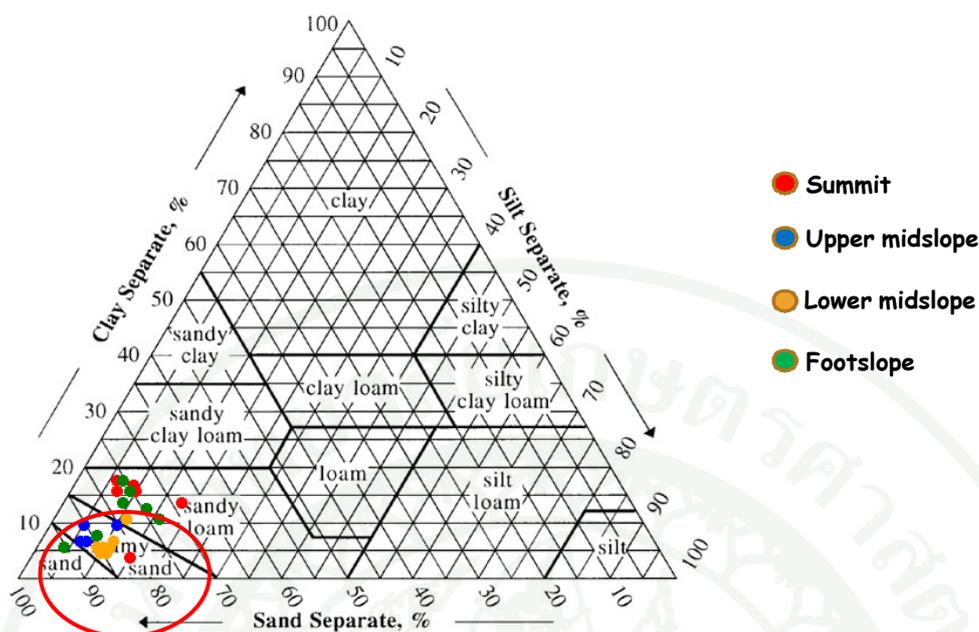
ในภาพรวม พบว่า ดินทุกบริเวณมีการกระจายอนุภาคขนาดทรายสูงในชั้นดินบนและมีแนวโน้มลดลงตามความลึก (ภาพที่ 10) อนุภาคขนาดทรายแป้งเพิ่มขึ้นและลดลงสลับเป็นช่วง ๆ ไม่สม่ำเสมอ ในขณะที่อนุภาคขนาดดินเหนียวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก แสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนย้ายเชิงกลร่วมกับการซึมชะ อนุภาคขนาดเล็กจึงเคลื่อนย้ายลงไปสะสมยังชั้นดินล่าง และเคลื่อนที่อยู่ตามช่องว่างในดินและผิวก้อนดิน (Buol *et al.*, 2003) ดินมีการสะสมอนุภาคดินเหนียวที่ความลึกตั้งแต่ 40 เซนติเมตรลงไป อย่างไรก็ตามตอนบนและตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลาง มีการเพิ่มขึ้นของดินเหนียวไม่ชัดเจน ทั้งนี้อาจเป็นมาจากสภาพพื้นที่ที่มีความต่อเนื่อง ความลาดเทของพื้นที่ยาวทำให้การกร่อนโดยน้ำได้อย่างรวดเร็ว จึงส่งผลให้การสะสมดินเหนียวเกิดได้ยาก

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์การแจกกระจายของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ของดินทั้ง 4 บริเวณ แล้วนำมาวิเคราะห์ที่ได้เทียบหาประเภทเนื้อดินจากตารางสามเหลี่ยมแสดงความสัมพันธ์ของอนุภาคดิน โดยใช้เกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA textural class) (เอิบ, 2542; Soil

Survey Staff, 2006) พบว่าดินทุกบริเวณเป็นดินในกลุ่มดินเนื้อหยาบตลอดหน้าตัดดินโดยมีเนื้อดินอยู่ในพิสัยดินทรายจนถึงร่วนปนทราย แต่ดินบริเวณตอนบนและตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลาง มีเนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วนตลอดหน้าตัดดิน (ภาพที่ 11) แสดงให้เห็นว่าดินเหล่านี้มีแนวโน้มจะทำให้พืชขาดน้ำได้ง่าย โดยเฉพาะพืชที่ต้องการน้ำสูงเช่นอ้อย แต่ไม่เป็นอุปสรรคต่อกรแสกหัวของมันสำปะหลัง



ภาพที่ 10 การกระจายขนาดอนุภาคดินทราย (2.00-0.05 มิลลิเมตร) อนุภาคขนาดทรายแป้ง (0.05-0.002 มิลลิเมตร) และอนุภาคขนาดดินเหนียว (< 0.002 มิลลิเมตร) ของดินตามลำดับภูมิประเทศ



ภาพที่ 11 การจำแนกประเภทเนื้อดิน ตามสัดส่วนโดยมวลของอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว

#### ความหนาแน่นรวม

ดินมีความหนาแน่นรวมอยู่ในระดับต่ำถึงสูงโดยมีค่าอยู่ใน 1.39-1.88 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ภาพที่ 12) โดยดินบนมีค่าอยู่ในระดับต่ำ (1.39-1.65 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และดินล่างมีค่าอยู่ในระดับสูง (1.60-1.88 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และความหนาแน่นรวมของดินทุกบริเวณมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากกระบวนการเคลื่อนย้ายดินเหนียวสู่ดินล่างซึ่งอนุภาคจะเข้าไปแทรกตัวอยู่ในช่องว่างต่างๆ ในดิน ทำให้ดินแน่นทึบขึ้น (Jorajuria and Draghi, 2000) โดยดินบริเวณยอดเนินและดินเขามีแนวโน้มที่จะพบชั้นดานที่ระดับความลึกประมาณ 40-60 เซนติเมตรซึ่งชั้นดังกล่าวมีความหนาแน่นรวมสูงกว่าชั้นดินด้านบนและด้านล่างอย่างชัดเจน โดยมีค่าเท่ากับ 1.79 และ 1.88 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับดินบริเวณยอดเนินและดินเขา ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับสภาพการนำน้ำของดินที่อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าชั้นดินด้านบนและด้านล่างอย่างชัดเจน โดยเฉพาะดินบริเวณยอดเนิน

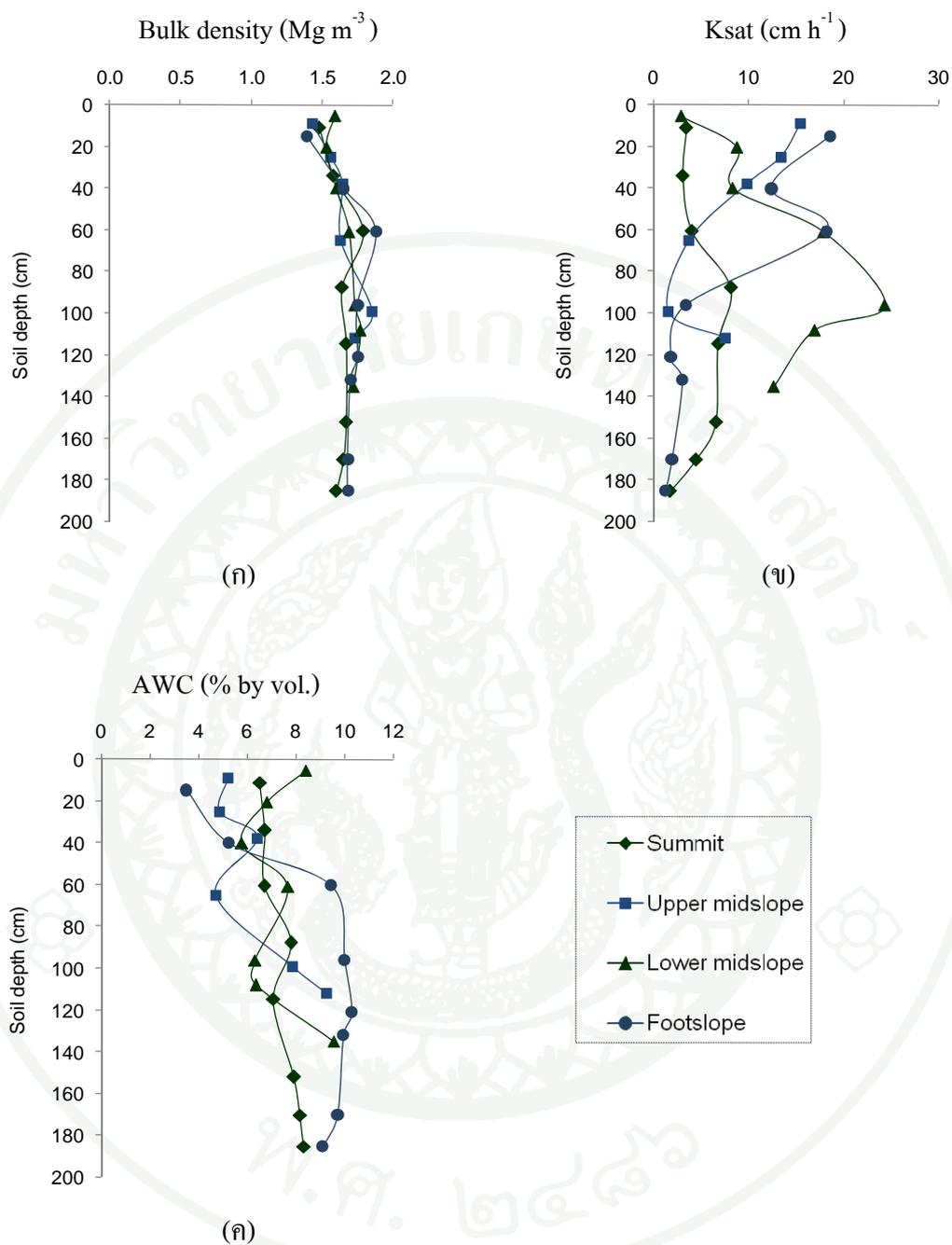
### สภาพน้ำของดินขณะดินอืด

ค่าสภาพน้ำของดินขณะดินอืดอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงเร็วโดยมีค่าอยู่ในพิสัย 1.27-24.40 เซนติเมตรต่อชั่วโมงและมีแนวโน้มลดลงตามความลึก (ภาพที่ 12) โดยดินบนมีค่าสภาพน้ำของดินขณะดินอืดอยู่ในพิสัย 2.98-18.72 เซนติเมตรต่อชั่วโมง และดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 1.27-24.40 เซนติเมตรต่อชั่วโมง โดยทั่วไปดินบนจะมีสภาพการนำน้ำขณะดินอืดสูงกว่าในดินล่างทั้งนี้เนื่องจากโดยทั่วไป ดินล่างจะมีความหนาแน่นรวมและปริมาณดินเหนียวสูงกว่าดินบน ซึ่งอาจส่งผลให้ปริมาณของช่องว่างขนาดใหญ่ในดินลดลง (Goldberg and Foster, 1990)

แต่สภาพน้ำของดินขณะอืดของดินล่างบริเวณที่ลาดเทตอนกลางมีแนวโน้มสูงกว่าดินบริเวณอื่น (8.39-24.40 เซนติเมตรต่อชั่วโมง) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกันกับปริมาณดินเหนียวที่ต่ำกว่าดินในบริเวณอื่นๆ นอกจากนี้สภาพการนำน้ำของดินซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความยากง่ายของน้ำที่เคลื่อนที่ในดิน ซึ่งมักขึ้นอยู่กับสมบัติต่าง ๆ ของดิน เช่น โครงสร้างดิน ชนิดเนื้อดิน ขนาดรูปร่าง การเชื่อมโยงความต่อเนื่องของช่องว่าง รวมทั้งชนิดของไอออนที่ทำให้ดินฟุ้งกระจายด้วย (Brady and Weil, 2008; Hillel, 1998; Juma, 2001)

### ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์

ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดินมีปริมาณค่อนข้างต่ำโดยมีค่าในพิสัยร้อยละ 3.50-10.33 โดยปริมาตร และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก โดยดินบนมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 3.50-8.40 โดยปริมาตร และดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 4.72-10.33 โดยปริมาตร ดินบริเวณยอดเนิน ส่วนบนและส่วนล่างของที่ลาดเทตอนกลาง และดินเขา มีความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์อยู่ในพิสัยร้อยละ 6.51-8.34, 4.72-9.28, 5.78-9.56, 3.50-10.33 โดยปริมาตร ตามลำดับ (ภาพที่ 12) ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของดินที่เป็นดินในกลุ่มเนื้อหยาบ ช่องว่างในดินส่วนใหญ่เป็นช่องว่างขนาดใหญ่ จึงทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ น้ำที่เป็นประโยชน์จึงต่ำไปด้วย (Elder and Lal, 2007; Brady and weil, 2008)



ภาพที่ 12 ความหนาแน่นรวม (ก) สภาพการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวด้วยน้ำ (ข) และความชื้นที่เป็นประโยชน์ (ค) ของดินตามลำดับภูมิประเทศ

### 2.3 สมบัติทางเคมีของดิน

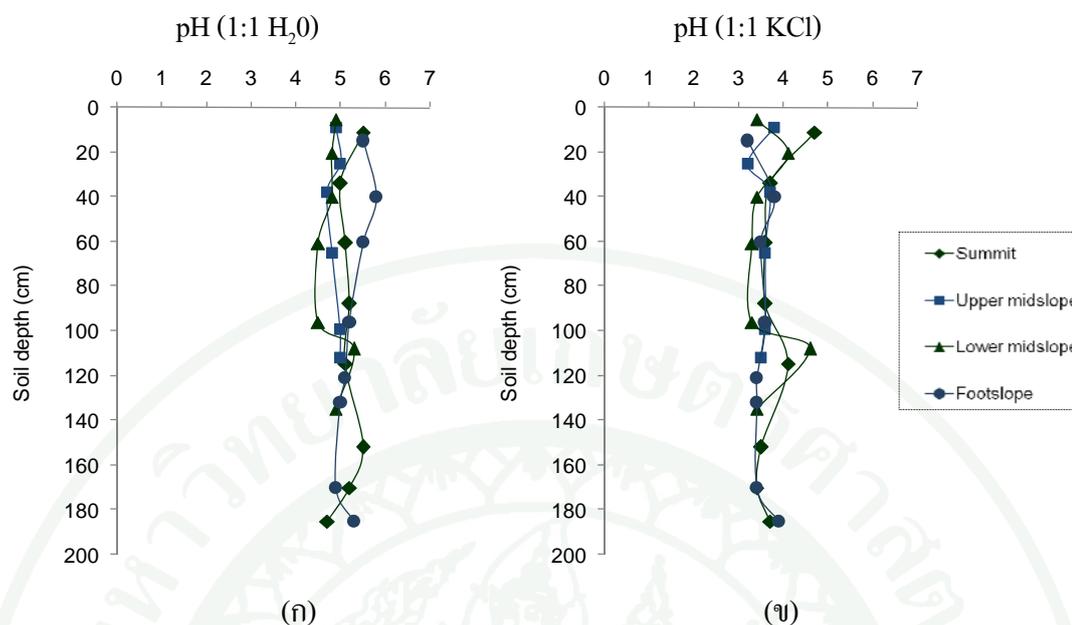
สมบัติทางเคมีของดินบนตำแหน่งต่าง ๆ ของลำดับภูมิประเทศ เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์การประเมินระดับสมบัติทางเคมี (เอิบ, 2547; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973; Soil Survey Division Staff, 1993) มีผลการศึกษาดังนี้

#### พีเอชดิน

ดินทุกบริเวณเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดเล็กน้อย โดยมีพีเอชอยู่ในพิสัย 4.4-6.2 ซึ่งมีค่าพีเอชลดลงตามความลึก (ภาพที่ 13) แสดงให้เห็นว่าดินมีพัฒนาการสูง เกิดกระบวนการชะละลายรุนแรง เบสต่าง ๆ จึงเคลื่อนย้ายออกไปจากหน้าตัดดิน (Buol *et al.*, 2003; Brady and Weil, 2008) ค่าพีเอชดินที่วัดในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ มีค่าอยู่ในพิสัย 3.7-5.8 และมีแนวโน้มลดลงตามความลึกเช่นเดียวกัน (ภาพที่ 13) ซึ่งมีค่าต่ำกว่าพีเอชที่วัดด้วยน้ำประมาณ 1 หน่วย แสดงให้เห็นว่าดินเหล่านี้มีประจุสุทธิเป็นลบเช่นเดียวกัน ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับแคตไอออนได้ดีกว่าแอนไอออน เป็นลักษณะของดินเขตร้อนส่วนใหญ่ที่มีพัฒนาการสูง มีออกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียมและแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ (Sanchez, 1976; Spark, 1995)

#### อินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารพืช

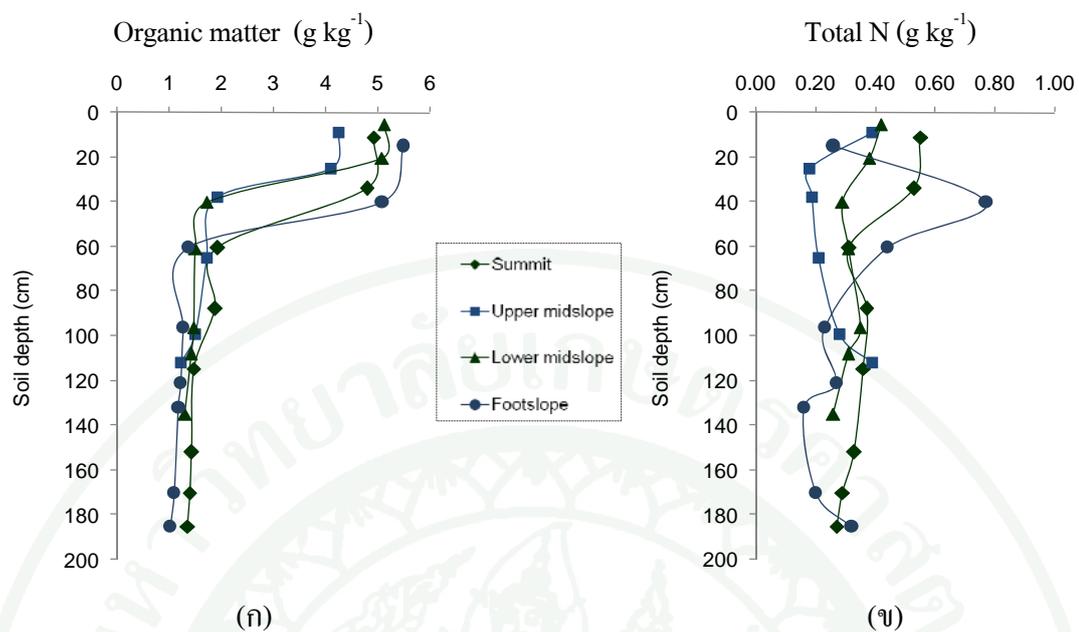
ดินที่ทำการศึกษามีอินทรีย์วัตถุอยู่ในพิสัยต่ำมากถึงต่ำโดยมีค่าอยู่ในพิสัย 1.02-5.49 กรัมต่อกิโลกรัมและมีแนวโน้มลดลงตามความลึก โดยดินบนมีค่าอยู่ในระดับมากถึงต่ำ (4.09-5.49 กรัมต่อกิโลกรัม) และในดินล่างมีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก (1.02-1.92 กรัมต่อกิโลกรัม) (ภาพที่ 14) เนื่องจากลักษณะเด่นของเขตร้อนที่มีฝนตกชุกและอุณหภูมิที่สูง ประกอบดินที่มีเนื้อหยาบจะส่งผลให้อินทรีย์วัตถุในดินสลายตัวอย่างรวดเร็ว (Sanchez, 1976) นอกจากนี้ปริมาณอินทรีย์วัตถุมีแนวโน้มลดลงตามความลึก ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณดินบนมักมีการสะสมของเศษพืชที่หลงเหลือมาจากการเกษตร รวมทั้งมีปริมาณรากพืชมากกว่า ส่งผลทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่าชั้นดินที่อยู่ลึกลงไป (Bot and Benites, 2005)



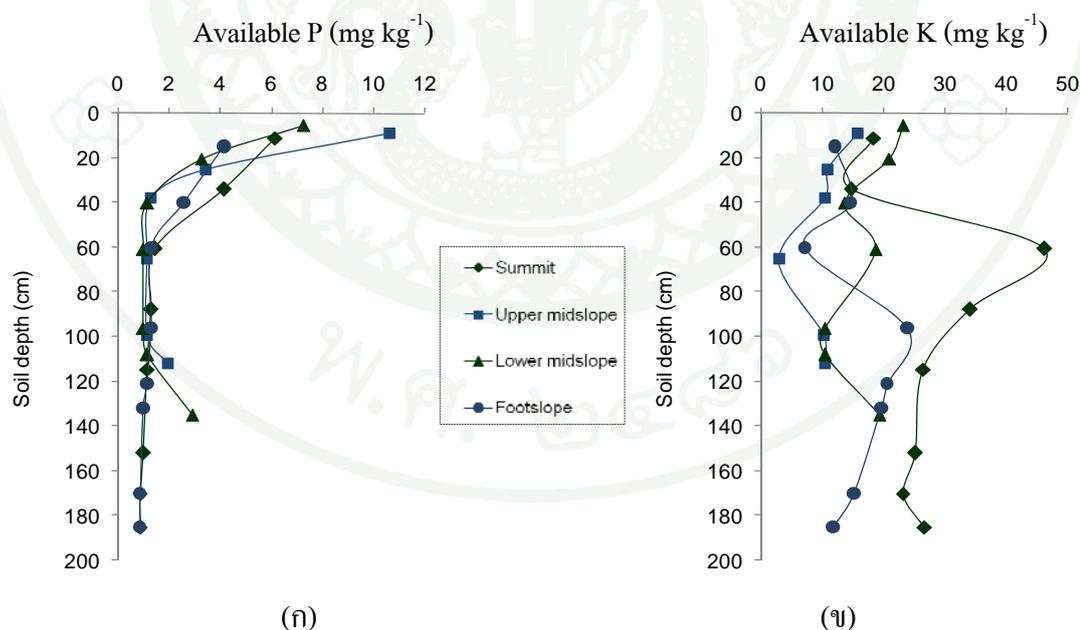
ภาพที่ 13 ค่าพีเอชของดินที่วัดในน้ำ (ก) และในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1 โมลาร์ (ข) กับความลึกของดินตามลำดับภูมิประเทศ

จากปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ต่ำซึ่งให้ผลสอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจนรวมของดินที่มีค่าต่ำมาก โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.16-0.77 กรัมต่อกิโลกรัมและมีแนวโน้มลดลงตามความลึก (ภาพที่ 14) โดยดินบนมีค่าอยู่ในพิสัย 0.18-0.77 กรัมต่อกิโลกรัม และดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 0.16-0.44 กรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้เนื่องจากไนโตรเจนในดินส่วนใหญ่จะได้อมาจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดิน (Brady and Weil, 2008; Spark, 1995)

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง มีค่าอยู่ในพิสัย 0.16-10.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 15) โดยดินบนมีค่าอยู่ในพิสัย 2.59-10.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 0.16-2.93 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เช่นเดียวกับกับโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ 3.10-46.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยดินบนมีค่าอยู่ในพิสัย 11.00-23.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 3.0-46.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม



ภาพที่ 14 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (ก) และปริมาณไนโตรเจนรวม (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา



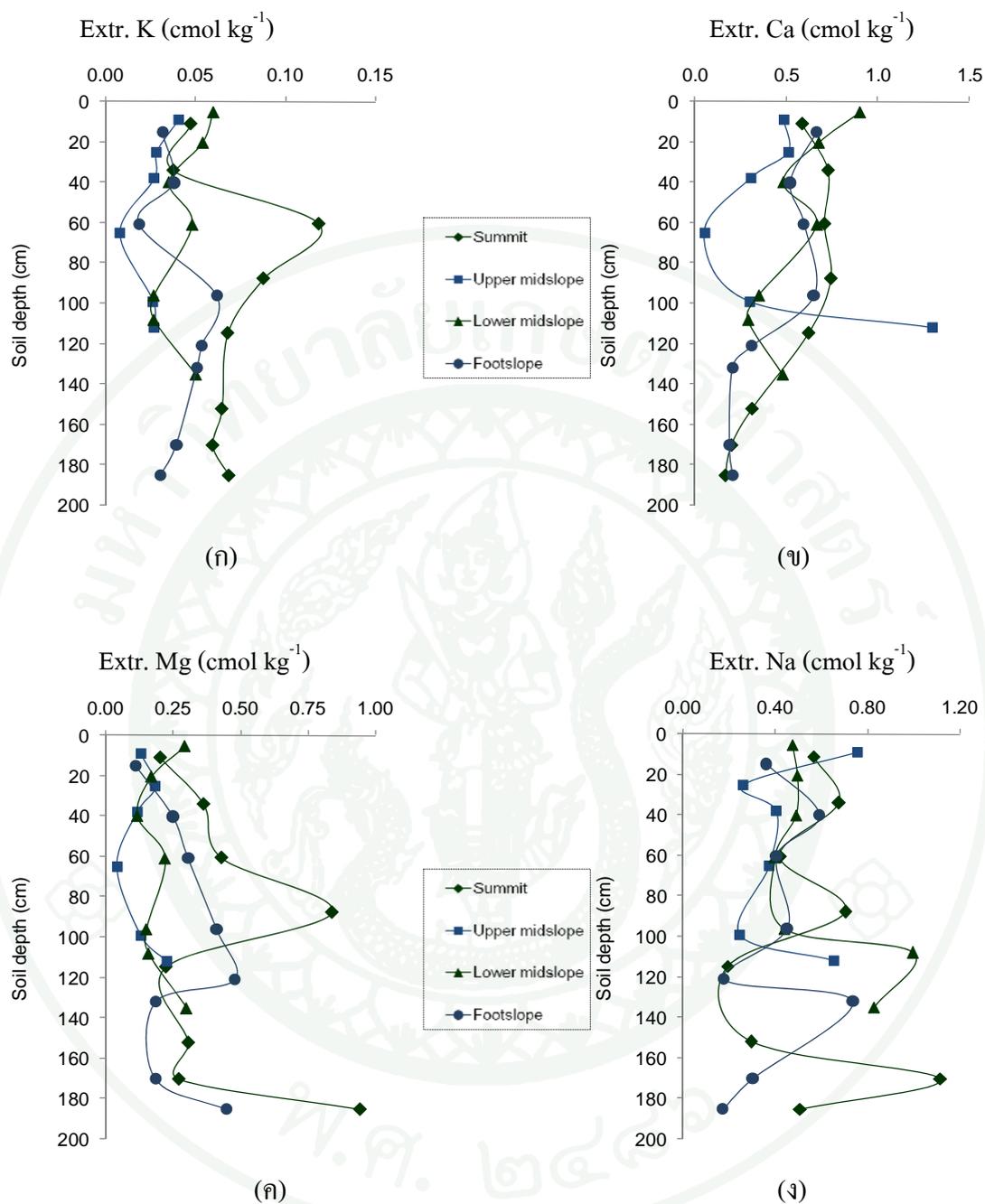
ภาพที่ 15 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ก) และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ข) ของดินตามลำดับภูมิประเทศ

ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินทุกบริเวณมีแนวโน้มลดลงตามความลึก สอดคล้องกับปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ลดลงตามความลึกเช่นกัน (ภาพที่ 15) แสดงให้เห็นว่าการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดินจะเกิดการปลดปล่อยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมบางส่วนให้แก่ดิน โดยเฉพาะในดินบน (Brady and Weil, 2008) นอกจากนี้อาจเป็นผลมาจากการจัดการในพื้นที่ โดยเฉพาะในกรณีของฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้น้อยในดิน จึงมักจะสะสมอยู่ในดิน โดยเฉพาะในดินชั้นบน ทำให้ดินบนมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากกว่าดินล่าง (Tisdale *et al.*, 1993) ดินเขตร้อนส่วนใหญ่มีการชะละลายรุนแรง แร่ดินเหนียวส่วนใหญ่มีกิจกรรมต่ำ อาจส่งผลให้โพแทสเซียมถูกชะละลายออกไปจากหน้าตัดดินได้ง่าย จึงทำให้โพแทสเซียมมีปริมาณต่ำในดินล่าง (Buol *et al.*, 2003; Zhang *et al.*, 2006; Akande *et al.*, 2010) อีกทั้งดินที่ทำการศึกษาเหล่านี้มีวัตถุต้นกำเนิดที่เป็นหินทรายซึ่งเมื่อสลายตัวจะให้ดินที่ธาตุอาหารพืชต่ำ โดยเฉพาะฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม (Akande *et al.*, 2010)

#### สมบัติเชิงแลกเปลี่ยนของดิน

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณเบสที่สกัดได้ พบว่า ดินทุกบริเวณมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำมาก (0.01-0.12 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) แมกนีเซียมที่สกัดได้ในระดับต่ำ (0.04-0.48 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) แคลเซียมที่สกัดได้ในระดับต่ำมาก (0.05-1.30 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และโซเดียมที่สกัดได้ในระดับสูง (0.17-1.11 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และเบสเหล่านี้มีแนวโน้มลดลงตามความลึกของดิน (ภาพที่ 16) จึงส่งผลให้ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ของดินมีค่าอยู่ในระดับต่ำ แสดงให้เห็นว่าดินเหล่านี้มีพัฒนาการสูงและมีการชะละลายที่รุนแรง ซึ่งสอดคล้องกับการที่ดินเป็นกรดรุนแรง (Singh, 1991) โดยไฮโดรเจนไอออนและอะลูมิเนียมไอออนส่วนใหญ่ได้เข้าไปแทนที่เบสที่ดูดซับอยู่บริเวณผิวของอนุภาคดินเหนียว ส่งผลให้เบสเหล่านี้ถูกเคลื่อนย้ายให้ไปอยู่ในสารละลายดิน ซึ่งจะถูกระบายออกไปจากหน้าตัดดินได้ง่าย (Akande *et al.*, 2010)

จากปริมาณเบสที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำ จึงส่งผลให้อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (ร้อยละ 5-34) และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก โดยดินบนมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 10-32 และดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 5-34 อย่างไรก็ตามดินบริเวณดินเขามิแนวโน้มมีปริมาณเบสที่สกัดได้สูงกว่าดินในตำแหน่งอื่น ๆ จึงมีร้อยละการอิ่มตัวของเบสอยู่ในพิสัยร้อยละ 8-34 ทั้งนี้เนื่องจาก เป็นบริเวณที่ต่ำ จึงมีการสะสมของเบสที่เคลื่อนย้ายมาจากตอนบนของความลาดเทมาสะสมในบริเวณที่ต่ำกว่า (Sanchez, 1976)



ภาพที่ 16 ปริมาณแคลเซียม (ก) โพแทสเซียม (ข) โซเดียม (ค) และแมกนีเซียมที่สกัดได้ (ง) ของดินตามลำดับภูมิประเทศ

จากปริมาณเบสที่สกัดได้ของดินให้ผลสอดคล้องกับความจุการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินที่อยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ (ภาพที่ 17) โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 1.25-3.75 เซนติโมลต่อกิโกรัม และมีแนวโน้มลดลงตามความลึกของดิน โดยดินบนมีค่าอยู่ในพิสัย 1.25-3.50 เซนติโมลต่อกิโกรัม และดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 1.25-3.75 เซนติโมลต่อกิโกรัม ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากธรรมชาติของตัวดินเองที่เป็นดินเนื้อหยาบ ที่มีปริมาณดินเหนียวต่ำ ประกอบกับมีปริมาณอินทรีย์ วัตถุที่ต่ำ ทำให้ความจุการแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับต่ำตามไปด้วย (Buol *et al.*, 2003)

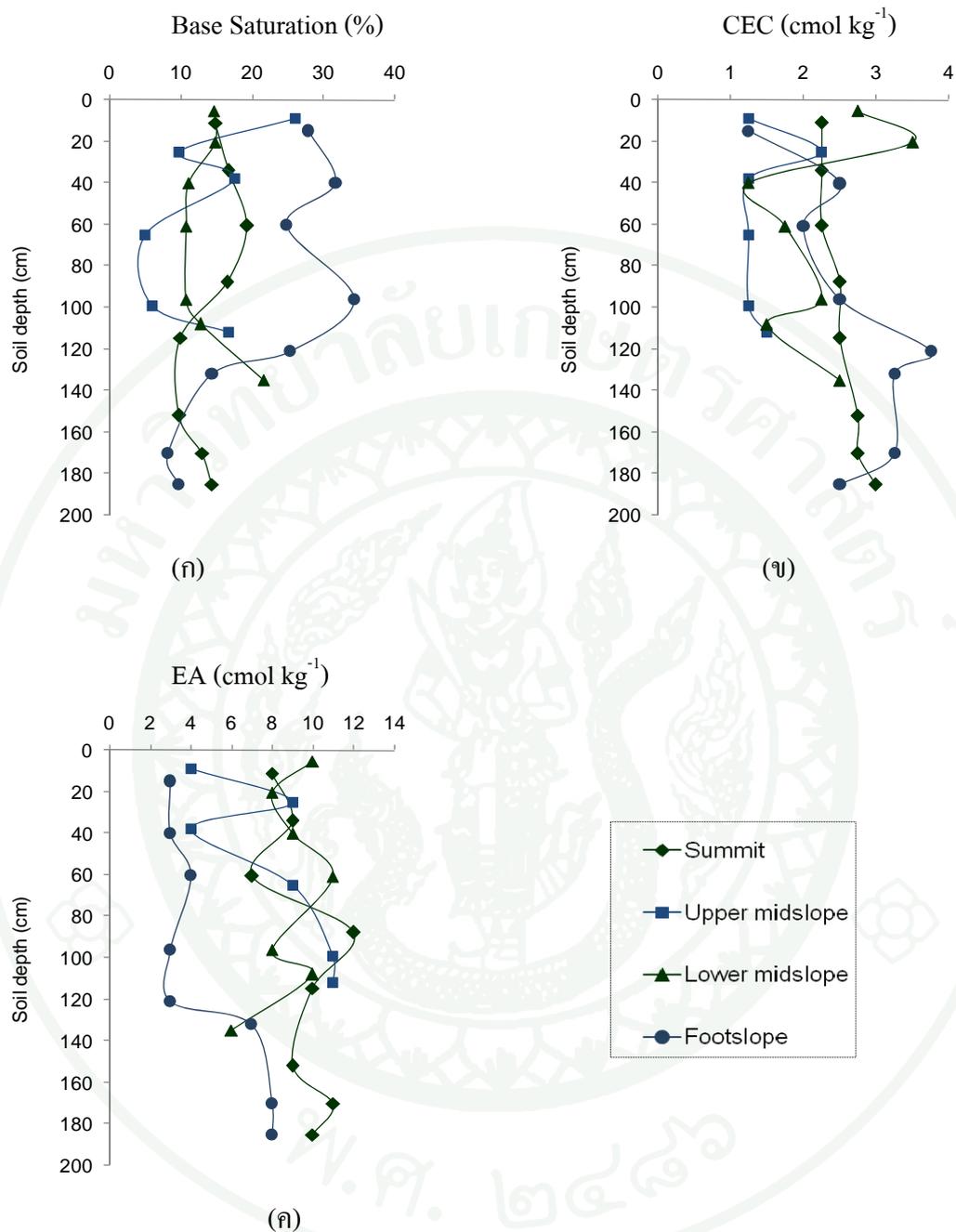
ปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ของดินทุกบริเวณ พบว่า อยู่ในระดับปานกลางถึงสูงสอดคล้องกับค่าพีเอชของดิน โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 3-12 เซนติโมลต่อกิโกรัม มีค่าความแปรปรวนภายในหน้าตัดดินมาก ซึ่งในดินบนจะมีค่าอยู่ในพิสัย 3-10 เซนติโมลต่อกิโกรัมและดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 3-12 เซนติโมลต่อกิโกรัม เนื่องจากดินบริเวณที่ศึกษาเป็นดินที่มีการพัฒนาการสูงและมีการชะละลายรุนแรงเนื่องจากน้ำฝน ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของดินเขตร้อน (Sanchez, 1976; Hakanssan *et al.*, 1996)

### 3. หน่วยการจำแนกดิน

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

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

พื้นที่ที่มีปริมาณฝนค่อนข้างต่ำ ทำให้ดินมีความชื้นจำกัด จึงจัดเข้าในระบอบความชื้นดินแบบอัสติก (ustic soil moisture regime) ทำให้ดินนี้อยู่ในอันดับดินย่อย Ustult และพบว่าปริมาณดินเหนียวไม่ลดลงมากกว่าร้อยละ 20 จากชั้นที่มีการสะสมมากที่สุด ภายในระดับความลึก 150 เซนติเมตรจากผิวดิน จึงสามารถจำแนกในระดับกลุ่มดินใหญ่ (great group) ได้เป็น Paleustults



ภาพที่ 17 อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (ก) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (ข) และปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ (ค) ของดินตามลำดับภูมิประเทศ

ดินไม่มีลักษณะและคุณสมบัติอื่นใดที่แตกต่างไปจากลักษณะเด่นของกลุ่มดินใหญ่ ดังนั้นดินตัวแทนที่ทำการศึกษาคั้งนี้จัดจำแนกในระดับกลุ่มดินย่อยได้เป็น Typic Paleustults ทั้ง 4 ตำแหน่งตามลำดับภูมิประเทศ

#### 4. การประเมินชั้นความเหมาะสมของดิน

จากการประเมินศักยภาพของดินเพื่อประเมินชั้นความเหมาะสมของที่ดินในตำแหน่งต่างๆ ตามลำดับภูมิประเทศ สำหรับการปลูกมันสำปะหลังและอ้อย ตามเกณฑ์การจำแนกชั้นความเหมาะสมของดิน (กองสำรวจและจำแนกดิน, 2543; USDA and FAO, 1983) โดยใช้ข้อมูลภาคสนาม สมบัติทางฟิสิกส์และเคมีบางประการ สามารถสรุปได้ดังนี้

ดินบริเวณยอดเนินเป็นดินลิกมาก เนื้อดินบนอยู่ในกลุ่มดินทราย ส่วนดินล่างอยู่ในกลุ่มดินร่วน การระบายน้ำดี มีระดับน้ำใต้ดินลึกเกินกว่า 2 เมตร มีความลาดชันร้อยละ 4 ความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ พีเอชดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงกรดปานกลาง ความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำ ซึ่งมีความเหมาะสมปานกลางสำหรับการปลูกมันสำปะหลังและอ้อย โดยจัดชั้นความเหมาะสมสำหรับมันสำปะหลังและอ้อยได้เป็น S2en และ S2mn ตามลำดับ

ดินบริเวณตอนบนของที่ลาดตอนกลางเป็นดินลิก เนื้อดินบนและดินล่างอยู่ในกลุ่มดินทราย การระบายน้ำดี มีความลาดชันร้อยละ 4 มีความยาวของความลาดเทมาก ความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ พีเอชดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงกรดปานกลาง ความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำ และพบระดับน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 125 เซนติเมตรในฤดูแล้ง จึงมีความเหมาะสมเล็กน้อยสำหรับการปลูกมันสำปะหลัง และเหมาะสมปานกลางสำหรับอ้อย โดยจัดชั้นความเหมาะสมสำหรับมันสำปะหลังได้เป็น S3dne และสำหรับอ้อยได้เป็น S2n

ดินบริเวณตอนล่างของที่ลาดตอนกลางเป็นดินลิก เนื้อดินบนและดินล่างอยู่ในกลุ่มดินทราย การระบายน้ำดี มีความลาดชันร้อยละ 3 มีความยาวของความลาดเทมาก ความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ พีเอชดินเป็นกรดจัดถึงกรดจัดมาก ความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำ และพบระดับน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 150 เซนติเมตรในฤดูแล้ง จึงมีความเหมาะสมเล็กน้อยสำหรับการปลูกมันสำปะหลัง และเหมาะสมปานกลางสำหรับอ้อย โดยจัดชั้นความเหมาะสมสำหรับมันสำปะหลังได้เป็น S3dne และสำหรับอ้อยได้เป็น S2ns

ดินบริเวณตีนเขาเป็นดินลึกมาก เนื้อดินบนอยู่ในกลุ่มดินทราย ส่วนดินล่างอยู่ในกลุ่มดินร่วน การระบายน้ำดี มีความลาดชันร้อยละ 1 ความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ พีเอชดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกลาง ความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินปานกลางและพบน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 180 เซนติเมตร จึงมีความเหมาะสมเล็กน้อยสำหรับการปลูกมันสำปะหลัง และเหมาะสมปานกลางสำหรับอ้อย โดยจัดชั้นความเหมาะสมสำหรับมันสำปะหลังได้เป็น S3nd และสำหรับอ้อยอ้อยได้เป็น S2ns

โดยภาพรวม ดินบริเวณยอดเนินมีความเหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลังปานกลาง เนื่องจากมีข้อจำกัดเรื่องการกร่อนดิน และความอุดมสมบูรณ์ของดิน ส่วนอีก 3 บริเวณที่อยู่ต่ำกว่ามีความเหมาะสมน้อยคือมีข้อจำกัดเพิ่มเติมความเสี่ยงต่อการขังน้ำบริเวณเขตรากพืช โดยเฉพาะบริเวณตอนบนและตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลางของลำดับภูมิประเทศ สำหรับอ้อย พบว่า ดินทุกบริเวณมีความเหมาะสมปานกลาง โดยมีข้อจำกัดคล้ายคลึงกับมันสำปะหลัง แต่ไม่พบปัญหาเรื่องระดับน้ำใต้ดินตื้น เนื่องจากอ้อยเป็นพืชที่ชอบน้ำมากกว่า (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ความเหมาะสมคุณภาพที่ดินสำหรับการปลูกมันสำปะหลังและอ้อย

Soil position	Soil suitability classes for specific economic crops	
	Cassava	Sugarcane
Summit	S2 en	S2 mn
Upper midslope	S3 dne	S2 ns
Lower midslope	S3 dne	S2 ns
Footslope	S3 nd	S2 nm

Remarks : S1 = highly suitable, S2 = moderately suitable

S3 = marginally suitable, S4 = not suitable

Limitation : e = erosion, n = nutrient, d = drainage

m = moisture deficiency, s = texture

## 5. การตอบสนองของมันเป็นปุ๋ยหลังและอ้อยที่ปลูกตามลำดับภูมิประเทศ

### 5.1 สมบัติดินก่อนทำการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ดินทางเคมี และการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของชั้นดินบนที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร และดินล่างที่ระดับความลึก 30-60 เซนติเมตร มีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

ดินบนและดินล่างเป็นกรดจัดมาก พีเอชอยู่ในพิสัย 4.1-5.1 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำ (1.85-4.29 กรัมต่อกิโลกรัม) ขณะที่ในดินล่างอยู่ในระดับต่ำมาก (1.89-3.26 กรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ในระดับต่ำมาก (0.49-0.62 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 1.47-10.97 และ 23.5-85.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียมและโซเดียมที่สกัดได้ของดินบนและดินล่างอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.21-0.64 , 0.08-0.23 และ 0.01-0.36 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนมีค่าอยู่ในระดับต่ำสำหรับดินบน (2.4-3.3 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และต่ำมากสำหรับดินล่าง (2.6-3.4 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (ตารางที่ 6)

การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน ตามหลักเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน (กองสำรวจและจำแนกดิน, 2543; Land Classification Division, 1973 and FAO Project Staff, 1973) ที่ได้มาจากการประเมินสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส ผลการประเมิน พบว่า ดินบน (0-30 เซนติเมตร) และดินล่าง (30-60 เซนติเมตร) มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ โดยมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสอยู่ในระดับต่ำ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 6 สมบัติทางเคมีของดินบน (0-30 เซนติเมตร) และดินล่าง (30-60 เซนติเมตร) ก่อนทำการปลูกพืช

Soil properties	Summit		Upper midslope		Lower midslope		Footslope	
	0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm
pH (1:1 H <sub>2</sub> O)	4.8	5.1	4.7	4.8	4.6	4.5	4.4	4.1
OM (g kg <sup>-1</sup> )	1.85	1.95	2.57	2.75	2.57	1.89	4.29	3.26
Total N (g kg <sup>-1</sup> )	0.54	0.51	0.53	0.57	0.61	0.49	0.62	0.57
Avail. P (mg kg <sup>-1</sup> )	9.87	1.47	10.97	1.94	6.17	1.47	5.34	2.10
Avail. K (mg kg <sup>-1</sup> )	85.1	45.3	85.5	50.3	45.3	25.5	28.1	23.5
Extr. Ca (cmol kg <sup>-1</sup> )	0.64	0.46	0.50	0.40	0.40	0.25	0.42	0.21
Extr. Mg (cmol kg <sup>-1</sup> )	0.23	0.12	0.13	0.11	0.09	0.08	0.08	0.26
Extr. K (cmol kg <sup>-1</sup> )	0.01	0.03	0.03	0.06	0.05	0.04	0.05	0.03
Extr. Na (cmol kg <sup>-1</sup> )	0.24	0.32	0.15	0.36	0.13	0.11	0.11	0.11
BS (%)	15.7	9.3	10.3	8.5	7.0	4.90	6.8	9.2
CEC (cmol kg <sup>-1</sup> )	7.12	9.93	7.81	10.93	9.67	9.48	9.66	6.61

ตารางที่ 7 การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินบน (0-30 เซนติเมตร) และดินล่าง (30-60 เซนติเมตร) ก่อนทำการทดลอง

Depth (cm)	OM (g kg <sup>-1</sup> )	Available P K (-----mg kg <sup>-1</sup> -----)		CEC (cmol kg <sup>-1</sup> )	BS (%)	Total score	Fertility level
		P	K				
0-30	6.3 (1)	2.5 (1)	10.3 (1)	3.4 (1)	13.6 (1)	5	Low
30-60	4.2 (1)	0.63 (1)	9.5 (1)	2.2 (1)	18.4 (1)	5	Low

หมายเหตุ วิธีคิดระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินแสดงในตารางผนวกที่ 11 โดยใช้วิธีให้คะแนน (ตัวเลขคะแนนอยู่ในวงเล็บในตาราง)

ถ้าคะแนนรวมเท่ากับ 7 หรือน้อยกว่า ถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

ถ้าคะแนนรวมอยู่ระหว่าง 8-12 ถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง

ถ้าคะแนนรวมเท่ากับ 13 ถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์สูง

## 5.2 ผลผลิตของมันสำปะหลังและอ้อยที่ปลูกบนดินตำแหน่งต่าง ๆ ตามลำดับภูมิประเทศ

### 5.2.1 ผลผลิตมันสำปะหลังและอ้อย

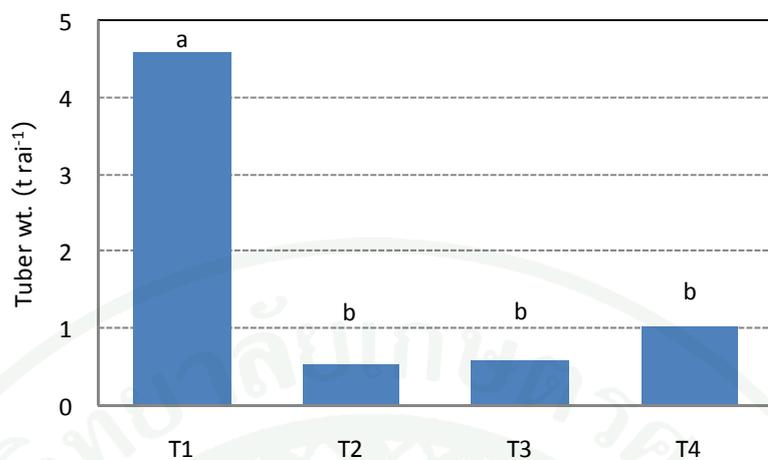
#### น้ำหนักหัวมันสำปะหลังสด

ผลการศึกษา พบว่า น้ำหนักหัวมันสำปะหลังสดที่ปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ บนลำดับภูมิประเทศมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 18) โดยดินบริเวณยอดเนินจะมีน้ำหนักหัวมันสำปะหลังสดมากที่สุดเท่ากับ 4.54 ตันต่อไร่ ในขณะที่การปลูกมันสำปะหลังในอีก 3 ตำแหน่งที่เหลือไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

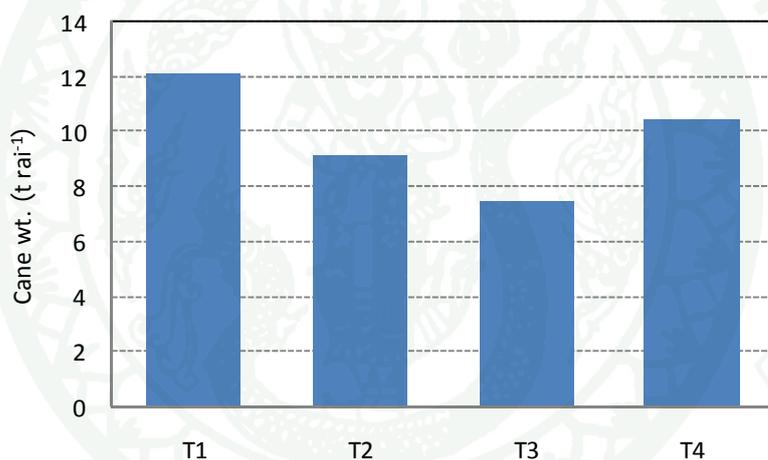
โดยบริเวณตอนบนของที่ลาดเทตอนกลางมีแนวโน้มให้น้ำหนักผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดต่ำที่สุดเท่ากับ 0.53 ตันต่อไร่ ซึ่งให้ปริมาณหัวมันสดใกล้เคียงกับดินในบริเวณตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลาง (0.58 ตันต่อไร่) และดินบริเวณดินเขา ให้ผลผลิตหัวมันสดเท่ากับ 1.02 ตันต่อไร่ ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณตอนบนและตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลางเป็นบริเวณที่น้ำใต้ดินที่สูงสุด ประกอบกับในปี 2553 มีฝนตกในเดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคมถึง 648.6 มิลลิเมตร (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2554) จึงอาจทำให้เกิดน้ำท่วมขังในเขตรากพืชส่งผลให้หัวมันสำปะหลังเน่าผลผลิตที่ได้จึงต่ำ ซึ่งมีรายงานว่าหากมันสำปะหลังเกิดการแช่น้ำเพียง 1 วัน จะทำให้หัวมันสำปะหลังเน่าได้ (Albaladejo, 1990; Boer, 1999) ผลผลิตมันสำปะหลังจึงมีค่าต่ำมาก (ภาพที่ 18)

#### น้ำหนักสกอ้อยยอด

ในกรณีของอ้อย พบว่า น้ำหนักสกอ้อยยอด มีแนวโน้มของผลผลิตเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับผลผลิตมันสำปะหลัง (ภาพที่ 18) โดยการปลูกอ้อยบริเวณยอดเนินมีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำหนักสกอ้อยยอดสูงที่สุดที่สูงสุดเท่ากับ 12.08 ตันต่อไร่ รองลงมาได้แก่ ดินบริเวณดินเขาเท่ากับ 10.45 ตันต่อไร่ ดินบริเวณตอนบนของความลาดเทตอนกลางเท่ากับ 9.16 ตันต่อไร่ และบริเวณตอนล่างของความลาดเทตอนกลางมีผลผลิตน้ำหนักสกอ้อยยอดน้อยที่สุดเท่ากับ 7.48 ตันต่อไร่ โดยทั่วไปอ้อยเป็นพืชที่ต้องการน้ำมากกว่ามันสำปะหลังอยู่แล้ว (Juang and Uehara, 1971) แต่ในปี 2553 มีปริมาณน้ำฝนค่อนข้างมาก ส่งผลให้อ้อยในตำแหน่งยอดเนินมีผลผลิตมากที่สุดเนื่องจากได้รับความชื้นมากกว่าปกติ ในขณะที่ตำแหน่งที่ต่ำลงมาที่มีน้ำใต้ดินค่อนข้างตื้น อาจทำให้เกิดน้ำท่วมขังในเขตรากพืชนานจนส่งผลกระทบต่อกรเจริญเติบโตของอ้อย จึงส่งผลให้ผลผลิตอ้อยต่ำ



(ก)



(ข)

Remark \*\* significant at 0.01 probability levels. Means with the different letters in column are significantly different to each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

T1: Summit; T2: Upper midslope; T3: Lower midslope; T4: Footslope

ภาพที่ 18 ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด (ก) และผลผลิตอ้อยยอด (ข) ที่ปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ ของลำดับภูมิประเทศ

## 5.2.2 น้ำหนักส่วนเนื้อดินของมันสำปะหลังและน้ำหนักใบและยอดของอ้อย

### มันสำปะหลัง

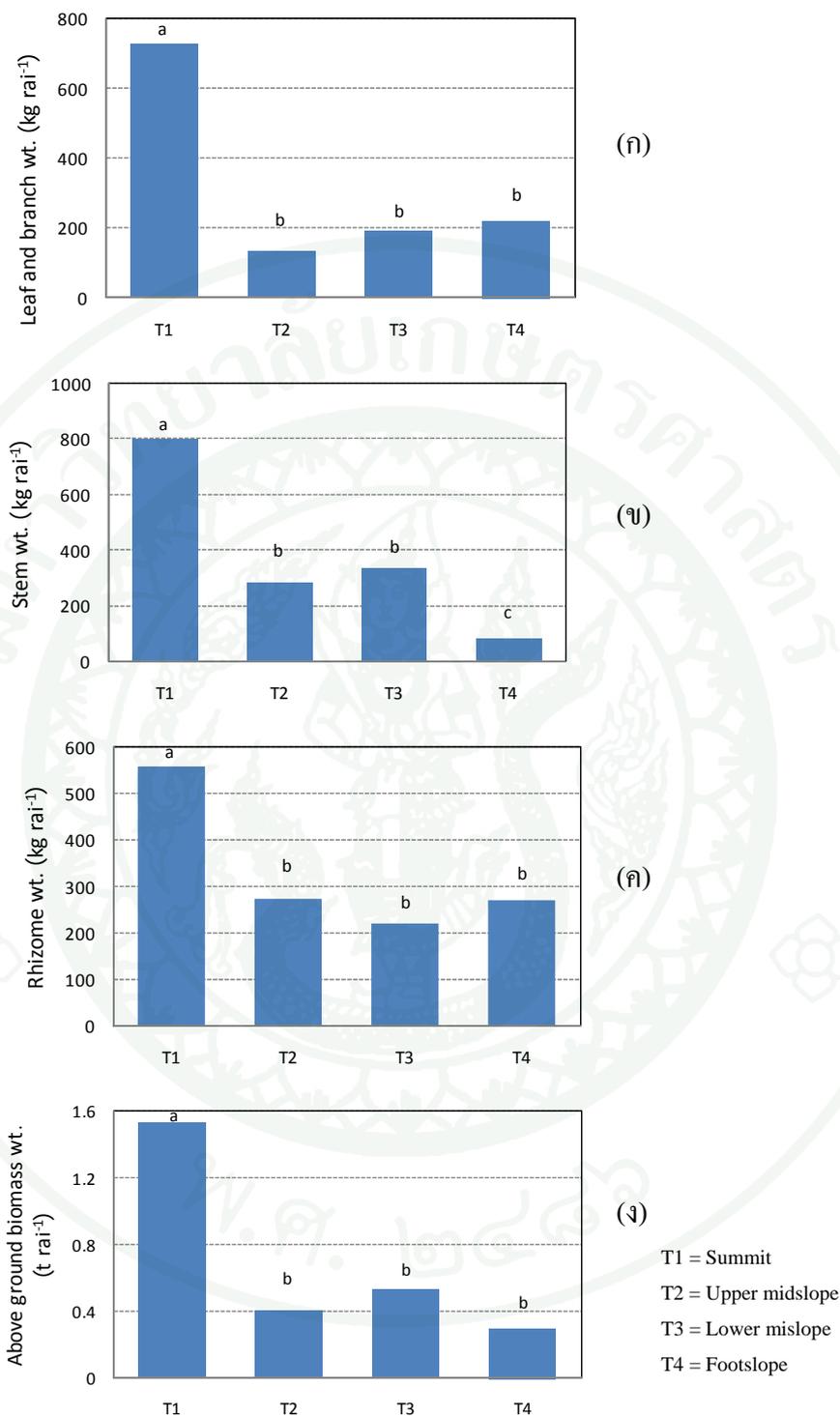
ผลการศึกษา พบว่า น้ำหนักยอดและใบ น้ำหนักเหง้า และน้ำหนักลำต้นมันสำปะหลังที่ปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ ของลำดับภูมิประเทศ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมันสำปะหลังที่ปลูกบริเวณยอดเนินจะมีน้ำหนักยอดและใบ น้ำหนักเหง้าและน้ำหนักลำต้นสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 728, 558 และ 800 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ ในขณะที่ ดินในตำแหน่งที่เหลืออีก 3 บริเวณมีน้ำหนักใบและยอด และเหง้าไม่มีความแตกต่างกัน (ภาพที่ 19)

ดินบริเวณดินเขา ส่งผลให้น้ำหนักยอดและใบมันสำปะหลังเท่ากับ 219 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มสูงกว่าในบริเวณตอนล่างและตอนบนของที่ลาดเทตอนกลาง โดยมีปริมาณเท่ากับ 189 และ 131 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

ในขณะที่น้ำหนักลำต้นมันสำปะหลังในบริเวณตอนล่างและตอนบนของที่ลาดเทตอนกลางมีน้ำหนักใกล้เคียงกัน โดยมีปริมาณเท่ากับ 339 และ 283 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ และในตำแหน่งดินเขามีแนวโน้มให้น้ำหนักลำต้นมันสำปะหลังต่ำที่สุดเท่ากับ 83 กิโลกรัมต่อไร่ (ภาพที่ 19)

น้ำหนักเหง้าของมันสำปะหลังที่ปลูกในบริเวณตอนบนของที่ลาดเทตอนกลาง และบริเวณดินเขามีน้ำหนักเหง้าใกล้เคียงกันเท่ากับ 275 และ 272 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และบริเวณตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลางมีแนวโน้มน้ำหนักเหง้ามันสำปะหลังต่ำที่สุดเท่ากับ 222 กิโลกรัมต่อไร่ (ภาพที่ 19)

โดยภาพรวมแล้ว น้ำหนักส่วนเนื้อดินทั้งหมดของมันสำปะหลังมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยตำแหน่งยอดเนินที่ส่งผลให้น้ำหนักส่วนเนื้อดินรวมสูงที่สุดเท่ากับ 1.53 ตันต่อไร่ ในขณะที่อีก 3 บริเวณที่เหลือส่งผลต่อน้ำหนักส่วนเนื้อดินรวมไม่แตกต่างกัน แต่บริเวณตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลางมีแนวโน้มให้น้ำหนักส่วนเนื้อดินรองลงมาเท่ากับ 0.53 ตันต่อไร่ และตอนบนของความลาดเทตอนกลางเท่ากับ 0.41 ตันต่อไร่ ในขณะที่บริเวณดินเขามีแนวโน้มให้น้ำหนักส่วนเนื้อดินต่ำที่สุดเท่ากับ 0.30 ตันต่อไร่ (ภาพที่ 19)



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

ภาพที่ 19 น้ำหนักยอดและใบ (ก) และน้ำหนักลำต้น (ข) น้ำหนักเหง้า (ค) และน้ำหนักส่วนเหนือดินรวม (ง) ของมันสำปะหลังที่ปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ ของลำดับภูมิประเทศ

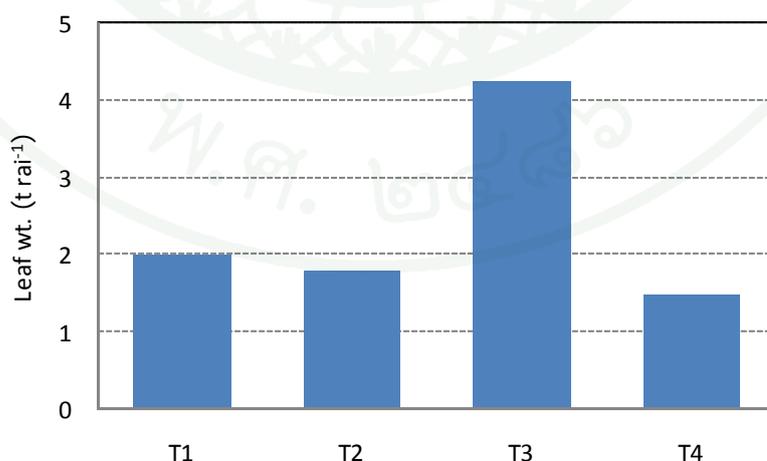
## อ้อย

ในขณะที่กรณีของอ้อยพบว่าตำแหน่งของดินบนลำดับภูมิประเทศไม่มีผลต่อน้ำหนักใบและยอดของอ้อย (ภาพที่ 20) โดยดินบริเวณตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลางมีแนวโน้มให้น้ำหนักใบและยอดสูงที่สุดเท่ากับ 4.25 ตันต่อไร่ เนื่องจาก เมื่อน้ำมีมากอาจทำให้อ้อยไม่เกิดการอย่างปล้อง ร่องลงมาได้แก่ ดินบริเวณยอดเนินให้น้ำหนักใบและยอด เท่ากับ 2.01 ตันต่อไร่ ส่วนดินบริเวณตอนบนของที่ลาดเทตอนกลางและบริเวณตีนเขาให้น้ำหนักใบและยอดของอ้อยต่ำสุดและมีปริมาณใกล้เคียงกันเท่ากับ 1.80 และ 1.50 ตันต่อไร่ ตามลำดับ

### 5.2.3 จำนวนลำต้นมันสำปะหลังและอ้อย

#### มันสำปะหลัง

จำนวนลำต้นของมันสำปะหลังที่ปลูกตามลำดับภูมิประเทศให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 21) โดยมันสำปะหลังที่ปลูกบนดินบริเวณยอดเนินจะได้จำนวนลำต้นมากที่สุดเท่ากับ 4361 ตันต่อไร่ มันสำปะหลังที่ปลูกบริเวณตอนบนและตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลางให้จำนวนลำไม่แตกต่างกันเท่ากับ 2611 และ 2194 ตันต่อไร่ ตามลำดับ และดินบริเวณตีนเขาจะให้จำนวนลำต้นมันสำปะหลังต่ำที่สุดเท่ากับ 750 ตันต่อไร่

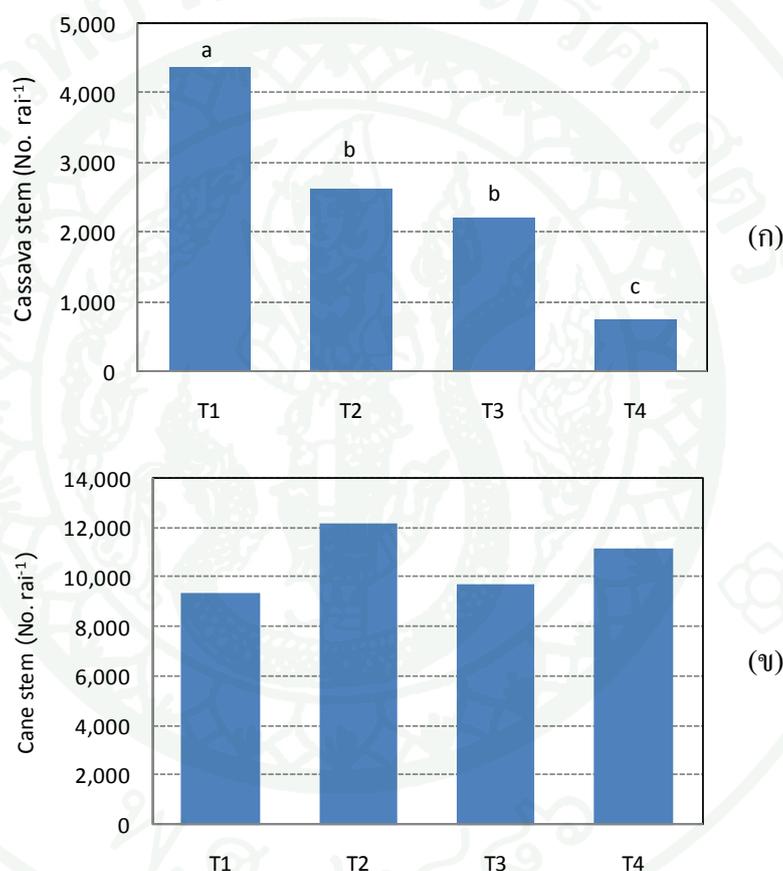


T1 = Summit, T2 = Upper midslope, T3 = Lower midslope, T4 = Footslope

ภาพที่ 20 น้ำหนักยอดและใบของอ้อยที่ปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ ของลำดับภูมิประเทศ

## อ้อย

ในขณะที่ในกรณีของอ้อยพบว่าตำแหน่งของดินบนลุ่มน้ำระดับภูมิประเทศไม่มีผลต่อจำนวนลำอ้อย โดยดินบริเวณตอนบนของที่ลาดเทตอนกลางมีแนวโน้มให้จำนวนลำอ้อยสูงที่สุดเท่ากับ 12167 ลำต่อไร่ รองลงมาได้แก่ดินบริเวณตีนเขา ตอนล่างที่ความลาดเทตอนกลางและยอดเนินโดยให้จำนวนลำอ้อยเท่ากับ 11208, 9750 และ 9375 ลำต่อไร่ ตามลำดับ (ภาพที่ 21)



Remark : \*\* significant at 0.01 probability levels

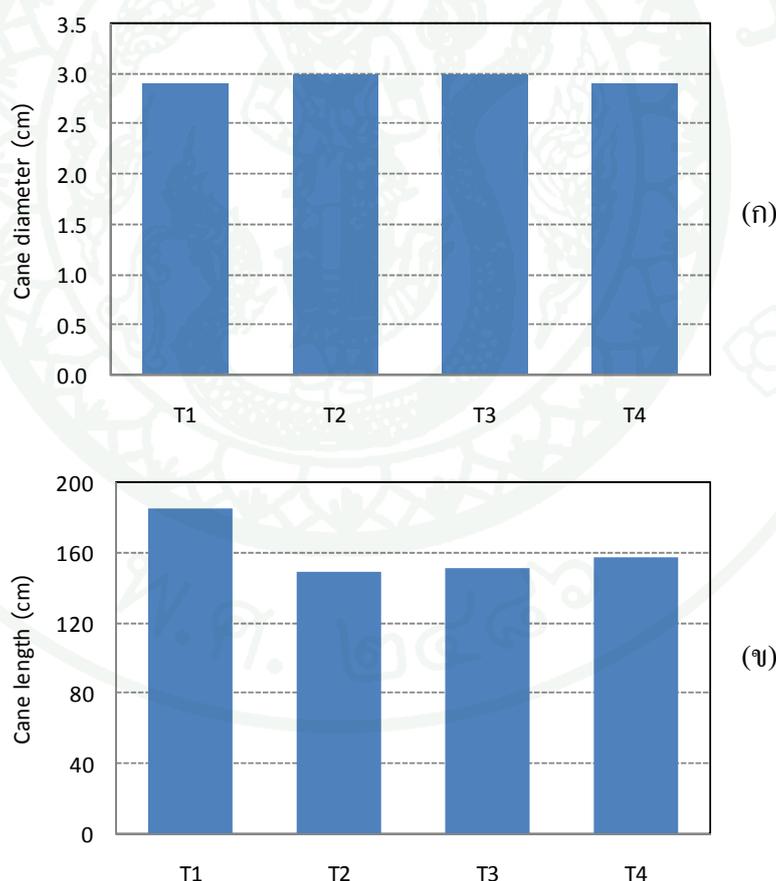
Means with the different letters in column are significantly different to each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

T1 = Summit, T2 = Upper midslope, T3 = Lower midslope = T4 = Footslope

ภาพที่ 21 จำนวนลำต้นมันสำปะหลัง (ก) และอ้อย (ข) ที่ปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ ของลุ่มน้ำระดับภูมิประเทศ

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำอ้อยมีค่าอยู่ในพิสัยใกล้เคียงกันสำหรับอ้อยที่ปลูกบนลำดับภูมิประเทศ โดยดินบริเวณตอนบนและตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลางมีแนวโน้มให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำอ้อยเท่ากันที่ 3 เซนติเมตรต่อลำ และดินบริเวณยอดเนินและบริเวณตีนเขาให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำเท่ากันที่ 2.9 เซนติเมตรต่อลำ (ภาพที่ 22)

เช่นเดียวกันกับตำแหน่งของดินบนลำดับภูมิประเทศไม่มีผลต่อความยาวของลำอ้อย (ภาพที่ 22) โดยดินบริเวณยอดเนินมีแนวโน้มให้ความยาวของลำสูงที่สุดเท่ากับ 185.3 เซนติเมตรต่อลำ รองลงมาได้แก่ดินบริเวณตีนเขา ตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลาง และตอนบนของที่ลาดเทตอนกลาง โดยมีความยาวของลำเท่ากับ 157.3, 151.1 และ 141.1 เซนติเมตรต่อลำอ้อย ตามลำดับ ซึ่งความยาวลำให้ผลสอดคล้องกับผลผลิตอ้อยที่ได้



Remark : T1 = Summit, T2 = Upper midslope, T3 = Lower midslope, T4 = Footslope

ภาพที่ 22 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (ก) และความยาวเฉลี่ย (ข) ของลำอ้อยที่ปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ ของลำดับภูมิประเทศ

#### 5.2.4 จำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ยและจำนวนปล้องเฉลี่ยของอ้อยยอด

##### มันสำปะหลัง

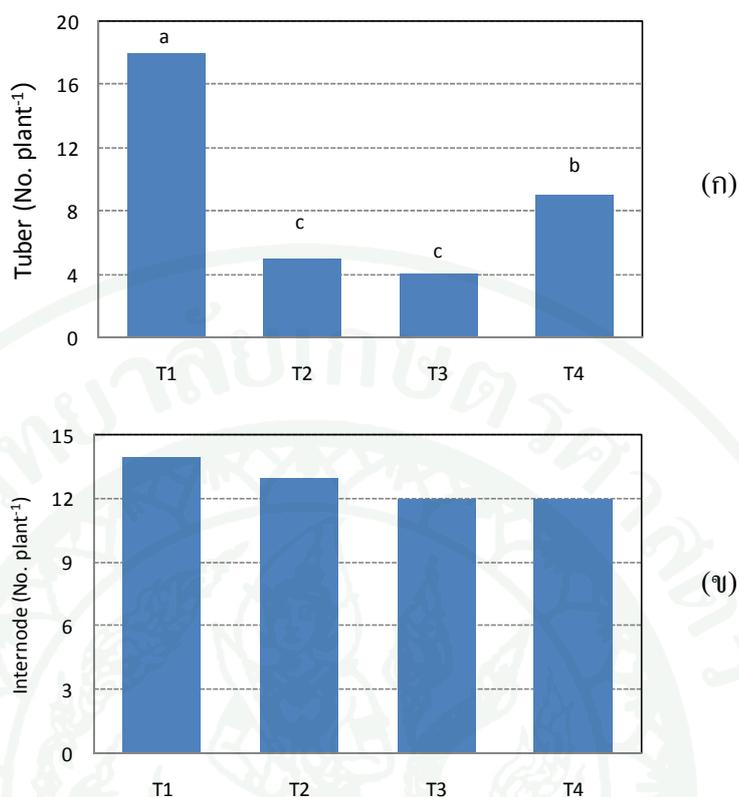
จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังที่ปลูกบนลำดับภูมิประเทศมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 23) โดยดินบริเวณยอดเนินจะให้จำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 18 หัวต่อต้น รองลงมาได้แก่ มันสำปะหลังที่ปลูกในตำแหน่งดินเขาเท่ากับ 9 หัวต่อต้น และบริเวณตอนบนและตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลางจะให้จำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ยต่อต้นต่ำที่สุดและไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าเท่ากับ 5 และ 4 หัวต่อต้นตามลำดับ

##### อ้อย

ในกรณีของอ้อย พบว่า ตำแหน่งบนลำดับภูมิประเทศไม่มีผลต่อจำนวนปล้องเฉลี่ยต่อลำอ้อย โดยอ้อยที่ปลูกในตำแหน่งยอดเนินมีแนวโน้มให้จำนวนปล้องมากที่สุดเท่ากับ 14 ปล้องต่อลำ รองลงมาได้แก่ บริเวณตอนบนของที่ลาดเทตอนกลางเท่ากับ 13 ปล้องต่อลำ และบริเวณตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลางและดินเขามีแนวโน้มให้จำนวนปล้องเฉลี่ยน้อยที่สุดและมีจำนวนเท่ากันเท่ากับ 12 ปล้องต่อลำ (ภาพที่ 23)

#### 5.2.5 ร้อยละการสะสมแป้งของมันสำปะหลัง

ร้อยละการสะสมแป้งของมันสำปะหลังที่ปลูกบนลำดับภูมิประเทศมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 24) โดยดินบริเวณยอดเนินจะให้ร้อยละการสะสมแป้งของมันสำปะหลังเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 29.9 รองลงมาได้แก่ ตำแหน่งตอนบนของที่ลาดเทตอนกลางเท่ากับร้อยละ 28.0 บริเวณดินเขามีค่าเท่ากับร้อยละ 27.3 และบริเวณตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลางมีร้อยละการสะสมแป้งของมันสำปะหลังเฉลี่ยน้อยที่สุดร้อยละ 23.6 ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่า อิทธิพลของน้ำใต้ดินที่สูง น่าจะส่งผลต่อการสะสมแป้งมันสำปะหลังสดต่ำได้



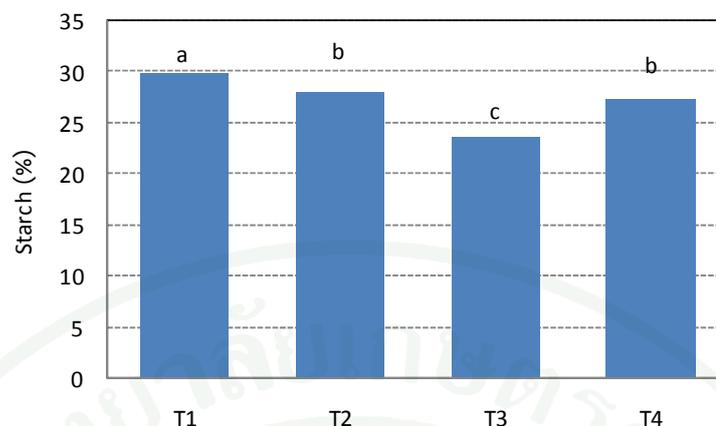
Remark : \*\* significant at 0.01 probability levels

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

T1 = Summit, T2 = Upper midslope, T3 = Lower midslope, T4 = Footslope

ภาพที่ 23 จำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ย (ก) และจำนวนปล้องอ้อยเฉลี่ย (ข) ที่ปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ ของลำดับภูมิประเทศ

เมื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลังและอ้อยบนตำแหน่งต่าง ๆ ตามลำดับภูมิประเทศที่ได้จากการประเมินตามเกณฑ์ของ FAO (1983) ดังแสดงในตารางที่ 3 เปรียบเทียบกับผลผลิตมันสำปะหลังและอ้อยที่ดำเนินการปลูกจริง พบว่าในกรณีของมันสำปะหลังนั้นให้ผลสอดคล้องกับผลการประเมิน โดยดินบริเวณยอดเนินจะมีความเหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลังมากกว่าดินในบริเวณอื่น ๆ ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลของน้ำใต้ดินจะส่งผลต่อการสร้างหัวของมันสำปะหลังมากกว่าสมบัติดินอื่นๆ โดยเฉพาะบริเวณตอนบนของที่ลาดเทตอนกลางนั้นเป็นบริเวณความชันแบบโค้งเว้า และเป็นส่วนหักของความลาดชันพอดี จึงทำให้น้ำใต้ดินนั้น โดยเฉพาะในฤดูฝน จึงส่งผลต่อมันสำปะหลังโดยตรง ผลผลิตมันสำปะหลังที่ได้จึงมีปริมาณต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมินที่พบว่ามีความเหมาะสมน้อยกว่าบริเวณอื่น ๆ (ภาพที่ 25)



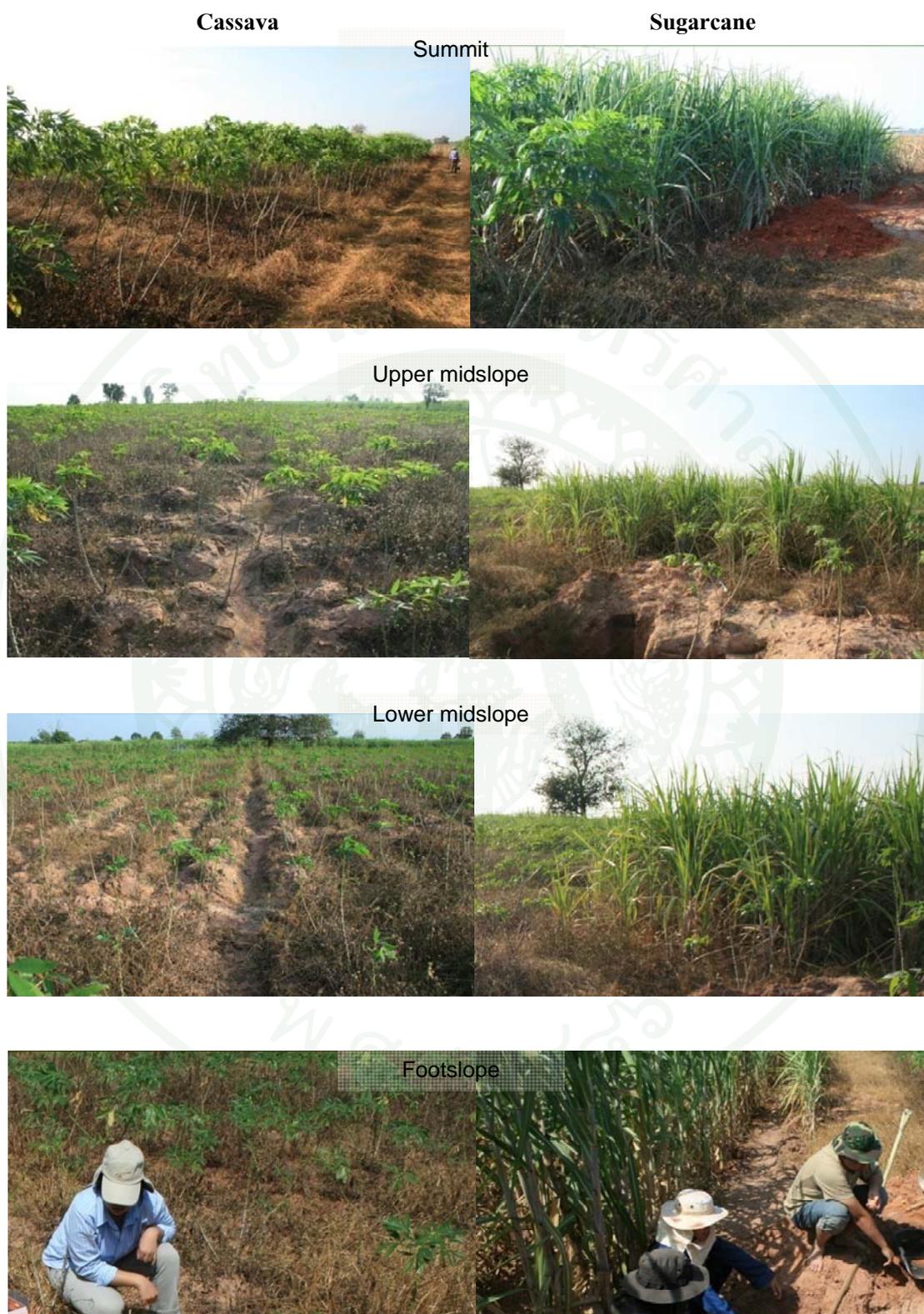
Remark : \*\* significant at 0.01 probability levels

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

T1 = Summit, T2 = Upper midslope, T3 = Lower midslope = T4 = Footslope

#### ภาพที่ 24 ร้อยละการสะสมแป้งของมันสำปะหลัง ที่ปลูกบนตำแหน่งต่างๆของลำดับภูมิประเทศ

แต่ในกรณีของอ้อยนั้น ผลผลิตที่ได้ไม่สอดคล้องกับผลการประเมินความเหมาะสมที่ดิน ซึ่งเป็นบริเวณที่มีผลการประเมินแสดงว่าบริเวณดินเขาจะมีความเหมาะสมต่ออ้อยมากกว่าดินในบริเวณอื่น ๆ อีก 3 บริเวณ โดยมีข้อจำกัดด้านความอุดมสมบูรณ์ และเนื้อดินที่เป็นทราย (ตารางที่ 5) ในขณะที่เมื่อดำเนินการปลูกอ้อยเพื่อทดสอบ กลับพบว่าดินบริเวณยอดเนินมีแนวโน้มให้ผลผลิตอ้อยสูงที่สุด ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการปลูกอ้อยน้อยกว่าดินบริเวณดินเขา ทั้งนี้ อาจเป็นผลมาจากในปีที่ผ่านมา (ปี 2553) นั้นมีฝนตกมากในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม ถึงแม้ว่าจะจะเป็นพืชที่ชอบน้ำมากกว่ามันสำปะหลัง (เฉลิมพล, 2547; สมควร, 2542; Hunsigi, 1993; Jung and Uehara, 1971) แต่มีรายงานว่า รากอ้อยจะอ่อนแอต่อสภาพน้ำขัง (ถวิล, 2527; สถาบันวิจัยพืชไร่, 2537) ทำให้บริเวณตอนบนและตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลางที่มีระดับน้ำใต้ดินตื้น จึงส่งผลให้เกิดการท่วมขังของน้ำในเขตรากพืช ผลผลิตของอ้อยที่ได้จึงต่ำที่สุด เช่นเดียวกันกับกรณีของมันสำปะหลัง (ภาพที่ 25)



ภาพที่ 25 มันสำปะหลังและอ้อยที่อายุประมาณ 10 เดือน (ระยะเก็บเกี่ยว) ที่ดำเนินการปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ ตามลำดับภูมิประเทศ

### 5.2.6 ปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในใบพืชที่อายุ 4 เดือน

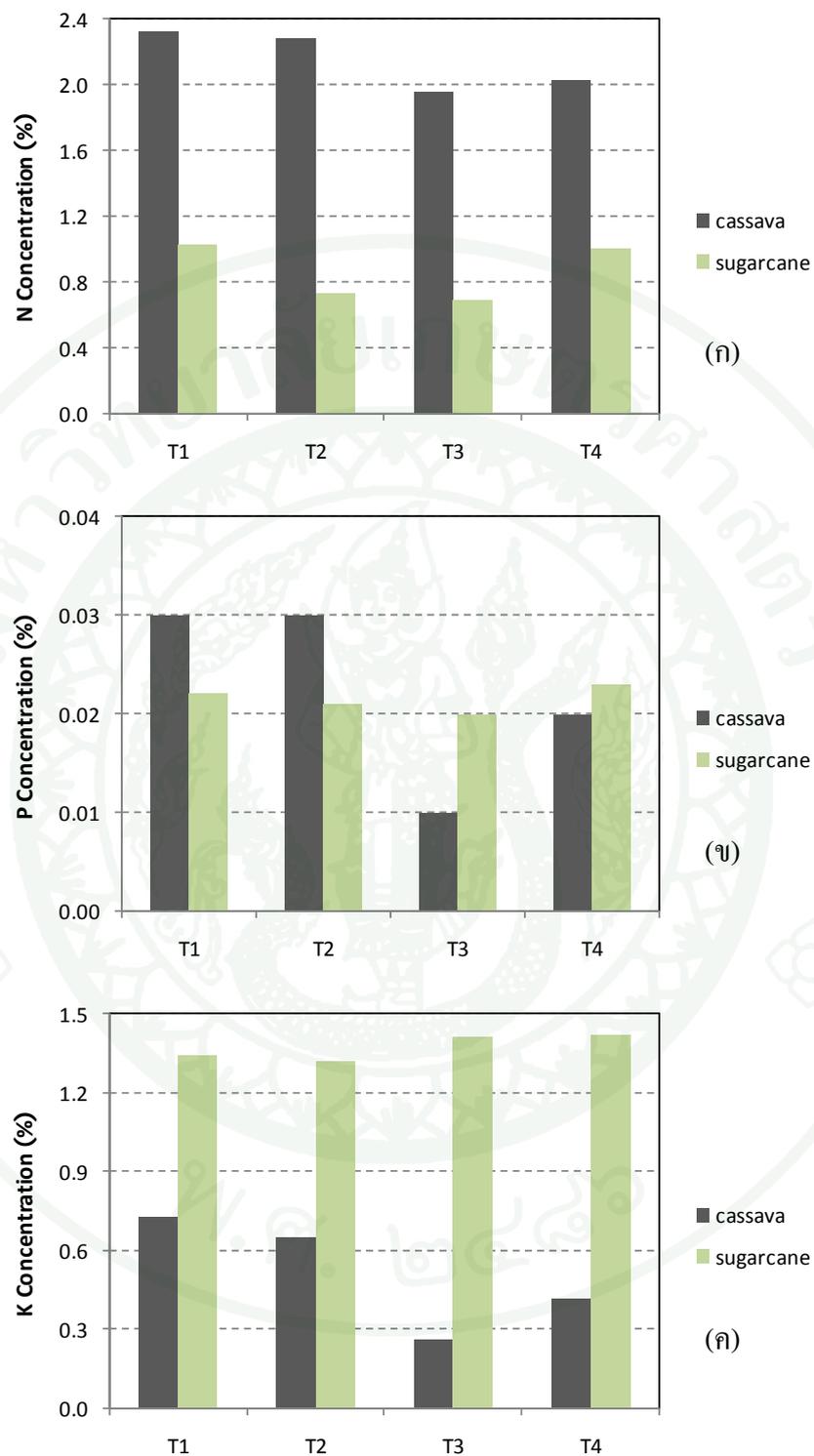
#### มันสำปะหลัง

ตำแหน่งบนลำต้นภูมิภาคไม่มีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลัง (ภาพที่ 26) โดยมันสำปะหลังที่ปลูกในทุกตำแหน่งของลำต้นภูมิภาคมีปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบต่ำ มีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 1.96-2.32 ฟอสฟอรัสในใบต่ำมาก มีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.01-0.03 และโพแทสเซียมในใบต่ำ มีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.26-0.73 ซึ่งความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักทั้งสามมีแนวโน้มไม่เพียงพอ (Howeler, 1985) อย่างไรก็ตาม ดินบริเวณยอดเนินมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในใบมันสำปะหลังสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลผลิตหัวมันสดที่ได้สูงที่สุด

#### อ้อย

ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในใบอ้อยที่ปลูกบนลำต้นภูมิภาคไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 26) โดยมีปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.69-1.03 ฟอสฟอรัสในใบมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.020-0.023 และโพแทสเซียมในใบมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 1.32-1.42 ซึ่งความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักทั้งสามมีแนวโน้มไม่เพียงพอ ยกเว้นโพแทสเซียม (Mengel and Kirby, 1987) โดยดินบริเวณดินเขามิมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในใบอ้อยสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ดินในบริเวณยอดเนินซึ่งมีแนวโน้มให้ผลผลิตอ้อยสูงที่สุด

เมื่อพิจารณาในภาพรวมพบว่า อ้อยมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบสูงกว่าแต่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับมันสำปะหลัง (ภาพที่ 26) ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของอ้อยที่เป็นพืชที่ให้ความหวานจึงมีความต้องการโพแทสเซียมสูง (Mengel and Kirby, 1987; Hunsigi, 1993)



Remark : T1 = Summit, T2 = Upper midslope, T3 = Lower midslope = T4 = Footslope

ภาพที่ 26 ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจน (ก) ฟอสฟอรัส (ข) และโพแทสเซียม (ค) ในใบมันสำปะหลังและอ้อยที่ปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ ตามลำดับภูมิประเทศ

### 5.2.7 ปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารรองในใบพืชที่อายุ 4 เดือน

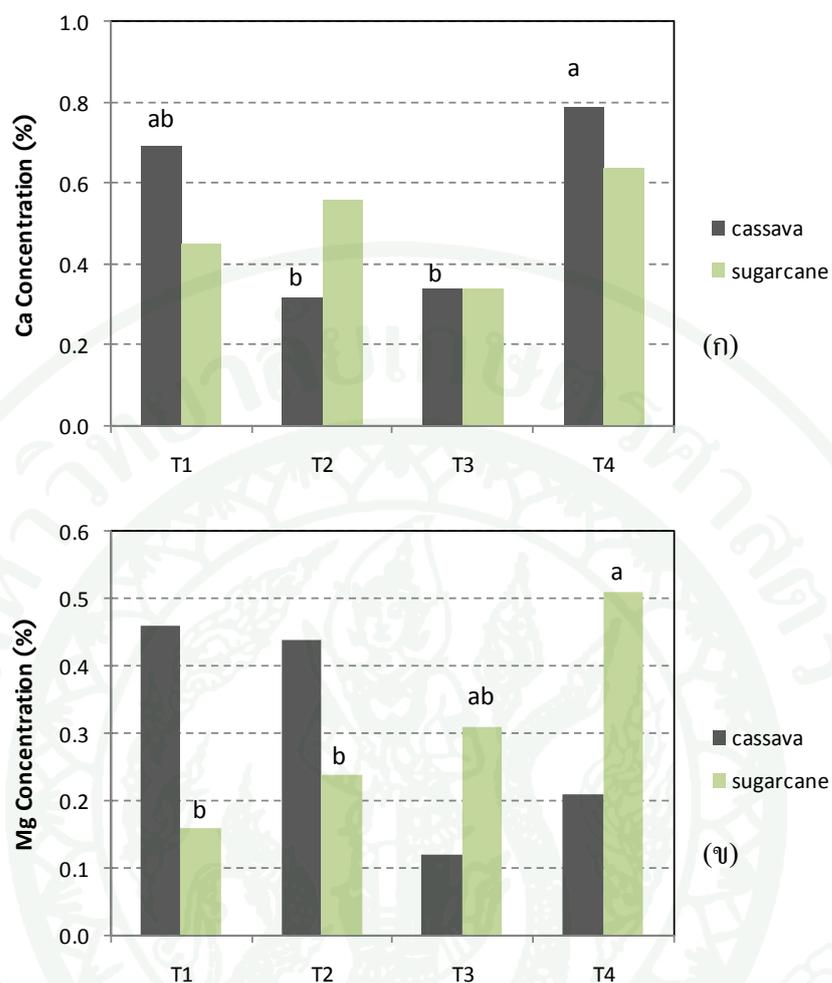
#### มันสำปะหลัง

ผลการศึกษา พบว่าตำแหน่งบนลำดับภูมิประเทศมีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียมในใบมันสำปะหลังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 27) แต่ความเข้มข้นของแคลเซียมในใบมันสำปะหลังที่ปลูกทั้ง 4 ตำแหน่งตามลำดับภูมิประเทศอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมากโดยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.32-0.79 ซึ่งมีแนวโน้มไม่เพียงพอถึงพอเพียง (Howeler, 1985) ในบริเวณดินเขา ปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียมในใบมันสำปะหลังสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 0.79 ซึ่งให้ผลไม่แตกต่างจากบริเวณยอดเนินที่มีปริมาณเท่ากับร้อยละ 0.69 ในขณะที่บริเวณตอนล่างและตอนบนของที่ลาดเทตอนกลางมีปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียมในใบมันสำปะหลังต่ำที่สุดและไม่แตกต่างกัน โดยมีปริมาณเท่ากับร้อยละ 0.34 และ 0.32 ตามลำดับ

ในขณะที่ปริมาณความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบสำปะหลังที่ปลูกบนลำดับภูมิประเทศไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยแมกนีเซียมในใบสำปะหลังมีค่าอยู่ในระดับต่ำมากมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.12-0.46 ซึ่งมีแนวโน้มไม่เพียงพอถึงพอเพียง (Howeler, 1985) อย่างไรก็ตามมันสำปะหลังที่ปลูกในบริเวณยอดเนินมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมในใบสูงที่สุด

#### อ้อย

ในขณะที่ในกรณีของอ้อยกลับพบว่าตำแหน่งของลำดับภูมิประเทศมีผลต่อความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบ แต่ไม่มีผลต่อความเข้มข้นของแคลเซียมในใบอ้อย (ภาพที่ 27) โดยความเข้มข้นของแคลเซียมในใบอ้อยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.34-0.64 และปริมาณความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบอ้อยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.16-0.51 ซึ่งความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมในใบอ้อยมีแนวโน้มไม่เพียงพอต่อความต้องการในการเจริญเติบโตของอ้อย (Mengel and Kirby, 1987)



Remark : \* significant at 0.05 probability levels

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

T1 = Summit, T2 = Upper midslope, T3 = Lower midslope = T4 = Footslope

ภาพที่ 27 ปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียม (ก) และ แมกนีเซียม (ข) ในใบมันสำปะหลังและอ้อยที่ปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ ตามลำดับภูมิประเทศ

ดินในบริเวณดินเขาส่งผลให้ปริมาณความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบอ้อยสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 0.51 ซึ่งไม่แตกต่างจากบริเวณตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลางโดยมีปริมาณเท่ากับร้อยละ 0.31 ส่วนในบริเวณตอนบนของที่ลาดเทตอนกลางและบริเวณยอดเนินมีปริมาณความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบมันสำปะหลังต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 0.24 และ 0.16 ตามลำดับ

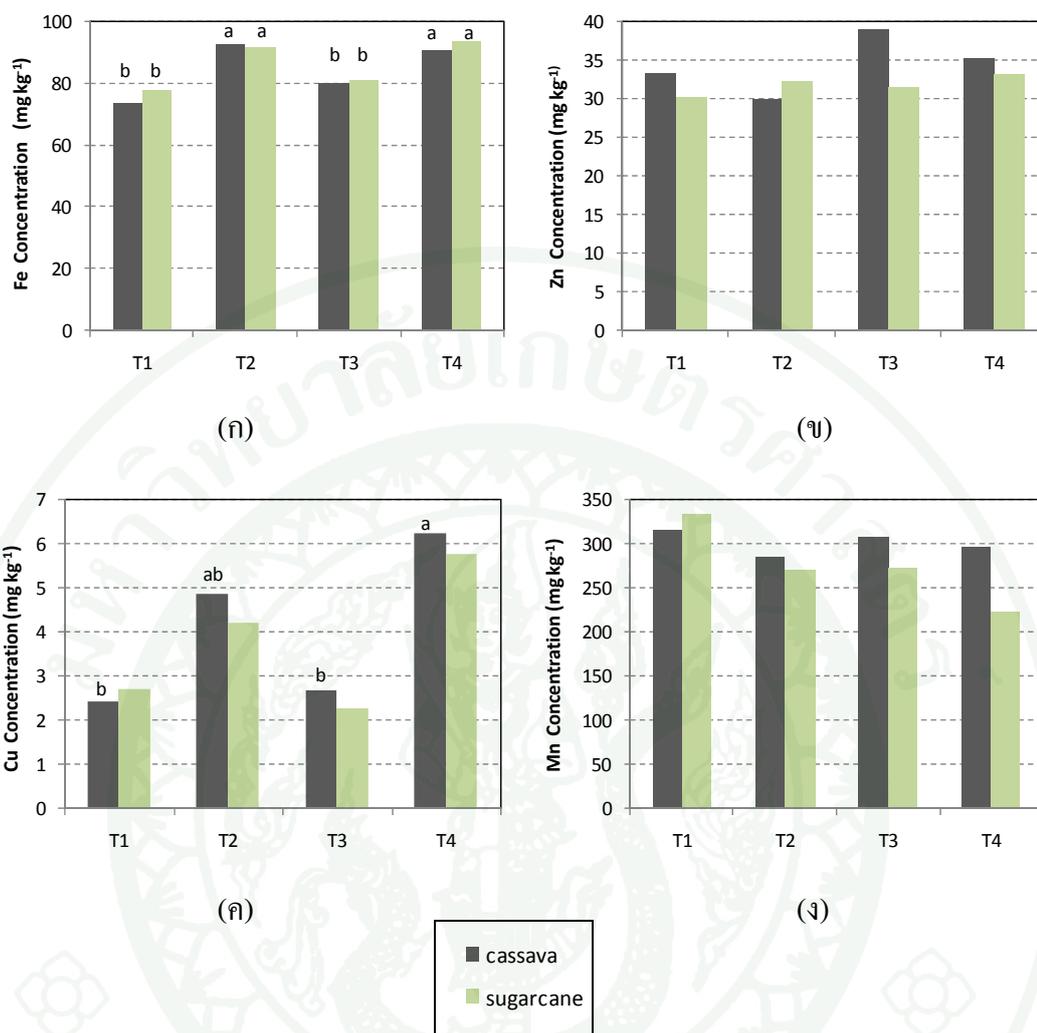
### 5.2.8 ปริมาณความเข้มข้นของจุลธาตุในใบพืชที่อายุ 4 เดือน

#### มันสำปะหลัง

ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของเหล็กในใบมันสำปะหลังที่ปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ ตามลำดับภูมิประเทศ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเชิงทางสถิติ (ภาพที่ 28) บริเวณตอนบนของที่ลาดเทตอนกลางและบริเวณดินเขาส่งผลให้ความเข้มข้นของเหล็กในใบมันสำปะหลังสูงที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 92.90 และ 91.11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่บริเวณยอดเนินและตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลางมีปริมาณความเข้มข้นของเหล็กในใบมันสำปะหลังต่ำที่สุดเท่ากับ 80.15 และ 73.47 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ซึ่งให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณความเข้มข้นของทองแดงในใบมันสำปะหลัง (ภาพที่ 28) บริเวณดินเขาส่งผลให้ความเข้มข้นของทองแดงในใบมันสำปะหลังสูงที่สุดเท่ากับ 6.24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งไม่แตกต่างจากตอนบนของที่ลาดเทตอนกลาง โดยมีปริมาณเท่ากับ 4.86 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนบริเวณตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลางและบริเวณยอดเนิน จะให้มีความเข้มข้นของทองแดงในใบมันสำปะหลังต่ำที่สุดเท่ากับ 2.70 และ 2.45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ในขณะที่ปริมาณความเข้มข้นของสังกะสีและแมงกานีสในใบมันสำปะหลังที่ปลูกบนลำดับภูมิประเทศไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 28) โดยมันสำปะหลังที่ปลูกในบริเวณตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลางมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นสังกะสีในใบสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ดินในบริเวณดินเขา ยอดเนิน และตอนบนของที่ลาดเทตอนกลางตามลำดับ ในกรณีของแมงกานีส มันสำปะหลังที่ปลูกในบริเวณยอดเนินมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นแมงกานีสในใบสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลาง ดินเขา และตอนบนของที่ลาดเทตอนกลางตามลำดับ



Remark : \*, \*\* significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.  
 Means with the different letters in column are significantly different to each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT).  
 T1 = Summit, T2 = Upper midslope, T3 = Lower midslope = T4 = Footslope

ภาพที่ 28 ปริมาณความเข้มข้นของเหล็ก (ก) และ สังกะสี (ข) ทองแดง (ค) และ แมงกานีส (ง) ในใบมันสำปะหลังและอ้อยที่ปลูกบนตำแหน่งต่างๆตามลำดับภูมิประเทศ

โดยในภาพรวม ความเข้มข้นของเหล็กในใบมันสำปะหลังต่ำมีค่าอยู่ในพิสัย 73.47-92.90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ความเข้มข้นของทองแดงในใบมันสำปะหลังต่ำถึงค่อนข้างต่ำ มีค่าอยู่ในพิสัย 2.45-6.24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ความเข้มข้นของสังกะสีในใบมันสำปะหลังอยู่ในระดับปานกลางมีค่าอยู่ในพิสัย 29.29-38.96 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และความเข้มข้นของแมงกานีสอยู่ในระดับสูงมากมีค่าอยู่ในพิสัย 286-315 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

## อ้อย

ในกรณีของอ้อย พบว่าตำแหน่งบนลำต้นภูมิภาคส่งผลเฉพาะต่อความเข้มข้นของเหล็กไนโบมันสำปะหลัง (ภาพที่ 28) โดยบริเวณต้นเขาและตอนบนของที่ลาดเทตอนกลางส่งผลให้ความเข้มข้นของเหล็กไนโบอ้อยสูงที่สุดเท่ากับ 93.67 และ 91.95 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แต่ตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลางและบริเวณยอดเนินส่งผลให้ความเข้มข้นของเหล็กไนโบอ้อยต่ำที่สุดเท่ากับ 81.3 และ 78.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ในขณะที่ปริมาณความเข้มข้นของสังกะสี ทองแดงและแมงกานีสไนโบอ้อยที่ปลูกบนลำต้นภูมิภาคไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 27) โดยไนโบอ้อยที่ปลูกในบริเวณต้นเขามีแนวโน้มสะสมสังกะสีและทองแดงไนโบอ้อยสูงที่สุดแต่สะสมแมงกานีสไนโบต่ำที่สุด ส่วนไนโบอ้อยที่ปลูกในบริเวณยอดเนินมีแนวโน้มสะสมแมงกานีสไนโบสูงที่สุด และสะสมสังกะสีต่ำที่สุด ส่วนดินในบริเวณตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลางมีแนวโน้มสะสมทองแดงต่ำที่สุด

อ้อยที่ปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ ตามลำต้นภูมิภาคมีความเข้มข้นของเหล็กไนโบอ้อยมีค่าอยู่ในพิสัย 73.47-92.90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ความเข้มข้นของสังกะสีมีค่าอยู่ในพิสัย 30.33-33.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ความเข้มข้นของทองแดงมีค่าอยู่ในพิสัย 2.28-5.78 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และความเข้มข้นของแมงกานีสมีค่าอยู่ในพิสัย 223-332 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

ดินตัวแทนในพื้นที่ทดลองจำนวน 4 ตำแหน่งตามลำดับภูมิประเทศที่เป็นเนินเขาเดี่ยวของ หินทรายที่อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลางอยู่ในพิสัย 333-320 เมตร ประกอบด้วยบริเวณยอดเนิน ตอนบนและตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลาง และดินเขา ดินมีวัตถุต้นกำเนิดมาจากตะกอนท้องถื่น และ/หรือวัสดุตกค้างของหินทราย ความลาดเทของพื้นที่ยาวและมีลักษณะผิวหน้าเป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงเกือบราบ โดยมีความลาดชันอยู่ในพิสัยร้อยละ 2-4 การไหลบ่าหน้าผิวดินปานกลางและ ความสามารถให้น้ำซึมผ่านผิวดินปานกลางถึงเร็ว

ดินในทุกบริเวณเป็นดินลึก การระบายน้ำดี พบน้ำใต้ดินตั้งแต่มวลความลึก 125-200 เซนติเมตร โดยตอนบนของที่ลาดเทตอนกลางพบน้ำใต้ดินอยู่ตื้นที่สุดที่ความลึก 125 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ ตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลาง ดินเขา และยอดเนินตามลำดับ ดินบนมีสีน้ำตาล จนถึงน้ำตาลเข้ม ในขณะที่ดินล่างบริเวณยอดเนินจะมีสีแดงและเปลี่ยนเป็นสีเหลือง รวมทั้งพบจุด ประในบริเวณตอนกลางไล่ลงไปยังตำแหน่งที่อยู่ต่ำสุดของบริเวณศึกษา สมบัติทางฟิสิกส์และเคมี ของดินตามลำดับภูมิประเทศมีความคล้ายคลึงกัน ได้แก่เป็นดินในกลุ่มดินเนื้อหยาบ โดยดินบน ส่วนใหญ่เป็นทราย ความหนาแน่นรวมอยู่ในระดับต่ำถึงสูง ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ต่ำ ดินเป็น กรดรุนแรงถึงเป็นกรดปานกลาง และมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

ดินในทุกบริเวณจัดจำแนกในระดับกลุ่มดินย่อยได้เป็น Typic Paleustults ดินบริเวณยอด เนินมีความเหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลังปานกลาง (S2) เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องการกร่อนดิน และความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ส่วนอีก 3 บริเวณที่อยู่ต่ำกว่าซึ่งมีระดับน้ำใต้ดินตื้นที่ตื้นกว่าจะมีความ เหมาะสมน้อย (S3) โดยมีข้อจำกัดในเรื่องของความเสี่ยงต่อการขังน้ำในเขตรากพืชเพิ่มเติม โดยเฉพาะในปีที่มีฝนมากเช่นในปีที่ทำการศึกษา นี้ โดยบริเวณตอนบนและตอนล่างของที่ลาดเท ตอนกลางมีความเหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลังต่ำที่สุด ในขณะที่ดินทุกบริเวณมีความ เหมาะสมต่อการปลูกอ้อยปานกลาง (S2) โดยมีข้อจำกัดเรื่องธาตุอาหารพืชต่ำ รวมทั้งเนื้อดินที่เป็น ทรายที่ส่งเสริมให้ขาดน้ำ โดยเฉพาะบริเวณยอดเนินที่มีแนวโน้มให้อ้อยเสี่ยงต่อการขาดน้ำ โดยเฉพาะในปีที่ฝนแล้ง และในทุกบริเวณไม่พบปัญหาเรื่องน้ำใต้ดินตื้น ซึ่งบริเวณดินเขามี แนวโน้มเหมาะสมต่อการปลูกอ้อยมากที่สุดเมื่อพิจารณาจากข้อจำกัดที่พบ และการตอบสนองของ

มันสำปะหลังที่ปลูกบนตามลำดับภูมิประเทศจะสอดคล้องกับชั้นความเหมาะสมของที่ดินที่ทำการ  
ประเมิน แต่ผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในแต่ละบริเวณกลับมีแนวโน้มไม่สอดคล้อง

มันสำปะหลังที่ปลูกบริเวณยอดเนินจะมีผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด น้ำหนักสดส่วน  
เหนือดิน และร้อยละการสะสมแป้งสูงที่สุด ในขณะที่มันสำปะหลังที่ปลูกในอีก 3 บริเวณที่เหลือจะ  
มีผลผลิตหัวมันสดและน้ำหนักสดส่วนเหนือดินไม่แตกต่างกันแต่ต่ำกว่าบริเวณยอดเนินอย่างมี  
นัยสำคัญทางสถิติ โดยบริเวณตอนบนของที่ลาดเทตอนกลางมีแนวโน้มให้น้ำหัวมันสดและ  
น้ำหนักสดส่วนเหนือดินต่ำที่สุด และตอนล่างของที่ลาดเทตอนกลางส่งผลให้ร้อยละการสะสมแป้ง  
ในหัวมันสำปะหลังสดต่ำที่สุด

ในขณะที่ผลผลิตอ้อยยอดที่ปลูกในแต่ละตำแหน่งของลำดับของภูมิประเทศไม่มีความ  
แตกต่างกันทางสถิติ โดยบริเวณยอดเนินมีแนวโน้มให้ผลผลิตอ้อยยอดและความยาวลำเฉลี่ยสูง  
ที่สุด รองลงมาได้แก่บริเวณตีนเขา ตอนบนของที่ลาดเทตอนกลาง และบริเวณตอนล่างของที่ลาดเท  
ตอนกลางมีแนวโน้มให้ผลผลิตอ้อยสดต่ำที่สุดและกลับมีแนวโน้มให้น้ำหนักยอดและใบสูงที่สุด

ดังนั้นศักยภาพของดินที่เกิดจากหินทรายตามลำดับภูมิประเทศที่เป็นเนินเขาเดี่ยวสำหรับ  
การปลูกมันสำปะหลังและอ้อยจะขึ้นอยู่กับระดับน้ำใต้ดิน และสมบัติทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับ  
ความชื้นมากกว่าสมบัติทางเคมีของดิน

### ข้อเสนอแนะ

ดินที่ทำการศึกษายเป็นดินเนื้อหยาบ มีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนและปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ จึงส่งผลให้พืชขาดน้ำได้ง่าย และเกิดการสูญเสียธาตุปุ๋ยออกไปจากเขตรากพืชอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการเพิ่มเติมอินทรีย์วัตถุ เช่น ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก ปุ๋ยมูลไก่ อย่างต่อเนื่อง ร่วมกับการไถพรวนดินแบบอนุรักษ์เพื่อลดการสูญเสียอินทรีย์วัตถุ ในระยะยาวจะส่งเสริมให้สมบัติทางกายภาพของดินเนื้อหยาบดีขึ้น

การปลูกมันสำปะหลังในบริเวณที่ศึกษา ตำบลกฤษณา อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา ต้องทำทางระบายน้ำ (diversion channel) เพื่อลดปัญหาการขังน้ำในร่อง รวมถึงการเพิ่มมาตรการลดการสูญเสียความชื้นที่ผิวดิน และลดปัญหาการสูญเสียธาตุอาหารพืชโดยการชะละลาย เนื่องจากจากดินในบริเวณเขตรากพืชมีเนื้อหยาบ และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำมาก

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2550 ก. การจัดการดินเค็ม และการใช้ปุ๋ยในไร่อ้อย. แหล่งที่มา :

[http://www.sisaket.go.th/WEB\\_ldd/Plant/Page05.htm](http://www.sisaket.go.th/WEB_ldd/Plant/Page05.htm), 22 เมษายน 2553

กรมพัฒนาที่ดิน. 2550 ข. ดินและปุ๋ยมันสำปะหลัง. เอกสารเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี. สำนักนิเทศและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2550 ค. การกำหนดขอบเขตการใช้ที่ดินระดับตำบลในจังหวัดนครราชสีมา. สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมแผนที่ทหาร. 2535. แผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000. กระทรวงกลาโหม, กรุงเทพฯ.

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

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2552. รายงานสถิติการเกษตรแห่งประเทศไทยปี 2552 . แหล่งที่มา :

<http://www.doae.go.th/plant/sugar.htm>, 22 เมษายน 2553

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2554. รายงานสภาวะอากาศ-นครราชสีมา. แหล่งที่มา:

<http://www.tmd.go.th/province.php?id=20>, 23 ธันวาคม 2553.

กองสำรวจและจำแนกดิน. 2543. การประเมินชั้นความเหมาะสมที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

เกษม สุขสถาน. 2541. การปรับปรุงพันธุ์อ้อย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เกษม สุขสถาน และ อุดม พูลเกษ. 2521. **พันธุ์อ้อยที่ปลูกเป็นการค้าในประเทศไทย.** พันธุ์  
พิบลีซิ่ง, กรุงเทพฯ.

คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา. 2551. **พจนานุกรมปฐพีวิทยา.** สำนักพิมพ์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จรุงสิทธิ์ ลิ่มศิลา และ อัจฉรา ลิ่มศิลา. 2547. **เอกสารวิชาการ มั่นสำปะหลัง ลำดับที่ 7/2547.**  
กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จันทร์จรัส วีรสาร และ จิรวัดน์ พุ่มเพชร. 2538. **การวิจัยสภาพแวดล้อมทางกายภาพและคุณสมบัติ  
ทางกายภาพของดิน, น. 85-93. รายงานประจำปี 2536-2537. โครงการวิจัยปรับปรุงดินเพื่อ  
เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอ้อยในประเทศไทย. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.**

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์. 2546. **ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับมันสำปะหลัง, น. 22-28. ใน เอกสาร  
ประกอบการฝึกอบรม โครงการพัฒนาศักยภาพการผลิตและการตลาดมัน. ภาควิชา  
พืชไร่ฯ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.**

เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง. 2547. **เอกสารวิชาการ อ้อย ลำดับที่ 9/2547.** กรมวิชาการเกษตร  
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ถวิล ครุฑกุล. 2527. **ดินและปุ๋ยเพื่อการเพาะปลูก.** ภาควิชาปฐพีวิทยา. กรุงเทพฯ.

นงคราญ กาญจนประเสริฐ. 2529. **การศึกษาลักษณะวินิจฉัยที่สำคัญในการพัฒนาการของดินและ  
ศักยภาพของดินอันดับแอลฟิซอลส์และอินเซปติซอลส์บริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง.  
วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.**

บัณฑิต ต้นศิริ และ คำรณ ไทรฟัก. 2542. **คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ.  
เอกสารทางวิชาการฉบับที่ 2/2542. กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวง  
เกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.**

ปิยะ ดวงพัตรา. 2546. ดินและปุ๋ยมันสำปะหลัง, น. 6-32. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเพื่อสร้าง  
วิทยากรมันสำปะหลังในท้องถิ่น, วันที่ 30 เมษายน-4 พฤษภาคม 2546.  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

มงคล พานิชกุล. 2525. แลโตโซล-เกรย์ พอดโซลิก-โลว์ฮิวมิคเกลย์ บนสภาพพื้นที่ต่อเนื่อง  
หนึ่งในจังหวัดขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย. 2552. รายงานคณะสำรวจภาวะการผลิต  
และการค้ามันสำปะหลัง ปี 2552/2553. แหล่งที่มา: <http://www.tapiocathai.org/L1.html>,  
10 กันยายน 2552.

ขงยุทธ โอสดสภา. 2552. ธาตุอาหารพืช. ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,  
กรุงเทพฯ.

วนิดา พานิกกร. 2546. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเชิงแร่และสมบัติของดินตามลำดับภูมิประเทศ  
ในอำเภอน้ำพอง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

สถาบันวิจัยพืชไร่. 2537. เอกสารวิชาการการปลูกพืชไร่. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและ  
สหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สมควร ดิรัสมิ. 2542. เกษตรกรรม ทำรายได้ การทำไร่อ้อย บริษัท แสงปัญญาเลิศ จำกัด  
กรุงเทพมหานคร.

สมพงษ์ กาทอง และ อนุชิต ทองกล้า. 2547. การปลูกและการดูแลรักษา, น. 15-17. เอกสาร  
วิชาการ มันสำปะหลัง ลำดับที่ 7/2547. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวง  
เกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สิริมาน บัวแดง. 2543. การปฏิบัติอนุรักษ์ดินสำหรับปลูกมันสำปะหลังโดยเสียค่าใช้จ่ายน้อยบน  
ชุดดินมาบบอน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- สุมิตรา วัฒนา. 2541. การวิเคราะห์สมบัติของดินที่ใช้ปลูกอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2552. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อยปี 2551-2552. แหล่งที่มา: <http://www.ocsb.go.th/th/cms/detail.php?ID=142&SystemModuleKey=production>, 16 ธันวาคม 2553
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2553 แหล่งที่มา : <http://www.oae.go.th/download/article/2553.pdf>, 22 เมษายน 2553
- อรุณี วงษ์กอบรัชฎ์. 2547. โรคแมลง และศัตรูของมันสำปะหลัง, น. 58-64. เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง ลำดับที่ 7/2547. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2533. ดินของประเทศไทย-ลักษณะการแจกกระจาย และการใช้. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2548. การสำรวจดิน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2547. คู่มือปฏิบัติการ การสำรวจดิน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Abou-Salama, A.M. 2000. **Improving Water Use Efficiency in Sugarcane Under Upper Egypt Conditions.** Available Source: <http://www.acc.aun.eun.eg>, September 10, 2002.
- Agbenin, J.O. and H. Tiessen. 1995. Soil properties and their variation on two contiguous hillslopes on Northeast Brazil. **Catena** 24: 147-161.

- Akande, M.O., E.A. Makinde, L.B. Taiwo and J.A. Adediran. 2010. Effects of Terralyt - Plus® on soil pH, nutrient uptake and dry matter yield of Maize. **African J. Plant Sci.** 4: 32-37.
- Albaladejo, J. 1990. Impact of the degradation processes on soil quality in arid Mediterranean environment, pp. 193–215. *In* J.L. Rubio and R.K.J. Rickson, eds. **Strategies to Combat Desertification in Mediterranean Europe**. Commission of the European Communities, Luxembourg.
- Alves, A.A.C. 2002. Cassava : **Biology, Production and Utilization**, Wallingford : CABI Publishing.
- Applegarth, M.T. and D.E. Dahams. 2001. Soil catena of calcareous tills, Whiskey Basin, Wyoming USA. **Catena** 42: 17-38.
- Blackburn, F. 1984. **Tropical Science Series**. Longman Group Ltd., London.
- Blake, G.R. and K.H. Hartge. 1986. Bulk density, pp. 363-382. *In* A. Klute, ed. **Methods of Soil Analysis. Part 1: Physical and Mineralogical Methods**. 2<sup>nd</sup> ed., Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Boer, M.M. 1999. **Assessment of Dryland Degradation: Linking Theory and Practice Through Site Water Balance Modelling**. Ph.D. Thesis, Universiteit Utrecht.
- Boling, A., T.P. Tuong, S.Y. Jatmiko, M.A. Burac, 2004. Yield constraints of rainfed lowland rice in Central Java, Indonesia. **Field Crops Res.** 90 : 351–360.
- Bonifacio, E., E. Zanini, V. Boero and M.A. Franchin. 1997. Pedogenesis in a soil catena on serpentinite in North Western Italy. **Geoderma** 75: 33-51.

- Boonsompunth, B. 1981. **Toposequence of Soil in Nakhon Ratchasima Province, Northeastern Thailand**. Ph.D. thesis, University of the Philippines at Los Banos.
- Bot, A. and J. Benites. 2005. **The Importance of Soil Organic Matter**. Management Service Publ., Rome, Italy.
- Bray, R.A. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. **Soil Sci.** 59: 39-45.
- Brady, N.C. and R.R. Weil. 2008. **The Nature and Properties of Soils**. 15<sup>th</sup> ed. Prentice Hall, Inc., New Jersey
- Buol, S.W., F.D. Hole and R.J. McCracken. 2003. **Soil Genesis and Classification**. The Iowa State Univ. Press, Ames.
- Bushnell, T. M. 1942. Some aspects of the soil catena concept. **Soil Sci Soc. Amer. Proc.** 7: 466-476.
- Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity, pp. 891-901. In C.A. Black, ed., **Method Of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties**. Agron. No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.
- Clements, H.F. 1980. **Sugarcane Crop Logging and Crop Control : Principles and Practice**. University of Hawaii Press, Honolulu.
- Cock, J.H. 1985. **Cassava New Potential for a Neglected Crop**. Westview Press, Inc., Boulder, London.
- Curi, N. and D.P. Franzmeier. 1984. Toposequence of Oxisols from the central plateau of Brazil. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 48: 341-346.

- Day, D.R. 1965. Particle fraction and particle size analysis, pp. 546-566. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis. Part I.** Agronomy No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Duangpatra, P. 1988. Soil and climatic characterization of major cassava growing areas in Thailand. pp. 157-184. *In* R.H. Howeler and K. Kawano, eds. **Cassava Breeding and Agronomy Research in Asia.** Proceeding of a Workshop held in Thailand, 26-28 October 1987, Bangkok, Thailand.
- Elder, J.W. and R. Lal. 2007. Tillage effects on physical properties of agricultural organic soils of North Central Ohio. **Soil Till. Res.** 98: 208-210.
- Gallaher, R.N., C.O. Weldon and F.C. Boswell. 1976. A semiautomated procedure for total N in plant and soil samples. **Soil Sci. Soc. Amer. J.** 40: 887-889.
- Gerrard, A.J. 1992. Soil and Landform: **An Integration of Geomorphology and Pedology.** George Allen and Unwin (Publishers) Ltd., London.
- Glendinning, J.S. 2000. Soil acidity, alkalinity and salinity, pp. 15-17. *In*: **Australian Soil Fertility Manual.** CSIRO publishing, Collingwood.
- Gobin, A., P. Campling, J. Deckers and J. Feyen, 1998. Integrated toposequence analysis at the confluence zone of the river ebonyi headwater catchment south eastern nigeria. **Catena** 32, 173-192.
- Goldberg, S. and H.S. Foster. 1990. Flocculation of reference clays and arid-zone soil clay. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 54: 714-718.
- Hakansson, I., T. Grath and H.J. Olsen. 1996. Influence of machinery traffic in Swedish farm fields on penetration resistance in the subsoil. **Swedish J. Agric. Res.** 26: 181-187.

- Hillel, D. 1998. **Environment Soil Physics**. Academic Press, San Diego, USA.
- Honeycutt, CW., R.D. Heil and C.V. Cole. 1990. Climate and topographic relations of three great plains soils: I. soil morphology. **Soil Sci. Soc. J. Amer.** 54: 469-475.
- Howeler, R.H. 1985. **Mineral Nutrition and Fertilization of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz)**. Centro Internacional Agric. Tropical (CIAT) 09 EC-4.
- Hunsigi, G. 1993. **Production of Sugarcane Theory and Practice**. Mercedesdruck. Berlin.
- Jackson, M.L. 1965. **Soil Chemical Analysis-Advanced Course**. Department of Soils, University of Wisconsin, USA.
- Johnson, C.M. and A. Ulrich. 1959. Analytical methods for use in plant analysis. Calif. Agri. Exp. Stat. Bull. 767:25-78.
- Jorajuria, D. and L. Draghi, 2000. Sobrecompactacion del suelo agricola. Parte I: influencia diferencial del peso y del numero de pasadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agricola Ambiental** 4: 445-452.
- Juang, T.C. and G. Uehara, 1971. Effects of ground-water table and soil compaction on nutrient element uptake and growth of sugarcane, pp. 679-687. **Proceedings of the 14th ISSCT Congress** on 7 July 2003.
- Juma, N.G. 2001. **The Pedosphere and Its Dynamics: A Systems Approach to Soil Science**. Salman Productions Inc., Edmonton, Alberta, Canada.
- Kilmer, V.J. and L.T. Alexander. 1949. Method of making mechanical analysis of soils. **Soil Sci.** 68: 15-24.

- Klute, A. 1965. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soils, pp. 210-220. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis, Part I. Physical and Mineralogical Methods**. Agronomy, No. 9. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Koppi, A.J. 1981. A soil toposequence on Bunya Phyllite in Brisbane. **Aust. J. Soil. Res.**19: 1-11.
- Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. **Soil Interpretation Handbook for Thailand**. Dept. of Land Development, Ministry of Agri. and Coop., Bangkok.
- Litaor, M.I., 1992. Aluminum mobility along a geochemical catena in an alpine watershed, Front Range, Colorado. **Catena** 19 : 1-16.
- Mengel, K., E.A. Kirkby, H. Kosegarten and T. Appel. 2001. **Principles of Plant Nutrition**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- Miller, R.W. and T.G. Duane. 2001. **Soil in Our Environment**. Prentice-Hall Inc., Upper Saddle River, New Jersey.
- Milne, G. 1936. Normal erosion as a factor in soil profile development. **Nature**. 138 : 548-574
- Nakviroj, C., K. Paisancharoen, O. Boonseng, C. Wongwiwatchai and S. Roongruang. 2007. Cassava long term fertility trials in Thailand. pp. 212-223. *In* Howeler, R.H. ed. **Cassava Research and Development in Asia: Exploring New Opportunities for an Ancient Crop**. Proceeding of the Seventh Regional Workshop. Bangkok, Thailand. Oct. 28 - Nov. 1, 2002.
- National Soil Survey Center. 1996. **Soil Survey Laboratory Method Manual**. Soil Survey Investigation. Report No. 42, Version 3.0 National Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture.

- Nelson, E.W., and L.E. Sommers. 1996. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. *In* D.L. Sparks, ed. **Methods of Soil Analysis: Part 3. Chemical Methods.** Soil Sci. Soc. of Am., Madison WI.
- Pratt, P.E. 1965. Potassium, pp. 1023-1031. *In* C.A. Black, ed. **Method of Soil Analysis, Part II. Chemical and Microbiological Properties.** Agron. No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.
- Ricaud, R. 1977. Effect of sub-soiling on soil compaction and yield of sugarcane. **Int. Soc. Sugarcane Technol. Proc.** 16: 1039-1047.
- Robertson, M.J., J.A. Campbell and C.P.L. Grof. 1999. Temperature effects on node appearance in sugarcane. **Australian Plant Physiol.** 25: 815-818.
- Ruhe, R.V. 1975. **Geomorphology : Geographic processes and Surficial Geology.** Houghton Mifflin, Boston.
- Sanchez, P.A. 1976. **Properties and Management of Soil in the Tropics.** John Wiley and Son, Inc., New York.
- Singh Aneg, R.N. Srivastava and S.B. Singh. 2003. Effect of nutrient combinations on sugarcane productivity. **Sugar Tech.** 5: 311-313.
- Sittibusaya, C., C. Narkviroj and D. Tunmapirom. 1987. "**Cassava Soils Research in Thailand.**" Paper presented at the workshop on cassava breeding and agronomy research in Asia and future network cooperation, organized by CIAT Cassava Regional Program, Rayong Province, Thailand.
- Soil Survey Division Staff. 1993. **Soil Survey Manual.** US. Dep. of Agr. Handbook No. 18, U.S. Government Printing Office, Washington D.C.

- Soil Survey Staff. 2006. **Keys to Soil Taxonomy**. 10<sup>th</sup> ed. Natural Resources Conservation Service, USDA, Washington, D.C.
- Sommer, M., D. Halm, O. Weller, M. Zarei and K. Stahr. 2000. Lateral podzolization in a granite landscape. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 64: 1434-1442.
- Spark, D.L. 2003. **Environmental Soil Chemistry**. Academic Press, UK.
- Thanachit S., A. Suddhiprakarn, I. Kheoruenromne and Robert J. Gilkes. 2006. The geochemistry of soils on a catena on basalt at Khon Buri, northeast Thailand. **Geoderma** 135: 81–96
- Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity, pp. 475-490. *In* D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner, eds. **Method of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods**. SSSA Inc., ASA Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson, J.D. Beaton and J.L. Havlin. 1993. **Soil Fertility and Fertilizers**. 5<sup>th</sup> ed. MacMillan Publishing Company. New York.
- USDA and FAO., 1983. Guidelines : **Land Evaluation for Rainfed Agriculture**. FAO. Soil Bulletin 52, Rome.
- Vanlauwe, B., J. Diels, N. Sanginga, R.J. Carsky, J. Deckers and R. Merckx. 2000. Utilization of rock phosphate by crops on non-acidic soils on a toposequence in the Northern Guinea savanna zone of Nigeria: response by maize to previous herbaceous legume cropping and rock phosphatetreatments. **Soil Biology & Biochemistry** 32: 2079-2090.
- Walkley, A. and C.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff Method for determining soil organic matter: a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Sci.** 37: 29-35.

- Weitkamp, W.A., R.C. Graham, M.A. Anderson and C.A. Amerhein. 1996. Pedogenesis of a Vernal Pool Entisols-Alfisols-Vertisols catena in Southern California. **Soil Sci. Soc. J. Am.** 60: 316-323.
- Westerman, R.L. 1990. **Soil Testing and Plant Analysis**, 3 ed. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Wysocki, D.A., P.J. Schoeneberger and H.E. LaGarry. 2000. Geomorphology of soil landscapes, pp. 5-40. *In* L.P. Wilding, ed. **Handbook of Soil Science: A Nation That Destroys Its Soils Destroys Itself-Franklin D. Roosevelt**. CRC Press LLC, U.S.A.
- Yang, S. and J. Chen. 1980. Germination response of sugarcane cultivars to soil moisture and temperature. **Int. Soc. Sugarcane Technol Proc.** 17: 30-37.
- Young, F.J. and R.D. Hammer. 2000. Soil-landform on a loess-mantled upland Landscape in Missouri. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 64: 1443-1454.
- Zhang, G., G.M. Zeng, Y.M. Jiang, Du, C.Y., G.H. Huang, J.M. Yao, M. Zeng, X.L. Zhang and W. Tan. 2006. Seasonal dry deposition and canopy leaching of base cations in a subtropical evergreen mixed forest, China. **Silva Fennica** 40: 417-428.



## Soil profile description

### Summit

#### I Information on the site

Profile symbol	: Pedon 1
Soil name	: -
Classification	: Typic Paleustult
Date of examination	: November 28, 2010
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Teerapol Plengsantia, Jeeranut Hongjaturun, Kannika Phetmak, Niphat Thanimmarn, Narissara Suksawat, Jeerawan Promma, Rungnapa Bowichian
Location	: Ban Khun Muang, Tambon Nou Som Boon, Amphoe Si Khew, Changwat Nakhon Ratchasima.
Elevation	: Approximately 343 m (MSL)
Map sheet number	: 5339 III      Coordination: 47P 0769123 <sup>E</sup> , 1671462 <sup>N</sup>
Landform	
1. Physiographic position	: Crestal slope
2. Surrounding landform	: Undulating
3. Slope on which profile site	: 4%      Aspect: 40 Azimuth
Land use	: Cassava and Sugarcane
Annual rainfall	: Approximately 1,386 mm
Mean temperature	: Approximately 28 °C
Climate	: Tropical savanna
Others	: -

#### II General information on the soil

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

#### III Profile description

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

Ap2	22-46	Mixed brown (7.5YR 4/4) 80%, reddish yellow (7.5YR 6/6) 20%; loamy sand; weak very fine and fine subangular blocky ; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; common very fine vesicular pores; few very fine and few fine roots; many very fine coated sands, common very fine variegated sands; few traces of charcoal; moderately acid (field pH 6.0); abrupt smooth boundary to Bt1.
Bt1	46-75	Yellowish red (5YR 5/8); loamy sand; weak very fine and fine subangular blocky; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few faint clay bridges between sand grains; common very fine vesicular pores; few very fine roots; many very fine coated sands; few spot organic material accumulation a horizontal double thin line separated Ap2 and Bt1 horizons; slightly acid (field pH 6.5); gradual smooth boundary to Bt2.
Bt2	75-100	Red (2.5YR 5/8); sandy loam; weak fine subangular blocky; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; common distinct clay coating on faces of peds and clay bridge between sand grains; common very fine vesicular and very few fine simple tubular pores; very few, very fine roots; many very fine coated sands; slightly acid (field pH 6.5); diffuse smooth boundary to Bt3.
Bt3	100-129	Light red (2.5YR 6/8); sandy loam; weak fine subangular blocky; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many distinct clay coating on faces of peds and clay bridge between sand grains; common very fine vesicular and very fine simple tubular pores; many very fine coated sands; slightly acid (field pH 6.5); diffuse smooth boundary to Bt4.
Bt4	129-152	Light red (2.5YR 6/8); sandy loam; weak fine subangular blocky; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many permanent clay coating on faces of peds and clay bridge between sand grains; common very fine, few fine vesicular and common very fine simple tubular pores; very few, very fine roots; many very fine coated sands; moderately acid (field pH 6.0); diffuse smooth boundary to Bt5.
Bt5	152-170	Red (2.5YR 5/8); sandy loam; weak fine and medium subangular blocky; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many permanent clay coating on faces of peds and clay bridge between sand grains; common very fine vesicular and simple tubular pores; very few, very fine roots; many very fine coated sands; strongly acid (field pH 5.5); diffuse smooth boundary to Bt6.
Bt6	170-200	Red (2.5YR 5/8); sandy loam; weak fine and medium subangular blocky; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many permanent clay coating on faces of peds and clay bridge between sand grains; common very fine vesicular and simple tubular pores; very few, very fine roots; many very fine coated sands; very strongly acid (field pH 5.0).

### Upper midslope

#### I Information on the site

Profile symbol	: Pedon 2
Soil name	: -
Classification	: Typic Paleustult
Date of examination	: January 31, 2011
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Jeeranut Hongjaturun, Niphat Thanimarn, Narissara Suksawat, Jeerawan Promma
Location	: Ban Khun Muang, Tambon Nou Som Boon, Amphoe Si Khew, Changwat Nakhon Ratchasima.
Elevation	: Approximately 336 m (MSL)
Map sheet number	: 5339 III      Coordination: 47P 0769239 <sup>E</sup> , 1671646 <sup>N</sup>
Landform	
1. Physiographic position	: Concave midslope of lowhill
2. Surrounding landform	: Undulating
3. Slope on which profile site	: 4%      Aspect: 140 Azimuth
Land use	: Cassava and Sugarcane
Annual rainfall	: Approximately 1,386 mm
Mean temperature	: Approximately 28 °C
Climate	: Tropical savanna
Others	: -

#### II General information on the soil

Parent material	: Local alluvium over residuum derived from sandstone
Drainage	: Well drained
Permeability	: Rapid
Runoff	: Moderate
Depth of ground water	: Deeper than 125 cm at time of sampling

#### III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap1	0-18	Mixed reddish gray (5YR 5/2) 70%, light reddish brown (5YR 6/4) 30%; loamy sand; weak very fine and fine subangular blocky partly breaking into single grains ; very soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many very fine vesicular pores; common very fine and few fine roots; many very fine coated sands, few traces of charcoal; slightly acid (field pH 6.5); clear smooth boundary to Ap2.
Ap2	18-32	Mixed brown (5YR 5/2) 85%, light reddish yellow (5YR 6/4) 12%, yellowish red (5YR 5/8) 3%; loamy sand; weak very fine and fine subangular blocky; very soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many very fine vesicular pores; common very fine and very few fine roots; common very fine coated sands; few traces of charcoal, few trances of dead roots; moderately acid (field pH 6.0); Abrupt smooth boundary to Bt1.

Bt1	32-54	Mixed light reddish brown (5YR 6/4) 98%, yellowish red (5YR 5/8) (mottle) 2%; loamy sand; weak very fine and fine subangular blocky; very soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few faint clay bridges between sand grains; many very fine and few fine vesicular pores; few very fine roots; common very fine and fine coated sand trace of organic material; moderately acid (field pH 6.0); gradual smooth boundary to Bt2.
Bt2	54-76	Mixed reddish yellow (5YR 6/6) 98%, yellowish red (5YR 5/8) (mottle) 2%; loamy sand; weak fine and medium subangular blocky; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; common distinct clay coating on faces of peds and clay bridge between sand grains; common very fine, fine vesicular and few fine simple tubular pores; very few, very fine roots; common very fine and fine coated sands; strong acid (field pH 5.5); gradual smooth boundary to Bt3.
Bt3	76-99	Mixed reddish yellow (5YR 6/6) 98%, yellowish red (5YR 5/8) (mottle) 2%; loamy sand; weak fine and medium sub angular blocky; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; common distinct clay coating on faces of peds and clay bridge between sand grains; common very fine and few fine vesicular pores; very few, very fine roots; common very fine and fine coated sands; few medium spots of organic material accumulation; very strong acid (field pH 5.0); clear smooth boundary to Btg
Btg	99-125	Mixed light reddish brown (5YR 6/4) 55%, pinkish gray (5YR 7/2) 30%, strong brown (7.5YR 5/6) (mottle) 5%; sandy loam; weak fine and medium subangular blocky; slightly hard dry, friable moist, non sticky and non plastic; many distinct clay coating on faces of peds and clay bridge between sand grains; common very fine and few fine vesicular pores; very few, very fine roots; common very fine and fine coated sands; few medium spots of organic material accumulation; very strong acid (field pH 4.5).

### Lower midslope

#### I Information on the site

Profile symbol	: Pedon 3
Soil name	: -
Classification	: Typic Paleustult
Date of examination	: November 27, 2010
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Teerapol Plengsantia, Jeeranut Hongjaturun, Kannika Phetmak, Niphat Thanimmarn, Narissara Suksawat, Jeerawan Promma, Rungnapa Bowichian
Location	: Ban Khun Muang, Tambon Nou Som Boon, Amphoe Si Khew, Changwat Nakhon Ratchasima.
Elevation	: Approximately 330 m (MSL)
Map sheet number	: 5339 III      Coordination: 47P 0769288 <sup>E</sup> , 1671768 <sup>N</sup>
Landform	
1. Physiographic position	: Concave midslope of lowhill
2. Surrounding landform	: Undulating
3. Slope on which profile site	: 3%      Aspect: 44 Azimuth
Land use	: Cassava and Sugarcane
Annual rainfall	: Approximately 1,386 mm
Mean temperature	: Approximately 28 °C
Climate	: Tropical savanna
Others	: -

#### II General information on the soil

Parent material	: Local alluvium over residuum derived from sandstone
Drainage	: Well drained
Permeability	: Rapid
Runoff	: Moderate
Depth of ground water	: Deeper than 150 cm at time of sampling

#### III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap1	0-11	Dark brown (7.5YR 3/4); loamy sand; weak very fine and fine subangular blocky; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many very fine vesicular pores; many very fine and common fine roots; many very fine variegated sands, few traces of dead roots; slightly acid (field pH 6.5); gradual smooth boundary to Ap2.
Ap2	11-31	Mixed brown (7.5YR 4/4) 90%, pink (7.5YR 7/4) 10%; loamy sand; weak very fine and fine subangular blocky; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many very fine vesicular pores; common very fine and fine roots; common very fine coated sands; few traces of dead roots; slightly acid (field pH 6.5); abrupt smooth boundary to Bt1.

Bt1	31-50	Strong brown (7.5YR 5/6); loamy sand; weak very fine and fine subangular blocky; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; very few faint clay bridges between sand grains; many very fine vesticular pores; few very fine and fine roots; many very fine coated sand; slightly acid (field pH 6.5); clear smooth boundary to Bt2.
Bt2	50-72	Mixed reddish yellow (7.5YR 6/6) 95%, brown (7.5YR 5/3) 5%; loamy sand; weak very fine and fine subangular blocky; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few faint clay bridges between sand grains; many very fine and very few fine vesticular pores; few very fine and fine roots; many very fine coated sands; slightly acid (field pH 6.5); gradual smooth boundary to Bt3.
Bt3	72-96	Pink (5YR 7/4); loamy sand; weak fine and medium subangular blocky; soft dry, friable moist, non sticky and non plastic; few faint clay bridges between sand grains; many very fine and very few fine vesticular pores; very few very fine and fine roots; many very fine varigate and coated sands, few traces of dead roots; moderately acid (field pH 6.0); gradual smooth boundary to Btg1.
Btg1	96-120	Mixed light reddish brown (2.5YR 7/4) 95%, white (2.5YR 8/1) 3%, red (2.5YR 4/6) (mottle) 2%; loamy sand; weak fine and medium subangular blocky; soft dry, friable moist, non sticky and non plastic; few faint clay bridges between sand grains; many very fine and very few fine vesticular pores; very few very fine and fine roots; many very fine varigate and coated sands, few traces of dead roots; very strong acid (field pH 5.0); clear smooth boundary to Btg2.
Btg2	120-170	Mixed pink (5YR 7/4) 88%, strong brown (7.5YR 5/8) 5%, gray (5YR 5/1) 5%, dark red (2.5YR 3/6) (mottle) 2%; sandy loam; weak fine and medium subangular blocky; soft dry, friable moist, non sticky and non plastic; common faint clay coating on faces of prds and clay bridges between sand grains; many very fine and very few fine vesticular pores; very few very fine and fine roots; many very fine varigate and coated sands, few traces of dead roots; very strong acid (field pH 4.5).

## Footslope

### I Information on the site

Profile symbol	: Pedon 4
Soil name	: -
Classification	: Typic Paleustult
Date of examination	: November 27, 2010
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Jeeranut Hongjaturun, Niphat Thanimmarn, Narissara Suksawat, Jeerawan Promma
Location	: Ban Khun Muang, Tambon Nou Som Boon, Amphoe Si Khew, Changwat Nakhon Ratchasima.
Elevation	: Approximately 320 m (MSL)
Map sheet number	: 5339 III      Coordination: 47P 0769408 <sup>E</sup> , 1671813 <sup>N</sup>
Landform	
1. Physiographic position	: Lower midslope of lowhill
2. Surrounding landform	: Slightly flat
3. Slope on which profile site	: 1%      Aspect: 42 Azimuth
Land use	: Cassava and Sugarcane
Annual rainfall	: Approximately 1,386 mm
Mean temperature	: Approximately 28 °C
Climate	: Tropical savanna
Others	: -

### II General information on the soil

Parent material	: Local alluvium over residuum derived from sandstone
Drainage	: Well drained
Permeability	: Moderate
Runoff	: Moderate
Depth of ground water	: Deeper than 180 cm at time of sampling

### III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap1	0-30	Mixed pink (7.5YR 7/3) 60%, dark brown (7.5YR 3/4) 40%; loamy sand; weak very fine subangular blocky; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; common very fine vesicular and simple vesticular pores; many fine and common fine roots; many very fine variegate sands, few traces of charcoal; slightly acid (field pH 6.5); abrupt smooth boundary to Ap2.
Ap2	30-50	Brown (7.5YR 7/3); loamy sand; weak very fine subangular blocky; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; common very fine vesicular and simple vesticular pores; few very fine roots; many very fine variegate sands, few traces of charcoal; neutral (field pH 7.0); abrupt smooth boundary to Bt1.

Bt1	50-71	Yellowish red (5YR 5/6); loamy sand; weak very fine and fine subangular blocky; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few very fine and fine vesticular pores; very few and very fine roots; many very fine variegated sand; neutral (field pH 7.0); gradual smooth boundary to Bt2.
Bt2	71-96	Yellowish red (5YR 5/8); sandy loam; weak very fine, very fine and medium subangular blocky; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; many distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; common very fine vesticular pores; very few and very fine roots; many very fine variegated and coated sand; few medium sand pockets; slightly acid (field pH 6.5); gradual smooth boundary to Bt3.
Bt3	96-121	Yellowish red (5YR 5/8); sandy loam; weak very fine, very fine and medium subangular blocky; soft dry, very friable moist, slightly sticky and non plastic; many distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; common very fine and few fine vesticular pores; very few and very fine roots; many very fine variegated and coated sand; extremely acid (field pH 4.0); gradual smooth boundary to Bt4.
Bt4	121-143	Strong brown (7.5YR 5/8); sandy loam; weak fine and medium subangular blocky; soft dry, very friable moist, slightly sticky and non plastic; many distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; common very fine and few fine vesticular pores; very few and very fine roots; very few medium Fe, Mn oxide nodules; extremely acid (field pH 4.0); gradual smooth boundary to Bt5.
Bt5	143-170	Strong brown (7.5YR 5/8); sandy loam; weak fine and medium subangular blocky; soft dry, very friable moist, slightly sticky and non plastic; many distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; common very fine and few fine vesticular pores; very few and very fine roots; very few medium Fe, Mn oxide nodules; very strong acid (field pH 4.5); clear smooth boundary to Btc.
Btc	170-200	Reddish yellow (7.5YR 6/8); gravelly sandy loam; weak fine and medium subangular blocky; soft dry, very friable moist, slightly sticky and non plastic; many distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; common very fine and few fine vesticular pores; very few and very fine roots; few traces of dead roots; very strong acid (field pH 4.5).

ตารางผนวกที่ 1 สมบัติทางฟิสิกส์ของดินตามลำดับภูมิประเทศ

Depth (cm)	Hori- zon	Particle size distribution			Textural class	Bulk density (Mg m <sup>-3</sup> )	Ksat (cm h <sup>-1</sup> )	FC (-----% by vol.-----)	PWP	AWC
		sand	silt	clay						
Summit										
0-22	Ap1	864	77	60	loamy sand	1.48	3.51	7.15	2.75	6.51
22-46	Ap2	821	137	42	loamy sand	1.58	3.14	6.76	2.50	6.72
46-75	Bt1	780	84	136	sandy loam	1.79	4.10	7.41	3.66	6.70
75-100	Bt2	750	92	157	sandy loam	1.64	8.20	10.11	5.36	7.80
100-129	Bt3	775	63	161	sandy loam	1.67	6.87	6.92	2.68	7.08
129-152	Bt4	752	82	166	sandy loam	1.67	6.64	9.61	4.86	7.94
152-170	Bt5	771	46	183	sandy loam	1.65	4.53	10.31	5.35	8.18
170-200	Bt6	687	168	145	sandy loam	1.60	1.81	10.25	5.03	8.34
Upper midslope										
0-18	Ap1	862	83	55	loamy sand	1.43	15.48	5.45	1.82	5.20
18-32	Ap2	863	65	72	loamy sand	1.56	13.38	5.83	2.72	4.86
32-54	Bt1	876	52	72	loamy sand	1.64	9.81	5.85	1.93	6.43
54-76	Bt2	856	97	47	loamy sand	1.63	3.74	5.98	3.09	4.72
76-99	Bt3	856	47	97	loamy sand	1.85	1.56	6.58	2.32	7.87
99-125+	Btg	809	89	102	loamy sand	1.73	7.62	7.38	2.02	9.28
Lower midslope										
0-11	Ap1	864	72	64	loamy sand	1.59	2.98	7.53	2.25	8.40
11-30	Ap2	852	88	59	loamy sand	1.53	8.85	6.30	1.85	6.81
30-50	Bt1	847	102	51	loamy sand	1.60	8.39	5.06	1.45	5.78
50-72	Bt2	830	98	72	loamy sand	1.69	17.96	17.51	12.97	7.68
72-96	Bt3	856	93	51	loamy sand	1.73	24.40	5.26	1.60	6.34
96-120	Btg1	845	91	64	loamy sand	1.77	17.03	5.24	1.65	6.36
120-150	Btg2	792	102	106	sandy loam	1.72	12.71	8.93	3.37	9.56

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Depth (cm)	Hori- zon	Particle size distribution			Textural class	Bulk density (Mg m <sup>-3</sup> )	Ksat (cm h <sup>-1</sup> )	FC (-----% by vol.-----)	PWP	AWC
		sand	silt	clay						
0-30	Ap1	912	33	55	sand	1.39	18.62	4.0	1.53	3.50
30-50	Ap2	855	69	76	loamy sand	1.65	12.42	5.6	2.45	5.27
50-71	Bt1	783	81	136	sandy loam	1.88	18.26	9.1	4.15	9.46
71-96	Bt2	762	77	161	sandy loam	1.75	3.38	9.9	4.23	10.01
96-121	Bt3	738	151	111	sandy loam	1.75	1.83	10.9	5.04	10.33
121-143	Bt4	748	121	132	sandy loam	1.70	3.03	10.9	5.06	9.97
143-170	Bt5	762	60	178	sandy loam	1.68	1.95	10.4	4.66	9.73
170-200	Btc	758	81	161	sandy loam	1.68	1.27	9.6	4.25	9.11

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินตามลำดับภูมิประเทศ

Depth (cm)	Hori zon	pH 1:1		OM	Total N (-----g kg <sup>-1</sup> -----)	Available		Extracable				Sum base cmol kg <sup>-1</sup>	EA	CEC		BS (%)
		H <sub>2</sub> O	KCl			P	K	Ca	Mg	K	Na			by sum	NH <sub>4</sub> OAc	
Summit																
0-22	Ap1	5.5	5.0	4.91	0.55	6.17	18.50	0.59	0.20	0.05	0.56	1.40	8	9.40	2.25	15
22-46	Ap2	5.5	5.0	4.79	0.53	4.17	14.75	0.73	0.36	0.04	0.68	1.81	9	10.81	2.25	17
46-75	Bt1	5.4	5.0	1.92	0.31	1.47	46.25	0.71	0.43	0.12	0.42	1.68	7	8.68	2.25	19
75-100	Bt2	5.2	4.8	1.88	0.37	1.32	34.25	0.75	0.84	0.09	0.70	2.38	12	14.38	2.50	17
100-129	Bt3	5.2	4.8	1.47	0.36	1.17	26.50	0.62	0.22	0.07	0.19	1.11	10	11.11	2.50	10
129-152	Bt4	5.1	4.4	1.43	0.33	1.02	25.25	0.31	0.31	0.07	0.30	0.98	9	9.98	2.75	10
152-170	Bt5	4.9	4.1	1.39	0.29	0.87	23.25	0.20	0.27	0.06	1.11	1.64	11	12.64	2.75	13
170-200	Bt6	4.9	4.0	1.35	0.27	0.87	26.75	0.17	0.94	0.07	0.51	1.68	10	11.68	3.00	14
Upper midslope																
0-18	Ap1	5.5	4.7	4.25	0.39	10.67	15.75	0.49	0.13	0.04	0.76	1.41	4	5.41	1.25	26
18-32	Ap2	5.4	4.8	4.09	0.18	3.45	11.00	0.51	0.19	0.03	0.26	0.99	9	9.99	2.25	10
32-54	Bt1	6.2	5.3	1.92	0.19	1.32	10.50	0.31	0.12	0.03	0.41	0.86	4	4.86	1.25	18
54-76	Bt2	6.0	5.3	1.72	0.21	1.17	3.10	0.05	0.04	0.01	0.37	0.48	9	9.48	1.25	5
76-99	Bt3	5.4	5.4	1.51	0.28	1.17	10.25	0.30	0.13	0.03	0.25	0.70	11	11.70	1.25	6
99-125	Btg	4.9	4.0	1.22	0.39	1.94	10.50	1.30	0.23	0.03	0.66	2.20	11	13.20	1.50	17

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Depth (cm)	Hori zon	pH 1:1		OM (-----g kg <sup>-1</sup> -----)	Total N	Available		Extracable				Sum base cmol kg <sup>-1</sup>	EA	CEC		BS (%)
		H <sub>2</sub> O	KCl			P (-----mg kg <sup>-1</sup> -----)	K (-----mg kg <sup>-1</sup> -----)	Ca	Mg	K	Na			by sum	NH <sub>4</sub> OAc	
Lower midslope																
0-11	Ap1	5.9	5.4	5.12	0.42	7.28	23.25	0.90	0.29	0.06	0.47	1.73	10	11.73	2.75	15
11-30	Ap2	5.9	5.4	5.08	0.38	3.27	21.00	0.68	0.17	0.05	0.50	1.40	8	9.40	3.50	15
30-50	Bt1	6.0	5.8	1.72	0.29	1.17	13.75	0.48	0.12	0.04	0.49	1.13	9	10.13	1.25	11
50-72	Bt2	6.0	5.7	1.51	0.31	1.02	18.75	0.67	0.22	0.05	0.40	1.34	11	12.33	1.75	11
72-96	Bt3	5.9	5.2	1.47	0.35	1.02	10.50	0.35	0.15	0.03	0.44	0.97	8	8.97	2.25	11
96-120	Btg1	5.0	4.4	1.43	0.31	1.17	10.50	0.29	0.16	0.03	1.00	1.47	10	11.47	1.50	13
120-150	Btg2	4.6	4.0	1.30	0.26	2.93	19.50	0.48	0.30	0.05	0.83	1.66	6	7.66	2.50	22
Footslope																
0-30	Ap1	5.9	5.5	5.49	0.26	4.17	12.25	0.67	0.11	0.03	0.36	1.17	3	4.17	1.25	28
30-50	Ap2	5.9	5.6	5.08	0.77	2.59	14.75	0.52	0.25	0.04	0.59	1.40	3	4.40	2.50	32
50-71	Bt1	5.8	4.9	1.37	0.44	1.32	7.25	0.22	0.10	0.02	0.41	0.74	4	4.74	2.00	25
71-96	Bt2	5.0	4.1	1.26	0.23	1.32	24.00	0.65	0.41	0.06	0.45	1.57	3	4.57	2.50	34
96-121	Bt3	4.5	3.9	1.22	0.27	0.27	20.75	0.31	0.48	0.05	0.18	1.02	3	4.02	3.75	25
121-143	Bt4	4.4	3.7	1.18	0.16	0.16	19.75	0.21	0.19	0.05	0.74	1.18	7	8.18	3.25	14
143-170	Bt5	4.4	3.7	1.10	0.20	0.20	15.25	0.19	0.19	0.04	0.30	0.72	8	8.72	3.25	8
170-200	Btc	4.4	3.8	1.02	0.32	0.87	11.85	0.21	0.45	0.03	0.17	0.86	8	8.86	2.50	10

ตารางผนวกที่ 3 ผลผลิต และน้ำหนักส่วนเหนือดิน ของมันสำปะหลังที่ปลูกตามลำดับภูมิประเทศ

Treatment	Tuber weight (t rai <sup>-1</sup> )	Rhizome weight (-----kg rai <sup>-1</sup> -----)	Stem weight	Leaf and branch weight	Above ground biomass weight (t rai <sup>-1</sup> )
T1	4.57 a	558 a	800 a	728 a	1.53 a
T2	0.53 b	275 b	283 b	131 b	0.41 b
T3	0.58 b	222 b	339 b	189 b	0.53 b
T4	1.02 b	272 b	83 c	219 b	0.30 b
F-test	**	**	**	**	**

**Remark :** \*\* significant at 0.01 probability levels

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

T1 = Summit, T2 = Upper midslope, T3 =Lower mislope = T4 = Footslope

ตารางผนวกที่ 4 จำนวนลำ จำนวนหัวมันสำปะหลังเฉลี่ย อัตราการรอดตาย และร้อยละการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังที่ปลูกตามลำดับภูมิประเทศ

Treatment	Stem (No. rai <sup>-1</sup> )	Tuber (No. plant <sup>-1</sup> )	Starch (----- % -----)	Survivor rate
T1	4,361 a	18 a	29.9 a	100 a
T2	2,611 b	5 c	28.0 b	80 b
T3	2,194 b	4 c	23.6 c	73 b
T4	750 c	9 b	27.3 b	78 b
F-test	**	**	**	*

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

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

T1 = Summit, T2 = Upper midslope, T3 = Lower mislope = T4 = Foolslope

ตารางผนวกที่ 5 น้ำหนักสดผลผลิตอ้อยยอด น้ำหนักส่วนยอดและใบ จำนวนลำ ความยาวลำเส้นผ่านศูนย์กลางลำ และจำนวนปล้องของอ้อยที่ปลูกตามลำดับภูมิประเทศ

Treatment	Cane	Leaf	Cane		Internode	
	wt.	wt.	Diameter	Length		
	(----- t rai <sup>-1</sup> -----)		(----- cm -----)		(No. rai <sup>-1</sup> )	(No. plant <sup>-1</sup> )
T1	12.08	2.01	2.9	185.3	9,375	14
T2	9.16	1.80	3.0	149.1	12,167	13
T3	7.48	4.25	3.0	151.1	9,750	12
T4	10.45	1.50	2.9	157.3	11,208	12
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns

**Remark :** ns: non significant

T1 = Summit, T2 = Upper midslope, T3 = Lower mislope = T4 = Foothlope

ตารางผนวกที่ 6 ความเข้มข้นธาตุอาหารหลักในใบมันสำปะหลังและอ้อยที่อายุ 4 เดือนที่ปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ บนลำดับภูมิประเทศ

Treatment	Concentration in leaf					
	Cassava			Sugarcane		
	N	P	K	N	P	K
	(----- % -----)					
T1	2.32	0.03	0.73	1.03	0.022	1.34
T2	2.28	0.03	0.65	0.73	0.021	1.32
T3	1.96	0.01	0.26	0.69	0.020	1.41
T4	2.03	0.02	0.42	1.01	0.023	1.42
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns

**Remark :** ns: non significant

T1 = Summit, T2 = Upper midslope, T3 =Lower mislope = T4 = Foolslope

ตารางผนวกที่ 7 ความเข้มข้นธาตุอาหารรองในใบมันสำปะหลังและอ้อยที่อายุ 4 เดือนที่ปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ บนลำดับภูมิประเทศ

Treatment	Concentration in leaf			
	Cassava		Sugarcane	
	Ca	Mg	Ca	Mg
	(----- % -----)			
T1	0.69 ab	0.46	0.45	0.16 b
T2	0.32 b	0.44	0.56	0.24 b
T3	0.34 b	0.12	0.34	0.31 ab
T4	0.79 a	0.21	0.64	0.51 a
F-test	*	ns	ns	*

**Remark :** \* significant at 0.05 probability levels

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

ns: non significant

T1 = Summit, T2 = Upper midslope, T3 =Lower mislope = T4 = Footslope

ตารางผนวกที่ 8 ความเข้มข้นธาตุอาหารหลักในใบมันสำปะหลังและอ้อยที่อายุ 4 เดือนที่ปลูกบนตำแหน่งต่าง ๆ บนลำดับภูมิประเทศ

Treatment	Concentration in leaf							
	Cassava				Sugarcane			
	Fe	Zn	Cu	Mn	Fe	Zn	Cu	Mn
	(----- mg kg <sup>-1</sup> -----)							
T1	73.5 b	33.3	2.5 b	315	78.0 b	30.3	2.7	334
T2	92.9 a	29.9	4.9 ab	286	91.9 a	32.3	4.2	270
T3	80.2 b	38.9	2.7 b	308	81.3 b	31.6	2.3	273
T4	91.1 a	35.3	6.2 a	296	93.7 a	33.2	5.8	223
F-test	**	ns	*	ns	**	ns	ns	ns

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

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

ns: non significant

T1 = Summit, T2 = Upper midslope, T3 = Lower midslope = T4 = Footslope

ตารางผนวกที่ 9 ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัดนครราชสีมา ปี 2010-2011

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

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2554)

ตารางผนวกที่ 10 การแบ่งกลุ่มของเนื้อดิน (เอิบ, 2548; Soil Survey Division Staff, 1993)

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

ตารางผนวกที่ 11 เกณฑ์มาตรฐานในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (กองสำรวจดิน, 2523)

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

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

ตารางผนวกที่ 12 ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน

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

ที่มา : นงคราญ (2529)

ตารางผนวกที่ 13 ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมีของดิน (เอิบ, 2542ก;  
Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973; Soil Survey  
Division Staff, 1993)

Soil properties	Range	Rating
Soil pH (1:1 Soil: H <sub>2</sub> O)	< 3.5	Ultra acid
	3.5-4.4	Extremely acid
	4.5-5.0	Very strongly acid
	5.1-5.5	Strongly acid
	5.6-6.0	Moderately acid
	6.1-6.5	Slightly acid
	6.6-7.3	Neutral
	7.4-7.8	Slightly alkaline
	7.9-8.4	Moderately alkaline
	8.5-9.0	Strongly alkaline
Organic matter (g kg <sup>-1</sup> )	> 9.0	Very strongly alkaline
	< 5	Very low
	5-10	Low
	10-15	Moderately low
	15-25	Moderate
	25-35	Moderate high
	35-45	High
Total nitrogen (g kg <sup>-1</sup> )	> 45	Very high
	< 1.0	Very low
	1.0-2.0	Low
	2.0-5.0	Moderately
	5.0-7.5	High
Available P by Bray II (mg kg <sup>-1</sup> )	> 7.5	Very high
	< 3	Very low
	3-6	Low
	6-10	Moderately low
	10-15	Moderately
	15-25	Moderate high
	25-45	High
Available K by NH <sub>4</sub> OAc (mg kg <sup>-1</sup> )	> 45	Very high
	< 30	Very low
	30-60	Low
	60-90	Moderately
	90-120	High
> 120	Very high	

## ตารางผนวกที่ 13 (ต่อ)

Soil properties	Range	Rating
Extractable bases (cmol kg <sup>-1</sup> )		
Ca	< 2.0	Very low
	2-5	Low
	5-10	Moderately
	10-20	High
	> 20	Very high
Mg	< 0.3	Very low
	0.3-1.0	Low
	1.0-3.0	Moderately
	3.0-8.0	High
	> 8.0	Very high
K	< 0.2	Very low
	0.2-0.3	Low
	0.3-0.6	Moderately
	0.6-1.2	High
	> 1.2	Very high
Na	< 0.1	Very low
	0.1-0.3	Low
	0.3-0.7	Moderately
	0.7-2.0	High
	> 2.0	Very high
Sum bases	< 2.6	Very low
	2.6-6.6	Low
	6.6-14.3	Moderately
	14.3-31.2	High
	> 31.2	Very high
CEC by NH <sub>4</sub> OAC (cmol kg <sup>-1</sup> )	<3	Very low
	3-5	Low
	5-10	Moderately low
	10-15	Moderately
	15-20	Moderately high
	20-30	High
	>30	Very high
%Base saturation	<35	Low
	35-75	Moderately
	>75	High
Extractable acidity (cmol kg <sup>-1</sup> )	<1	Very low
	1-2	Low
	2-5	Moderate
	5-10	Moderately high
	10-20	High
	>20-30	Very high

ตารางผนวกที่ 14 เกณฑ์ประเมินระดับของธาตุอาหารในใบมันสำปะหลัง

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

ที่มา : Howeler (1985)

ตารางผนวกที่ 15 ระดับวิกฤติของธาตุอาหารพืชในใบอ้อยที่อายุ 6 เดือน

Nutrient	Critical level (deficiency)
N (%)	2.7
P (%)	0.46
K (%)	10.5
Ca (%)	0.15
Mg (%)	0.1
S (%)	10
B (mg kg <sup>-1</sup> )	1
Cl (mg kg <sup>-1</sup> )	5
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	3
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	50
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	10

ที่มา: Mengel and Kirby (1987)

## ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นายจิรณทัต หงษ์จำตุรันต์
เกิดวันที่	13 มีนาคม 2527
สถานที่เกิด	จังหวัดฉะเชิงเทรา
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เกษตรศาสตร์) ภาควิชาปฐพีวิทยา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ตำแหน่งปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	โครงการวิจัย ประเภทบัณฑิตศึกษา ระดับปริญญาโท ด้านการเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)