



งบประมาณรายได้มหาวิทยาลัย  
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการเก็บกักน้ำในดินของระบบนิเวศแหล่งต้นน้ำที่ได้รับผลกระทบจากดินถล่ม

(ภาษาอังกฤษ) Changes in Soil Water Storage Capacity in Head Watershed Ecosystems impacted by Landslide

คณบุญวิจัย

สังกัด

รองศาสตราจารย์ ดร.จรัณรร บุญญาณุภาพ คณageยศศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม  
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันวิสาข ปันศักดิ์ คณageยศศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม  
มหาวิทยาลัยนเรศวร

วันที่ ๒๖๖๗ ๒๕๖๒
๑๐๒๐๘๑๕
๙๖๖๒
๑๕๖๙
๒๕๕๙

มหาวิทยาลัยนเรศวร

## บทคัดย่อ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการเก็บกักน้ำในดินของระบบนิเวศแหล่งต้นน้ำที่ได้รับผลกระทบจากดินถล่ม มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของดินถล่มที่มีต่อความสามารถในการเก็บกักน้ำในดินของระบบนิเวศประเภทต่างๆ บริเวณแหล่งต้นน้ำ เมื่อจากเหตุการณ์ดินถล่มที่เกิดขึ้นในระบบนิเวศวนเกษตรและระบบนิเวศป่าธรรมชาติบริเวณแหล่งต้นน้ำของตำบลแม่พูล เป็นสาเหตุสำคัญของการสูญเสียมูลค่าทางสิ่งแวดล้อมรวมถึงบุคลากรหน้าที่และการให้บริการของระบบนิเวศ เมื่อจากการเกิดดินถล่มได้ทำลายโครงสร้างและองค์ประกอบของระบบนิเวศที่มีอยู่เดิม ทำให้กระบวนการและกลไกต่าง ๆ ของระบบนิเวศขาดความสมดุลไปโดยเฉพาะความสามารถในการเก็บกักน้ำในดินและสมดุลน้ำของระบบนิเวศต้นน้ำ

สำหรับคุณสมบัติดินที่มีความสามารถสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินในเชิงปริมาณ (Soil available water capacity : AWC) ภายใต้ระบบนิเวศทุกประเภทในบริเวณแหล่งต้นน้ำของพืชที่ตำบลแม่พูลพบว่า ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสามารถสัมพันธ์ในเชิงบางอย่างมีนัยสำคัญกับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินได้แก่ อินทรียวัตถุ ความเป็นกรด-ด่าง องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ อัตราการซึมน้ำ ปริมาณอนุภาคดินทรายขณะที่ความชื้น ณ จุดเที่ยวถาวร และปริมาณอนุภาคดินทราย มีความสามารถสัมพันธ์ในเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญ

ผลการศึกษาพบว่า การศึกษาความแตกต่างของ AWC แต่ละระบบนิเวศ และวิเคราะห์ความสามารถสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคุณสมบัติดิน เพื่อจัดกลุ่มองค์ประกอบหลักของตัวแปร และบ่งชี้ตัวแปรที่มีลักษณะเฉพาะในแต่ละระบบนิเวศ โดยวิเคราะห์จากตัวแปรเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ และสร้างสมการประมาณค่า พบว่า ระบบนิเวศป่าเบญจพรรรณผสมไม่มี AWC มากที่สุดในทุกระดับความลึก รองลงมาเป็นระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินถล่ม ป่าเบญจพรรรณผสมไม่ใช่ที่เกิดดินถล่ม และสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร ตามลำดับ ซึ่งทำให้ทราบว่าผลกระทบของการเกิดดินถล่มมีผลทำให้ความสามารถในการเก็บกักน้ำในดินลดลง

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง “การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการเก็บกักน้ำในดินของระบบนิเวศแห่งต้นน้ำที่ได้รับผลกระทบจากดินถล่ม” โดยได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายได้มหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และครุภัณฑ์ตลอดการดำเนินโครงการวิจัย

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ่านนายกองค์การบริหารส่วนตำบลแม่พูล นายกเทศมนตรีเทศบาลตำบลหัวดง ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์สถานที่และสนับสนุนข้อมูลทั้งในภาคสนามและข้อมูลอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ใน การศึกษาวิจัยนี้เป็นอย่างยิ่ง และขอขอบคุณ ชุมชนท้องถิ่นตำบลแม่พูล เกษตรกร ภาคครึ่งซ้ายที่เกี่ยวข้อง และ เกษตรกรเจ้าของสวนในการอนุญาตให้ทำการศึกษาสัมฐานและโครงสร้างของชั้นหน้าตัดดิน และการวางแผน ศึกษาโครงสร้างสังคมพืชในพื้นที่สวนไม้ผลผสม รวมถึงการติดตั้งอุปกรณ์เก็บน้ำในดิน (Soil water) ตลอด ระยะเวลา 12 เดือน ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานอันสำคัญสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อแบบจำลองความสมดุลของน้ำ เป็น ทั้งสารสนเทศและระบบการคาดการณ์ (Forecasting system) ที่องค์กรภาครัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และ องค์กรภาคประชาชนในพื้นที่สามารถใช้เพื่อค้นหาแนวทางหรือมาตรการที่เหมาะสมสำหรับการบริหารจัดการ ทรัพยากรน้ำ อันนำไปสู่การบรรเทาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภัยพิบัติดินถล่มต่อความ สมดุลของน้ำภายในพื้นที่ศึกษาได้อย่างมี ซึ่งจะเป็นองค์ความรู้ที่สามารถนำไปขยายผลเพื่อใช้เป็นต้นแบบสำหรับ การประเมินสมดุลของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำอื่นๆ ต่อไป

คณะผู้วิจัย

กรกฎาคม 2560

## สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญเรื่อง	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ช
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
<b>บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>3</b>
2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำในดินกับพืช	3
2.2 สมการสมดุลของน้ำ	15
2.3 สถานการณ์การเกิดแผ่นดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์	17
2.4 กระบวนการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติระดับท้องถิ่น	22
<b>บทที่ 3 ระบบวิธีวิจัย</b>	<b>24</b>
3.1 ครอบแนวคิดของการวิจัย	24
3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย	24
3.2.1 สถานที่ดำเนินโครงการวิจัย	24
3.2.2 ขอบเขตของการวิจัย	26
3.2.3 วิธีการดำเนินการวิจัย	29
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล</b>	<b>37</b>
4.1 สำรวจพื้นที่ศึกษา ติดต่อหน่วยงานภาครัฐและองค์กรในพื้นที่ และเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการศึกษาผลกระทบของการเกิดภัยพิบัติดินถล่มที่มีต่อความสามารถในการเก็บกักน้ำในดิน	37
4.2 การจำแนกประเภทการใช้ที่ดินและระบบนิเวศหลักภายในพื้นที่ศึกษา	38
4.3 การศึกษาความสามารถในการเก็บกักน้ำในดินของระบบนิเวศประเทศหลัก	40
4.4 การศึกษาความสามารถของการกักเก็บน้ำของดิน	46
4.5 การศึกษาความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินของระบบนิเวศสวนไม้ผลสมบูรณ์แบบเกษตร	48
4.5.1 โครงสร้างและสัณฐานวิทยาของดินในระบบนิเวศสวนไม้ผลสมบูรณ์แบบเกษตร	49
4.5.2 คุณสมบัติดินด้านกายภาพ เคมี และอุทกวิทยา ในระบบนิเวศสวนไม้ผลสมบูรณ์แบบเกษตร	58
4.5.3 การศึกษาความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินของระบบนิเวศ	73
4.5.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของคุณสมบัติดิน	106

(Principle component analysis of influence factor : PCA)

## สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ</b>	136
5.1 การกำหนดกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียของดำเนินงานโครงการวิจัย	136
5.2 การใช้ที่ดินในปัจจุบันและระบบนิเวศหลักบริเวณพื้นที่แหล่งต้นน้ำของตำบลแม่พูล	137
5.3 โครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืชในระบบนิเวศแหล่งต้นน้ำของตำบลแม่พูล	137
5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติดินและความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน	138
5.4.1 คุณสมบัติดินของระบบนิเวศสวนไม้ผลสมบูรณ์เกษตร	138
5.4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติดินและความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน	139
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	141
<b>ประวัติคณะผู้วิจัย</b>	142



## สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 2.1 ขนาดช่องว่างในดินและคุณสมบัติของช่องว่าง	5
ตาราง 2.2 ชั้นความลึกของดิน	5
ตาราง 2.3 The moisture potential reading from tensiometer for irrigation in some crops	9
ตาราง 2.4 ลักษณะและความรู้สึกสัมผัสของดินที่มีความชื้นที่พิเศษนำไปใช้ประโยชน์ในระดับต่างๆ	10
ตาราง 2.5 การจำแนกอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน	11
ตาราง 2.6 อัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินชนิดต่าง ๆ	11
ตาราง 2.7 สมดุลน้ำในการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	16
ตาราง 2.8 สรุปผลการประมาณการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางเคมีภysisของดิน ภายหลังจากเกิดดินคล่มมาแล้ว 3 ปี	20
ตาราง 2.9 การเปลี่ยนแปลงนี้ที่ป่าไม้ ระหว่างปี พ.ศ. 2544 และ ปี พ.ศ. 2552 ในตำบลแม่พูล อำเภอสันแลบ จังหวัดอุตรดิตถ์	21
ตาราง 3.1 เนื้อที่ของป่าธรรมชาติและประเภทในปี 2555 บริเวณตำบลแม่พูล อำเภอสันแลบ	25
ตาราง 4.1 คุณลักษณะของแปลงศึกษาโครงสร้างของสังคมพืชและสัณฐานวิทยาของชั้นหน้าตัดดิน ของระบบนิเวศหลักบริเวณพื้นที่ศึกษา	40
ตาราง 4.2 องค์ประกอบของชนิดไม้เด่น 10 อันดับแรกในสังคมป่าเบญจพรรณผสมไผ่	43
ตาราง 4.3 องค์ประกอบของชนิดไม้เด่น 10 อันดับแรกในสังคมป่าเบญจพรรณผสมไผ่ที่เกิดดินคล่ม	44
ตาราง 4.4 องค์ประกอบและคุณลักษณะโครงสร้างของไม้ใหญ่ในสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร	45
ตาราง 4.5 องค์ประกอบของชนิดไม้เด่น 10 อันดับแรกในสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินคล่ม	46
ตาราง 4.6 สัณฐานวิทยาของชั้นหน้าตัดดินภายใต้ระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร	50
ตาราง 4.7 สัณฐานวิทยาของชั้นหน้าตัดดินภายใต้ระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร	51
ตาราง 4.8 สัณฐานวิทยาของชั้นหน้าตัดดินภายใต้ระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินคล่ม	52
ตาราง 4.9 สัณฐานวิทยาของชั้นหน้าตัดดินภายใต้ระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินคล่ม	53
ตาราง 4.10 สัณฐานวิทยาของชั้นหน้าตัดดินภายใต้ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไผ่	54
ตาราง 4.11 สัณฐานวิทยาของชั้นหน้าตัดดินภายใต้ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไผ่	55
ตาราง 4.12 สัณฐานวิทยาของชั้นหน้าตัดดินภายใต้ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไผ่ที่เกิดดินคล่ม	56
ตาราง 4.13 สัณฐานวิทยาของชั้นหน้าตัดดินภายใต้ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไผ่ที่เกิดดินคล่ม	57
ตาราง 4.14 ค่าทางสถิติของคุณสมบัติดินในระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรและ ป่าเบญจพรรณผสมไผ่ ภายใต้สถานการณ์ดินคล่มทุกรายดับความลึก	58
ตาราง 4.15 คุณสมบัติด้านกายภาพของระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรและ ป่าเบญจพรรณผสมไผ่ ภายใต้สถานการณ์ดินคล่ม	62
ตาราง 4.16 คุณสมบัติดินด้านอุทกวิทยาของระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรและ ป่าเบญจพรรณผสมไผ่ ภายใต้สถานการณ์ดินคล่ม	70
ตาราง 4.17 คุณสมบัติด้านเคมีของระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรและ ป่าเบญจพรรณผสมไผ่ ภายใต้สถานการณ์ดินคล่ม	72
ตาราง 4.18 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินบริเวณ พื้นที่ตำบลแม่พูล อำเภอสันแลบ จังหวัดอุตรดิตถ์ (N=72)	76

## สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตาราง 4.19 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินของระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร ( $N=18$ )	79
ตาราง 4.20 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินของระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินถล่ม ( $N=18$ )	81
ตาราง 4.21 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินของระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไผ่ ( $N=18$ )	83
ตาราง 4.22 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินของระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไผ่ที่เกิดดินถล่ม ( $N=18$ )	86
ตาราง 4.23 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร ( $N=12$ )	90
ตาราง 4.24 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร ( $N=12$ )	93
ตาราง 4.25 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระดับความลึก 30-60 เซนติเมตร ( $N=12$ )	96
ตาราง 4.26 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระดับความลึก 60-80 เซนติเมตร ( $N=12$ )	99
ตาราง 4.27 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระดับความลึก 80-110 เซนติเมตร ( $N=12$ )	102
ตาราง 4.28 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระดับความลึกมากกว่า 110 เซนติเมตร ( $N=12$ )	105
ตาราง 4.29 Factor loadings ระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินถล่ม	107
ตาราง 4.30 Factor loadings ระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เคยเกิดดินถล่ม	110
ตาราง 4.31 Factor loadings ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไผ่	113
ตาราง 4.32 Factor loadings ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไผ่ที่เคยเกิดดินถล่ม	116
ตาราง 4.33 Factor loadings คุณสมบัติดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร	119
ตาราง 4.34 Factor loadings คุณสมบัติดินที่ระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร	122
ตาราง 4.35 Factor loadings คุณสมบัติดินที่ระดับความลึก 30-60 เซนติเมตร	125
ตาราง 4.36 Factor loadings คุณสมบัติดินที่ระดับความลึก 60-80 เซนติเมตร	128
ตาราง 4.37 Factor loadings คุณสมบัติดินที่ระดับความลึก 80-110 เซนติเมตร	131
ตาราง 4.38 Factor loadings คุณสมบัติดินที่ระดับความลึกมากกว่า 110 เซนติเมตร	134
ตาราง 5.1 ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินและการซึมน้ำผ่านผิวดินในระบบนิเวศบริเวณแหล่งต้นน้ำ	139
ตาราง 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติดินและความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน (AWC)	140

## สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 2.1 แสดงสามเหลี่ยมทางที่ตั้งในเศรษฐกิจทางพื้นที่ของเวเบอร์	7
ภาพ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นประโยชน์ต่อพืชของความชื้นในดินกับระดับความชื้นของดิน	8
ภาพ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเติบโตของพืชกับระดับความชื้นของดิน	8
ภาพ 2.3 ภาพถ่ายดาวเทียม Quickbird ข้อมูลกับแบบจำลองความสูงเชิงเลข	19
ภาพ 2.4 กราฟแสดงเนื้อที่ป่าไม้และจำนวนประชากรระหว่างปี พ.ศ. 2544 และ 2552 ในตำบลแม่พุล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์	22
ภาพ 3.1 แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูง บริเวณพื้นที่ตำบลแม่พุลและตำบลฝายหลวง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์	27
ภาพ 3.2 แผนที่แสดงความสูงจากการดับน้ำที่เปล่าน้ำ บริเวณพื้นที่ตำบลแม่พุล และตำบลฝายหลวง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์	28
ภาพ 3.3 ตัวแทนของสถานีตรวจน้ำวัดสภาพภูมิอากาศบริเวณบ้านผาญูบ ตำบลแม่พุล อำเภอลับแล	33
ภาพ 4.1 การประชุมเฉพาะกลุ่ม ณ บ้านตัวแทนเครือข่ายเฝ้าระวังแจ้งเตือนภัยดินถล่มตำบลแม่พุล หมู่ 7 บ้านผาญูบ ตำบลแม่พุล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ เพื่อแนะนำโครงการวิจัย และซึ่งแลกความเป้าหมายของโครงการวิจัย และขอเข้าใช้พื้นที่	37
ภาพ 4.2 การใช้ที่ดินประเพณีหลักของตำบลแม่พุล	38
ภาพ 4.3 การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2555 บริเวณตำบลแม่พุล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์	39
ภาพ 4.4 สภาพพื้นที่ของแปลงศึกษาโครงการสร้างสังคมพืชของระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้	41
ภาพ 4.5 สภาพของแปลงศึกษาโครงการสร้างสังคมพืชของระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่เกิดดินถล่ม	41
ภาพ 4.6 สภาพของแปลงศึกษาโครงการสร้างสังคมพืชของระบบนิเวศวนเกษตรแบบสวนไม้ผลผสม	42
ภาพ 4.7 สภาพของแปลงศึกษาโครงการสร้างสังคมพืชของระบบนิเวศวนเกษตร แบบสวนไม้ผลผสมที่เกิดดินถล่ม	42
ภาพ 4.8 การติดตั้งสถานีวัดข้อมูลภูมิอากาศของ NECTEC ในพื้นที่ศึกษา	47
ภาพ 4.9 การติดตั้งเครื่องวัดความชื้นของดินและอุณหภูมิดินของ NECTEC ที่ความลึก 5 ระดับ	47
ภาพ 4.10 การติดตั้งเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนพร้อมเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ ของบริษัท THAI VICTORY	48
ภาพ 4.11 อัตอลักษณ์น้ำในดินตามความลึกดินในระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร	65
ภาพ 4.12 อัตอลักษณ์น้ำในดินตามความลึกดินในระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินถล่ม	66
ภาพ 4.13 อัตอลักษณ์น้ำในดินตามความลึกดินในระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้	67
ภาพ 4.14 อัตอลักษณ์น้ำในดินตามความลึกดินในระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่เกิดดินถล่ม	68
ภาพ 4.15 ความชุความชื้นสนาม จุดเที่ยว觀光 และความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินตาม ระดับชั้นความลึกดิน	69
ภาพ 4.16 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินโดยทั่วไป	75
ภาพ 4.17 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน ในระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร	77
ภาพ 4.18 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน ในระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เคยเกิดดินถล่ม	80

## สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพ 4.19 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน ในระบบนิเวศป่าเบญจพรพรรณผสมไฝ่	82
ภาพ 4.20 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน ในระบบนิเวศป่าเบญจพรพรรณผสมไฝ่ที่เกิดดินถล่ม	85
ภาพ 4.21 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระดับ ความลึก 0-10 เซนติเมตร	88
ภาพ 4.22 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระดับ ความลึก 10-30 เซนติเมตร	92
ภาพ 4.23 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระดับ ความลึก 30-60 เซนติเมตร	95
ภาพ 4.24 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระดับ ความลึก 60-80 เซนติเมตร	98
ภาพ 4.25 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระดับ ความลึก 80-110 เซนติเมตร	101
ภาพ 4.26 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระดับ ความลึกมากกว่า 110 เซนติเมตร	104
ภาพ 4.27 การวิเคราะห์ PCA ระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร	108
ภาพ 4.28 การวิเคราะห์ PCA ระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เคยเกิดดินถล่ม	111
ภาพ 4.29 การวิเคราะห์ PCA ระบบนิเวศป่าเบญจพรพรรณผสมไฝ่	114
ภาพ 4.30 การวิเคราะห์ PCA คุณสมบัติดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร	117
ภาพ 4.31 การวิเคราะห์ PCA คุณสมบัติดินที่ระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร	120
ภาพ 4.32 การวิเคราะห์ PCA คุณสมบัติดินที่ระดับความลึก 30-60 เซนติเมตร	123
ภาพ 4.33 การวิเคราะห์ PCA คุณสมบัติดินที่ระดับความลึก 60-80 เซนติเมตร	126
ภาพ 4.34 การวิเคราะห์ PCA คุณสมบัติดินที่ระดับความลึก 80-100 เซนติเมตร	129
ภาพ 4.35 การวิเคราะห์ PCA คุณสมบัติดินที่ระดับความลึกมากกว่า 110 เซนติเมตร	132
ภาพ 4.36 การวิเคราะห์ PCA คุณสมบัติดินที่ระดับความลึกมากกว่า 110 เซนติเมตร	135

บทที่ 1  
บทนำ

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในปัจจุบันความต้องการใช้น้ำมีปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นตามอัตราการเพิ่มน้ำของประชากร โดยปัญหาที่พบเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำในปัจจุบันของประเทศไทย ได้แก่ อุทกภัยและปัญหาภัยแล้ง การขาดหือบรรเทาปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้ด้วยการบริหารจัดการน้ำอย่างมีแบบแผน ความต้องการน้ำจากแหล่งทรัพยากรน้ำเกิดจากหลายกิจกรรมดังกล่าวข้างต้น ซึ่งในแต่ละกิจกรรมมีปริมาณความต้องการน้ำที่แตกต่างกัน และยังขึ้นอยู่กับความแปรปรวนของสภาพธรรมชาติที่มีผลต่อปริมาณน้ำต้นทุน โดยสิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นผลต่อความเสี่ยงในการขาดแคลนน้ำ หรือการเกิดภาระน้ำท่วม ดังนั้น การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดความเสี่ยง จากภัยพิบัติและให้เกิดประโยชน์สูงสุดจะต้องมีข้อมูลที่แม่นยำ ถูกต้อง รวมถึงต้องมีแนวทางที่เหมาะสมในการตัดสินใจ ทั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหรือภาวะโลกร้อนในปัจจุบันได้ส่งผลให้ลักษณะของฝนมีความรุนแรงมากขึ้นและการเกิดภาระฝนตกหนัก ย่อมส่งผลทำให้เกิดอุทกภัยและภัยพิบัติดินถล่มตามมาในพื้นที่เสี่ยงภัย ที่สำคัญเชิงพาณิชย์ที่มีการสะสมตัวของชั้นดินและชั้นทราย การแทรกตัวของน้ำในช่องว่างระหว่างเม็ดดินมีมากขึ้นทำให้ความดันระหว่างมวลเม็ดดินหรือทินเพิ่มสูงขึ้นตามมา เมื่อถึงจุดวิกฤตมวลดินหรือทินเหล่านี้ไม่สามารถคงสภาพเสถียรได้ ก็จะเกิดการวิบัติขึ้นเป็นภัยธรรมชาติ ดังนั้น การจัดการน้ำจึงเป็นภารกิจที่สำคัญมาก ทั้งน้ำดื่มน้ำประปาและน้ำที่ใช้ในภาคเกษตรกรรม ต้องมีการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ ลดการใช้น้ำที่ไม่จำเป็น เช่น การรักษาความชื้นในดิน ลดการใช้น้ำในภาคอุตสาหกรรม และการอนุรักษ์น้ำธรรมชาติ ที่สำคัญคือการอนุรักษ์น้ำธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นแม่น้ำ ลำธาร หนองคู ฯลฯ ที่มีคุณค่าทางชีวภาพและทางเศรษฐกิจ ต้องมีการรักษาและฟื้นฟูให้คงอยู่อย่างยั่งยืน ทั้งนี้ต้องมีการศึกษาและสำรวจทรัพยากรน้ำอย่างต่อเนื่อง 以便ทราบสถานะปัจจุบันและวางแผนการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งน้ำดื่มน้ำประปาและน้ำที่ใช้ในภาคเกษตรกรรม ต้องมีการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ ลดการใช้น้ำที่ไม่จำเป็น เช่น การรักษาความชื้นในดิน ลดการใช้น้ำในภาคอุตสาหกรรม และการอนุรักษ์น้ำธรรมชาติ ที่สำคัญคือการอนุรักษ์น้ำธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นแม่น้ำ ลำธาร หนองคู ฯลฯ ที่มีคุณค่าทางชีวภาพและทางเศรษฐกิจ ต้องมีการรักษาและฟื้นฟูให้คงอยู่อย่างยั่งยืน ทั้งนี้ต้องมีการศึกษาและสำรวจทรัพยากรน้ำอย่างต่อเนื่อง 以便ทราบสถานะปัจจุบันและวางแผนการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ

ในกรณีของ พื้นที่ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งเป็นพื้นที่เกษตรเศรษฐกิจที่สำคัญมากที่สุดแห่งหนึ่งของจังหวัดอุตรดิตถ์ พื้นที่ดังกล่าวมีสภาพเป็นสวนไม้ผลเศรษฐกิจผสมป่าไม้แบบวนเกษตรบนที่สูง โดยปะปนสลับกับผืนป่าธรรมชาติบริเวณแหล่งต้นน้ำของตำบลแม่พูลและตำบลอื่นๆ ในอีกหลายอำเภอของจังหวัดอุตรดิตถ์ โดยตำบลแม่พูลมีพื้นที่สวนไม้ผลเศรษฐกิจถูกทำลายถึง 4,992 ไร่ หรือ ร้อยละ 6.1 ของพื้นที่ตำบลแม่พูล (จรัณรร และประสีทธิ์, 2556; Boonyanuphap, 2013.) ผลกระทบที่มาจากการตัดไม้ดังกล่าว ทำให้เกิดการสูญเสียของชนิดพันธุ์ไม้เศรษฐกิจในท้องถิ่นที่มีคุณค่าทางนิเวศ การสูญเสียของระบบนิเวศที่สำคัญในดินที่จำเป็นต่อการควบคุมความสมดุลของระบบธรรมชาติ อีกทั้งการเปิดหน้าดินของพื้นที่เกิดดินถล่มเป็นการเร่งกระบวนการชะล้างพังทลายให้รุนแรงยิ่งขึ้นและเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดปัญหาคุณภาพน้ำและการหักดิบของตะกอนดินบริเวณแหล่งน้ำตามมา จึงส่งผลกระทบโดยตรงต่อกลุ่มของทรัพยากรน้ำที่มีอยู่เดิมภายในพื้นที่ซึ่งส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ในการผลิตภาคเกษตรกรรม

เหตุการณ์ดินถล่มที่เกิดขึ้นในระบบนิเวศวัฒนธรรมเกษตรและระบบนิเวศป่าธรรมชาติบริเวณแหล่งต้นน้ำของ ลำแม่น้ำปูล เป็นสาเหตุสำคัญของการสูญเสียมูลค่าทางสิ่งแวดล้อม รวมถึงบทบาทหน้าที่และการให้บริการของ ระบบนิเวศ เนื่องจากการเกิดดินถล่มได้ทำลายโครงสร้างและองค์ประกอบของระบบนิเวศที่มีอยู่เดิม ทำให้ กระบวนการและกลไกต่าง ๆ ของระบบนิเวศขาดความสมดุลไป โดยเฉพาะความสามารถในการเก็บกักน้ำในดิน และสมดุลน้ำของระบบนิเวศต้นน้ำ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาผลกระทบของดินถล่มที่มีต่อ

ความสามารถในการเก็บกักน้ำในดินของระบบนิเวศประเภทต่างๆ บริเวณแหล่งต้นน้ำ พร้อมทั้งศึกษาความสามารถ การเก็บกักน้ำในดินและสมดุลน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลภายในรอบปี โดยเฉพาะระบบนิเวศที่ได้รับความเสียหายจากดินถล่ม ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลสำคัญสำหรับประเมินความสามารถในการกักเก็บน้ำในดิน และนำมาใช้ในการคาดการณ์ปริมาณน้ำในดินที่พื้นแปรทั้งในเชิงพื้นที่และมีการเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลาภายในรอบปี นอกจากนี้ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและประชาชนในพื้นที่สามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนเพื่อค้นหาแนวทางหรือมาตรการที่เหมาะสมสำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ อันนำไปสู่การบรรเทาผลกระทบของภัยพิบัติดินถล่ม ต่อความสามารถของน้ำภายในพื้นที่ศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- (1) เพื่อศึกษาผลกระทบของดินถล่มที่มีต่อความสามารถในการเก็บกักน้ำในดินของระบบนิเวศประเภทต่างๆ บริเวณแหล่งต้นน้ำ
- (2) เพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการเก็บกักน้ำในดินที่มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลภายในรอบปี
- (3) เพื่อค้นหาแนวทางการบรรเทาผลกระทบจากการเก็บกักน้ำในดินบริเวณพื้นที่ต้นน้ำ บนฐานของการมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่น

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

### ■ เป็นองค์ความรู้ในการวิจัยต่อไป

ข้อมูลความรู้เกี่ยวกับผลกระทบของการการเกิดภัยพิบัติดินถล่มในระบบนิเวศประเภทต่างๆ ของพื้นที่ต้นน้ำ ตำบลแม่พูด และความรู้เกี่ยวกับความสามารถในการกักเก็บน้ำในระบบนิเวศประเภทต่างๆ ซึ่งจะเป็นองค์ความรู้ที่สามารถนำไปขยายผลเพื่อใช้เป็นต้นแบบสำหรับการประเมินสมดุลของน้ำ รวมถึงการวางแผนจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำอื่นๆ ต่อไป

**กลุ่มเป้าหมาย :** สถาบันอุดมศึกษา หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทรัพยากรน้ำ และภัยพิบัติ องค์กรพัฒนาเอกชน และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่ศึกษาและพื้นที่อื่น ๆ

### ■ เป็นประโยชน์ต่อประชากรกลุ่มเป้าหมาย

การสร้างความร่วมมือระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง และการพัฒนากระบวนการมีส่วนร่วมท้องถิ่น (ชุมชน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และคณะวิจัย) ในการเก็บรวบรวม วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการศึกษาวิจัย จะเป็นจุดเริ่มต้นของการสร้างความเข้มแข็งให้แก่ชุมชนท้องถิ่นและเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้แก่ชุมชน โดยชุมชนสามารถค้นหาแนวทางการปรับเปลี่ยนวิถีชุมชน ท้องถิ่น อีกทั้งองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นสามารถนำผลการวิจัยมาเป็นข้อมูลฐานในการวางแผนลดผลกระทบจากดินถล่มที่มีต่อความสามารถในการเก็บกักน้ำในดินของระบบนิเวศ บริเวณแหล่งต้นน้ำ

**กลุ่มเป้าหมาย:** รายวุฒิและกลุ่มเกษตรกรในท้องถิ่น รวมถึงองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ องค์กรบริหารส่วนตำบลแม่พูด และเทศบาลตำบลหัวดง ตำบลแม่พูด อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาเกี่ยวกับบทบาทหน้าที่ด้านการเก็บกักน้ำในดิน (Soil water storage) ของระบบนิเวศประเทศหลักในพื้นที่ต้นน้ำภายใต้ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากภัยพิบัติดินถล่มในบริเวณแหล่งต้นน้ำของพื้นที่ตำบลแม่พูล อำเภอตับแต จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยเฉพาะระบบนิเวศป่าเบญจพรรณ ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไผ่ และระบบวนเกษตรแบบสวนไม้ผลสมบูรณ์ที่แหล่งต้นน้ำ ทั้งนี้ การศึกษาระบวนการทางอุทกวิทยาเชิงปริมาณและการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำในดินภายใต้ระบบนิเวศแต่ละประเภทที่ปรากฏอยู่ภายในพื้นที่ลุ่มน้ำรวมถึงการประเมินความสามารถในการเก็บกักน้ำในดิน ทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการคาดการณ์ความสามารถในการกักเก็บน้ำในแต่ละส่วนของระบบนิเวศ ได้แก่ น้ำในสวนเนื้อพื้นดิน น้ำผิวดิน น้ำในดิน และน้ำใต้ดิน ที่เกิดความผันแปรทั้งในเชิงพื้นที่และการเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลาภายในการรับปี อันนำไปสู่การสร้างสมดุลของน้ำในระบบนิเวศแหล่งต้นน้ำของพื้นที่ศึกษา อีกทั้งยังสามารถคาดการณ์ความสมดุลของน้ำที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงไปภายใต้สถานการณ์ที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศต่อไปในอนาคต

อนึ่ง การวิจัยครั้งนี้ได้เน้นการเสริมสร้างกระบวนการจัดการทรัพยากร่น้ำร่วมกันของชุมชนท้องถิ่น โดยกลุ่มผู้มีส่วนได้เสียหรือผู้ที่เกี่ยวข้องและคณะวิจัยจะร่วมกันออกแบบกระบวนการวิจัย การสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลและการทวนสอบข้อมูลจากชุมชนท้องถิ่น จนถึงการร่วมกันศึกษาแนวทางการจัดการทรัพยากร่น้ำบริเวณแหล่งต้นน้ำเพื่อวางแผนบรรเทาผลกระทบของภัยพิบัติดินถล่มในอนาคต โดยใช้กระบวนการประชาเสนาหาทางออกหรือการจัดเวทีนโยบายสาธารณะในประเด็นด้านการบริหารจัดการทรัพยากร่น้ำที่เหมาะสมในบริเวณแหล่งต้นน้ำของพื้นที่ตำบลแม่พูล

#### การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

##### 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำในดินกับพืช

###### (1) ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำในดินกับพืช

สำหรับคุณสมบัติของดินและสภาพแวดล้อมที่สัมพันธ์กับปริมาณความชื้นในดินมีดังนี้

1. ข้อมูลด้านภูมิอากาศ (Climatic data) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช ได้แก่
  - 1.1 อุณหภูมิ (Temperature) ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ในแต่ละเดือน
  - 1.2 ความชื้น (Humidity) เป็นความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ซึ่งหมายถึง ปริมาณน้ำในอากาศ (Vapour Pressure) ในขณะนั้นเปรียบเทียบกับน้ำในอากาศที่อิ่มตัว
  - 1.3 ความเร็วลม (Wind speed) ได้แก่ ความเร็วรายวันของลม
  - 1.4 ปริมาณน้ำฝน (Rain) ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน
  - 1.5 แสง (Radiation) ได้แก่ ความเข้มของแสง ณ บริเวณที่ปลูกพืชวัดได้โดย Solarimeter หรือความยาวของช่วงแสงใน 1 วัน (Daily sunshine duration)

## 2. เนื้อดิน

เนื้อดิน เป็นคุณสมบัติของดินที่บ่งบอกถึงความหยาบหรือความละเอียดของดิน ดินที่มี อนุภาค ทรายเป็นส่วนประกอบมากเรียกว่า ดินเนื้อหินยาน ส่วนดินที่มีอนุภาคดินเหนียวมากเรียกว่า ดินเนื้อละเอียด หลักในการแบ่งประเภทเนื้อดินใช้ปริมาณอนุภาคทราย (Sand) อนุภาคทรายแบ่ง (Silt) และอนุภาคดินเหนียว (Clay) ในดินเป็นตัวจำแนกประเภท ส่วนขนาดของอนุภาคต่างๆในดิน แบ่งตามระบบของกระทรวงเกษตรศาสตร์ซึ่งมีรากฐานและระบบสากล เนื้อดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำเป็นอย่างมาก ดินที่มีเนื้อละเอียดจะอุ้มน้ำได้มากกว่าดินเนื้อหินยานหรือดินทราย แต่ดินเนื้อหินยานจะมีการระบายน้ำออกจากดินได้ ต่ำกว่าดินเหนียว

## 3. โครงสร้างของดิน

โครงสร้างของดิน แสดงลักษณะของการจัดเรียงตัวและการเชื่อมต่อกันของอนุภาค เดียวหรืออนุภาคปูมภูมิของดินเกิดเป็นเม็ดดิน (Soil aggregate) และเม็ดดินเหล่านี้จะยึดกันเป็นรูปทรงต่าง ๆ โครงสร้างของดินกำหนดตามรูปร่าง ขนาด และความคงทนต่อการแตกแยกของเม็ดดิน โครงสร้างของดินมีผลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำในดินและอุ่นภัยในดิน อัตราการซึมของน้ำลงในดิน ตลอดจนการแผ่กระจายของรากพืช ดังนั้นจึงควรมีการปรับปรุงโครงสร้างของดินในเขตราชพืช อย่างสม่ำเสมอ โครงสร้างของดินที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชมักเกิดขึ้นในดินชั้นบนที่เคยมีการไถพรวนมาบ้างแล้วเป็นดินโปร์ง ร่วนซุย เหมาะแก่การเพาะปลูก โครงสร้างชนิดต่างๆของดินเกิดจากการเชื่อมต่อกันของอินทรีย์วัตถุและรากพืช เช่นพืชจำพวกหญ้าและพืชตระกูลถั่ว แต่การดำเนินการเขตกรรมเพื่อการปลูกพืช เช่น การไถ การคราดและการพรวนดินมากๆแล้วมีผลในเชิงทำลายโครงสร้างของดินแบบทั้งสิ้นจึงควรกระทำมิให้มากเกินจำเป็น

## 4. ความโปร่งและความแน่นทึบของดิน

ความโปร่งและความแน่นทึบของดิน คือ ปริมาตรทั้งหมดของช่องว่างที่มีอยู่ในดิน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรทั้งหมดของดินมักจะเรียกว่า ความพรุนรวม (Total porosity) สำหรับดินที่มีช่องว่างมากจะเป็นดินโปร์งแต่ถ้ามีช่องว่างน้อยถือว่าเป็นดินแน่นทึบ เม็ดดินที่เหมาะสม สำหรับการปลูกพืชควรมีช่องว่างในดินร้อยละ 50 โดยปริมาตร แต่เนื่องจากช่องว่างแต่ละขนาดมี คุณสมบัติแตกต่างกันดังนี้สัดส่วนของช่องว่างขนาดต่าง ๆ ที่เหมาะสมควรเป็น ช่องว่างขนาดใหญ่:ช่องว่างขนาดกลาง:ช่องว่างขนาดเล็ก คือ 5 : 4 : 1 ปริมาตรและขนาดของช่องว่างในดินขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคของดิน (ตาราง 2.1) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินและโครงสร้างของดิน ตัวอย่างเช่นดินที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ได้เกิดดินทรายจะมีช่องว่างขนาดใหญ่จำนวนมากแต่ปริมาตรของช่องว่างรวมในดินทรายมีน้อย ในขณะที่ดินที่มีอนุภาคขนาดเล็กเช่นดินเหนียวมีขนาดของช่องว่างขนาดเล็กจำนวนมากแต่ช่องว่างขนาดใหญ่มีน้อยทำให้ปริมาตรของช่องว่างรวมในดินเหนียวมีมาก

การเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินจะทำให้ดินร่วนซุยขึ้นหรือทำให้ดินโปร์งขึ้นสาเหตุ เพราะ อินทรีย์วัตถุในดินเป็นสิ่งที่ช่วยทำให้ดินจับตัวเป็นเม็ดดินขนาดใหญ่ทำให้เกิดช่องว่างในดินเพิ่มขึ้น ดังนั้นการส่งเสริมให้ใช้ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยอินทรีย์ต่าง ๆ จะเป็นแนวทางการปรับปรุง คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดินให้ดีขึ้นเป็นการประหยัดปุ๋ยเคมีที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

ตาราง 2.1 ขนาดช่องว่างในดินและคุณสมบัติของช่องว่าง

ขนาด	สัมผัสคุณย์กลางของช่องว่าง (มม.)	สมบัติของช่องว่าง
ใหญ่	มากกว่า 0.01	น้ำซึมผ่านช่องว่างในดินได้่าย ช่องว่างเหล่านี้ เป็นที่อยู่ของอากาศและน้ำในดิน
กลาง	0.0002-0.01	น้ำถูกดูดยึดเอาไว้ได้และพืชนำน้ำขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้เมื่อต้องแห้งช่องว่างนี้เป็นที่อยู่ของอากาศ
เล็ก	น้อยกว่า 0.0002	ดินดูดยึดน้ำไว้ได้ด้วยร่างหนีวัวแน่น พืชนำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ ช่องว่างนี้จะสูญเสียน้ำเมื่อต้องแห้งมาก

## 5. ความลึกของดิน

ความลึกของดิน หมายถึง ความลึกของชั้นดินที่รากพืชสามารถเจริญเติบโตได้ ถ้าดินมีชั้นความลึกมากแสดงว่าดินนั้นสามารถอุ่มน้ำไว้ได้มากกว่าดินที่มีชั้นความลึกน้อยกว่าโดยต้อง มีคุณสมบัติอย่างอื่นๆ เมื่อกัน และดินที่มีความลึกมากจะทำให้รากพืชกระจายได้กว้างและลึก หากซึ่งมีผลต่อความถี่ในการให้น้ำแก่พืช ชั้นความลึกของดินแบ่งเป็น 4 ชั้นความลึกคือ ดินตื้นมาก ดินตื้น ดินลึกปานกลาง และดินลึก ดังแสดงในตาราง 2.2

ตาราง 2.2 ชั้นความลึกของดิน

ระยะความลึก (นิ้ว)	ชั้นความลึก
0-10	ดินตื้นมาก
10-20	ดินตื้น
20-40	ดินลึกปานกลาง
40-60	ดินลึก

### (2) ประเภทของน้ำในดิน

ความสามารถแบ่งชนิดของน้ำในดินตามความสามารถของดินที่ยึดน้ำไว้ได้ 3 ชนิดตามระดับของน้ำที่ถูกดินดูดยึดไว้ตั้งแต่ชั้นนอกเข้าไปถึงชั้นในที่ติดกับเม็ดดินตั้งนี้

1) น้ำอิสระ (Gravitational water หรือ Free water) น้ำที่อยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ด ดินจะถูกแรงดึงดูดของโลกดึงลงสู่ที่ต่ำกว่าต่ำลงเวลา ประกอบกับน้ำที่อยู่ในช่องว่างขนาดใหญ่ แรงดึงดูดระหว่างน้ำที่ขังอยู่ตรงกลางของช่องว่างระหว่างเม็ดดินจะน้อยกว่าในช่องว่างที่มีขนาดเล็ก ดังนั้นถ้าแรงดึงดูดเหนี่ยวระหว่างน้ำและดินน้อยกว่าแรงดึงดูดของโลก น้ำในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน นั้นจะหลงสู่ที่ต่ำกว่า จึงเรียกน้ำในดินชนิดนี้ว่า น้ำอิสระ น้ำชนิดนี้ถ้าอยู่ในดินชั้นบนนานๆ จะเป็นอันตรายต่อพืชที่ปลูก เพราะจะทำให้รากพืชขาดออกซิเจนสำหรับหายใจ จึงต้องระบายนอกและ ถ้าน้ำอิสระไหลเข้ามากจะเป็นตัวการล้างธาตุอาหารพืชให้สูญเสียออกไปจากดิน

2) น้ำซับ (Capillary water) เป็นน้ำที่เกิดจากสภาพเมื่อฝนหยุดตกหรือหยุดให้น้ำแก่พืช น้ำอิสระได้ถูกระบายนอกสู่ส่วนล่างของชั้นดินแล้ว ใช้เวลาประมาณ 24-48 ชั่วโมง น้ำที่อยู่ใน ช่องว่างของดินขณะนี้จะถูกอนุภาคดินดูดยึดน้ำซับไว้มีค่าประมาณ 1/3 บาร์ และเรียกความชื้นในขณะนี้ว่าความชื้นชลประทาน หรือความชื้นในสนาม (Field capacity)

3) น้ำเยื่อ (Hygroscopic water) เป็นน้ำที่เกาะติดกับอนุภาคของผิวดินและพบว่า เป็นขั้นที่บางมาก พืชไม่สามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ แรงดูดยึดของอนุภาคดินที่มีต่อน้ำมี ค่าประมาณ 31 บาร์

น้ำในดินทั้ง 3 ชนิดที่กล่าวมานี้ น้ำที่มีความสำคัญกับการเพาะปลูกคือ น้ำซับและ น้ำอิสระ ส่วนน้ำเยื่อ นั้นพืชใช้ประโยชน์ไม่ได้

### (3) ระดับความชื้นที่สำคัญของดิน

น้ำในดินมีหลายชนิด แต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ดังนั้นการนำน้ำในดินไปใช้ประโยชน์จึงต้อง พิจารณาจากระดับความชื้นในดินซึ่งแบ่งความชื้นในดิน ออกเป็น 4 ชนิดดังนี้

1. ระดับความชื้นที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (Water-saturated) คือปริมาณน้ำในดินที่เกิดขึ้นมื่อ ซึ่งว่างระหว่างเม็ดดินทั้งหมดถูกแทนที่ด้วยน้ำ ถ้าดินมีความสามารถในการระบายน้ำได้ดีแล้ว ปริมาณน้ำในช่องว่างขนาดใหญ่จะเคลื่อนที่ลงไปข้างล่างเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกในเวลาไม่นานนัก

2. ความชื้นชลประทานหรือความชื้นในสนาม (Field capacity) หมายถึงความชื้น ของดินที่ เหลืออยู่ในดินหลังจากที่น้ำอิสระได้ถูกระบายนอกไปจากช่องว่างขนาดใหญ่หมดแล้ว หรือเป็นปริมาณน้ำมากที่สุด ที่ดินสามารถดูดยึดไว้ได้โดยไม่ให้หลั่งตามแรงดึงดูดของโลกลงสู่ด้านล่างในสภาพเช่นนี้ซึ่งว่างขนาดเล็กจะมีน้ำขังอยู่เต็ม แต่มีอาการศอยู่เต็มซึ่งว่างขนาดใหญ่ ในทางปฏิบัติมักจะถือว่าในดินที่มีการระบายน้ำดี ปริมาณความชื้นหลังจากฝนตกหนักหรือหยดให้น้ำแล้ว 2-3 วัน เป็นความชื้นชลประทานหรือความชื้นในสนาม โดยทั่วไปแรงดึงความชื้นที่จุดความชื้นชลประทานมีค่าประมาณ 1/3 บรรยายกาศ แต่ค่าแรงดูดความชื้นนี้เปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะของเนื้อดินคือดินเนื้อหยาจะมีค่าแรงดึงความชื้นประมาณ 1/10 บรรยายกาศ และดินเหนียวหรือดินคุ่นข้างหนึวยังมีค่าประมาณ 0.6 บรรยายกาศ

ความชื้นชื้นในสนามหรือความชื้นชลประทานเป็นระดับความชื้นสูงสุดของดิน โดยน้ำในดินทุกส่วนที่จุดนี้จะอยู่ภายใต้อำนาจดูดยึดของดิน ความชื้นชื้นในสนามจึงเป็นความชื้นสูงสุด ในการดูดยึดความชื้น (Maximum moisture retention capacity) ของดิน หรือกล่าวได้ว่าดินนิดหนึ่งที่อยู่ในสภาพธรรมชาติจะดูดยึดความชื้นไว้ได้ไม่เกินความชื้นชื้นในสนามของดินนิดนั้น จึงเรียกความชื้นชื้นในสนามว่าเป็นพิกัดบน (Upper limit) ของความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available moisture content)

การวัดค่าความชื้นชื้นในสนามโดยตรงค่อนข้างจะยุ่งยากและไม่สะดวกในทางปฏิบัติการหาค่าความชื้นชื้นในสนามนั้นประมาณค่าจากการวัดเบอร์เซ็นต์ความชื้นที่ความเครียด 1/3 บรรยายกาศของดินซึ่งทำการทดลองได้ในห้องปฏิบัติการโดยใช้ Pressure cooker โดยนำตัวอย่างดินจำนวนหนึ่งที่ผึ่งจนแห้งในร่ม (Air dry soil sample) และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. นำมาทำให้อิ่มตัวด้วยน้ำแล้วใช้แรงผลักขนาด 1/3 บรรยายกาศ กระทำต่อน้ำในดิน น้ำส่วนที่ทัน แรงผลักนี้ไม่ได้จะไหลออกจากดิน น้ำส่วนที่เหลืออยู่ในดินจะสมดลุกับความเครียด 1/3 บรรยายกาศ เมื่อนำดินไปหาความชื้นจะได้ “เบอร์เซ็นต์ความชื้นที่แรงดึงความชื้น 1/3 บรรยายกาศ ของดิน”

3. ความชื้นที่จุดเหี่ยวคลาย (Permanent wilting point) คือความชื้นในดินเมื่อพืชไม่สามารถดูดมาใช้ได้เพียงพอ กับการหายน้ำและพืชเริ่มมีอาการเหี่ยวคลายอย่างถาวร ระดับความชื้นที่จุดเหี่ยวคลายนี้ถือว่า เป็นพิกัดล่างสุด (Lower limit) ของความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช การหาค่าความชื้นที่แรงดึงความชื้น 15

บรรยายการ ของตินนั้นวิธีที่นิยมใช้คือ ใช้ Pressure membrane apparatus วิธีการนี้เหมือนกับการหาความชื้นที่ แรงดึงความชื้น 1/3 บรรยายการ ต่างกันที่ใช้อากาศมีความดัน 15 บรรยายการ แทนที่จะใช้แรงดัน 1/3 บรรยายการ และใช้แผ่น membrane แทนที่แผ่น Ceramic plate

4. ระดับความชื้นในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available moisture content; AMCO) คือ ผลต่าง ระหว่างความชื้นของดินในขณะนี้กับความชื้นที่จุดเที่ยวเฉาถาวรของดินนั้น เป็นสิ่งที่ แสดงถึงปริมาณความชื้น ในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินในขณะนั้น

ถ้ากำหนดให้ MC เป็นความชื้นของดินในขณะนั้น (Moisture content)

PWP เป็นความชื้นที่จุดเที่ยวเฉาถาวร (Permanent wilting point)

จะได้  $AMCO = MC - PWP$

ดังนั้น เมื่อความชื้นในดินมากขึ้น ความชื้นในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะมากขึ้นด้วย แต่ ในดินชนิด หนึ่งๆ จะดูดยึดความชื้นไว้ได้ไม่เกินความจุความชื้นสนามของดินนั้น เมื่อความชื้นใน ดินมากขึ้นจนถึงความจุ ความชื้นในสนามแล้ว ความชื้นในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะมีมากที่สุด เพราะเมื่อความชื้นในดินเกินความจุ ความชื้นในสนามแล้ว น้ำส่วนเกินนี้จะถูกแรงดึงดูดของโลกดึงลงสู่ดินชั้นล่างเกินระยะรากพืชจะดูดมาใช้ประโยชน์ ได้ จึงเรียกผลต่างระหว่างความจุความชื้นสนามกับความชื้นที่จุดเที่ยวเฉาถาวรของดินชนิดหนึ่งว่า ความจุความชื้น ที่เป็นประโยชน์ (Available moisture capacity; AMCA) ค่ามีแสดงถึงปริมาณความชื้นสูงสุดที่เป็นประโยชน์ต่อ พืช ที่ดินนั้นจะมีได้

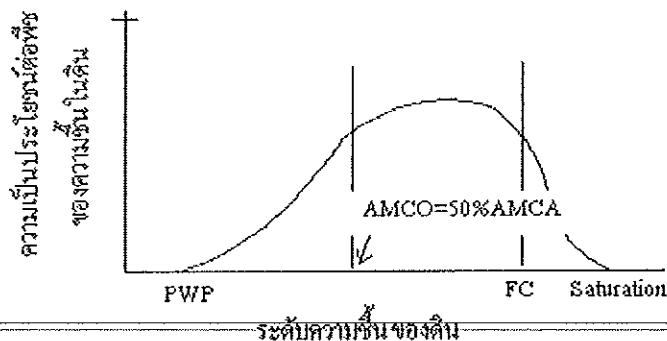
ถ้ากำหนดให้ FC เป็นความจุความชื้นสนาม (Field capacity)

PWP เป็นความชื้นที่จุดเที่ยวเฉาถาวร (Permanent wilting point)

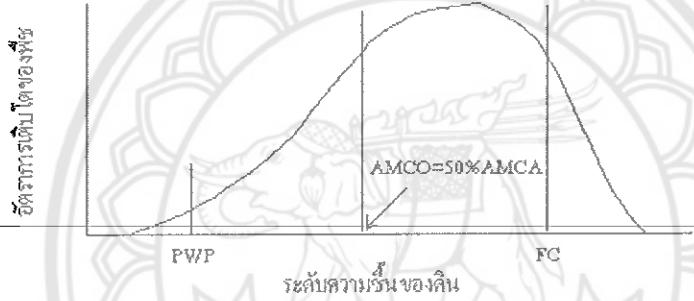
จะได้  $AMCA = FC - PWP$

ความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (AMCO) ของดินชนิดหนึ่งในขณะเวลาหนึ่งเป็นสิ่งที่แสดงถึงปริมาณที่ แท้จริงของความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่มีอยู่ในดินในขณะนั้น และมักจะไม่เท่ากับความจุความชื้นที่เป็น ประโยชน์ (AMCA) ของดินนั้น เพราะในขณะหนึ่งๆ ดินอาจดูดยึด ความชื้นไว้ได้เต็มที่หรือไม่เต็มที่ก็ได้ และ บางครั้งอาจมีความชื้นที่เกินจำนวนจุดดูดของดินอยู่ใน ดินด้วย

ความชื้นที่ดินดูดยึดไว้ในช่วงตั้งแต่จุดเที่ยวเฉาถาวรจนถึงความจุความชื้นสนามของดินนั้น พืชจะดูดไปใช้ ประโยชน์ได้ไม่เท่ากัน โดยความชื้นตั้งแต่ขณะที่ดินมีความชื้นเท่ากับความชื้นสนามพืชดูดไปใช้ได้ย่านาก แต่เมื่อความชื้นในดินลดลงตามลำดับจากความจุความชื้นในสนาม พืชจะดูดความชื้นที่เหลือไปใช้ประโยชน์ได้ยาก มากขึ้นโดยลำดับ เพราะพลังงานที่ดินดูดยึดความชื้นไว้ในแต่ละหน่วยความชื้นนั้นจะสูงมากขึ้นเมื่อระดับความชื้น ของดินลดลง ด้วยเหตุนี้จึงเรียกความชื้นที่อยู่ในช่วง 75 เบอร์เซ็นต์แรกของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ของดินตั้งแต่ความจุความชื้นในสนามลงไปว่า “ความชื้นที่พร้อมจะเป็นประโยชน์ต่อพืช” (Readily available moisture) ดังนั้นในการควบคุมความชื้นในดินที่ใช้ปลูกพืช มักจะไม่ปล่อยให้ระดับ ความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ในดินต่ำกว่า 50 เบอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อ พืชของดินนั้น ดังแสดงในภาพ 2.1 และ ภาพ 2.2



ภาพ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นประโยชน์ต่อพื้นที่ของความชื้นในดินกับระดับความชื้นของดิน



ภาพ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเติบโตของพืชกับระดับความชื้นของดิน

#### (4) การตรวจวัดความชื้นในดิน

ระดับความชื้นภายในดินมีความสำคัญต่อการจัดการเรื่องน้ำทั้งการกำหนดเวลาและปริมาณน้ำที่จะต้องให้แก่พืช ตลอดจนการปฏิบัติในการดูแลรักษาและการเขตกรรม เช่นการได้ พรวนдинจะต้องมีความชื้นพอเหมาะสมทั้งการให้น้ำแก่พืชเมื่อระดับความชื้นในดินไม่เหมาะสม จะทำให้ได้ผลผลิตต่ำและประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชต่ำไปด้วย ดังนั้นการตรวจวัดความชื้นในดินจึงเป็นสิ่งสำคัญและต้องทำอย่างถูกต้อง

การให้น้ำแก่พืชจะต้องเริ่มทำเมื่อความชื้นของดินลดลงเหลือน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของความชื้น ความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินนั้นแต่ต้องไม่ต่ำกว่าความชื้นที่จุดวิกฤตหรือต่ำกว่า 25% ของความชุกความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินนั้น โดยเราจะต้องทราบค่าความชื้นของดินและความชื้นที่จุดให้iy เฉลาร์ การหาค่าความชื้นทั้งสองจุดนี้ให้ได้จากห้องปฏิบัติการซึ่งต้องใช้เครื่องมือและเทคนิคพิเศษ ผู้ปฏิบัติงานในสนามสามารถเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่การเกษตรที่ทำงานอยู่ส่งไปวิเคราะห์ได้ที่ฝ่ายดินด้านวิทยาศาสตร์ สำนักวิจัยและพัฒนา

ในการที่จะรู้ว่าความชื้นในดินลดลงໃกสัมภ์จุดวิกฤตหรือยังนั้น จะต้องมีการตรวจวัด ความชื้นของดินในเขตราชพืชก่อน เพื่อประเมินว่าดินมีความชื้นอยู่เท่าใด วิธีการหาความชื้นในดิน ทำได้ 3 วิธีคือ

### 1. การวัดความชื้นในดินโดยตรงจากการซึ่งและอุปกรณ์

การตรวจวัดความชื้นของดินโดยการซึ่งน้ำหนัก ทำได้โดยเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก ต่างๆ ในเขตราชพืชและที่จุดต่างๆ ในแปลงเพาะปลูก นำมาซึ่งแล้วอุปกรณ์ที่แห้งในเตาอบซึ่งมีอุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าดินนั้นแห้ง น้ำหนักของดินไม่ลดลงอีก จากนั้นนำไปซึ่งน้ำหนักของดิน แห้ง น้ำหนักที่หายไปของดินในการซึ่งทั้งสองครั้งคือ

### 2. การวัดความชื้นในดินโดยทางอ้อมโดยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์

เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้หาค่าความชื้นในดินจะทำให้ทราบค่าความชื้นในดินทันทีที่วัดในส่วน มีอยู่หลายชนิด เช่น แห่งวัดความชื้น หรือ เครื่องเทนซิโอมิเตอร์ (Tensiometer) เครื่องวัดความชื้นด้วยไฟฟ้า (Electrical resistance instruments) เครื่องวัดความชื้นแบบวัดการแผ่กระจายของนิวตรอน (Neutron moisture meter) สำหรับเทนซิโอมิเตอร์ เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดค่า Moisture potential ของน้ำในดิน (Soil water) สำหรับการใช้งานในการชลประทานจะฝังเทนซิโอมิเตอร์ลงในดินประมาณ 1/3 ของความลึกของขั้นรากพืช(ประมาณ 20 ซม. สำหรับพืชรากตื้น เช่น ผักต่างๆ) ถ้าค่าที่อ่านได้จากเทนซิโอมิเตอร์ถึงระดับที่จะต้องให้น้ำแก่พืชตั้งแสดงในตาราง 3 จะเริ่มให้น้ำแก่พืช โดยให้น้ำจนกระทั่งถึงระดับความชื้นชลประทาน สำหรับไม้ผลจะฝังเทนซิโอมิเตอร์ให้ลึกที่ระดับ 1/3 และ 2/3 ของระดับความลึกขั้นรากพืช เช่น ระยะรากพืช 90 ซม. จะฝังไว้ลึก 30 และ 60 ซม.ตามลำดับ ถ้าค่า Moisture potential ที่อ่านได้จากเทนซิโอมิเตอร์ต่ำนักถึงระดับที่จะต้องให้น้ำชลประทานแต่ตัวถ่างยังไม่ถึงระดับต้องให้น้ำก็จะให้น้ำชลประทานถึงจุดความชื้นชลประทานเฉพาะช่วงความลึก 0-30 ซม. เท่านั้น แต่ถ้า Moisture potential ที่อ่านได้จากเทนซิโอมิเตอร์ ทั้งสองระดับถึงจุดต้องให้น้ำชลประทาน ก็จะให้น้ำตลอดช่วงความลึก 0-60 ซม. จนถึงความชื้นชลประทาน (ตาราง 2.3)

ตาราง 2.3 The moisture potential reading from tensiometer for irrigation in some crops

Crop	Moisture potential reading from tensiometer for irrigation (Centibars)
Vegetable	600-700
Sweet corn	500-750
Carrot	550-650
Tomato	750
Orange	200-750

### 3. การวัดความชื้นในดินโดยอุปกรณ์และความรู้สึกสัมผัส

วิธีนี้เป็นวิธีตรวจวัดความชื้นของดินอย่างง่าย รวดเร็ว สามารถทำได้ด้วยตนเองไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบ เกษตรและผู้ที่ทำงานด้านน้ำสามารถฝึกฝนให้ชำนาญได้ วิธีนี้ กระทำโดยการเจาะดินด้วยสว่านเจาะดินหรือใช้พลั่วขุดดินในระดับความลึกต่าง ๆ ในเขตราชพืชและที่จุดต่าง ๆ ในพื้นที่ที่ต้องการทราบมาตรวจดูโดยการใช้ความรู้สึกจากการสัมผัสด้วยมือจะทำให้ทราบความชื้นของดิน โดยประมาณว่ามีความชื้นในดินเหลือสำหรับพืชเท่าใด ถ้ามีความชำนาญกับลักษณะของดินที่ระดับความชื้นต่างๆ กันดีพอแล้ว ก็จะสามารถบอกได้ทันทีว่าดินในขณะนั้นแห้งหรือไม่ได้หรืออย่าง อายุ่ไรงค์ตามวิธีนี้เป็นเพียงการประมาณความชื้นของดิน

เท่านั้น แต่ก็สามารถกำหนดการให้น้ำแก่พืชได้ถูกต้องพอควร สำหรับแนวทางการตรวจความชื้นในดินโดยวิธีสัมผัส ว่ามีความชื้นเหลืออยู่ประมาณเท่าใดแสดงอยู่ในตาราง 2.4

ตาราง 2.4 ลักษณะและความรู้สึกสัมผัสของดินที่มีความชื้นที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ในระดับต่างๆ

ความชื้นที่พืชนำไปใช้ ได้ที่มีอยู่ในดิน	ลักษณะและความรู้สึกสัมผัส			
	ดินเนื้อหยาบ เป็นก้อน	ดินเนื้อค่อนข้าง เป็นก้อน	ดินเนื้อปานกลาง เป็นผงหรือ แตกเป็นผง	ดินเนื้อละเอียดและ ละเอียดมาก
1 เปอร์เซ็นต์	แห้งร่วน ไม่เกาะกัน เป็นก้อน	แห้ง ร่วน ไม่เกาะ กันเป็นก้อน	แห้งเป็นผงหรือ แตกเป็นผง	แห้ง แข็ง มีรอย แตก ร้าวบางที่มี ก้อนร่วน เล็กๆ บน ผิวน้ำ
50 เปอร์เซ็นต์	ดูแห้ง กำให้แห่นใน เมื่อ ไม่เป็นก้อน	ดูแห้ง กำให้แห่น ในเมื่อไม่เป็นก้อน	ค่อนข้างร่วนแต่กำ ให้ แห่นจะเกาะกัน เป็น ก้อนได้	ค่อนข้างนุ่ม กำให้ แห่นเป็นก้อนได้
50 ถึง 75 เปอร์เซ็นต์	ดูแห้ง กำให้แห่นใน เมื่อ ไม่เป็นก้อน	กำให้แห่นเป็น ก้อนได้แต่แตก ง่ายไม่เกาะกัน	กำเป็นก้อนได้ ค่อนข้างเหนียวเมื่อ <sup>ก้อน</sup> บีบจะลื่นเล็กน้อย	กำเป็นก้อนใช้นิ้วเดียว เป็นแผ่นบางๆ ได้
75 เปอร์เซ็นต์ถึงจุด ความชื้นชลประทาน	เกาะกันบ้าง กำเป็น ก้อนแต่แตกง่าย	กำเป็นก้อนแต่ แตกง่าย	กำเป็นก้อน อ่อนนุ่ม มาก ถ้ามีดินเหนียว มากจะลื่น	ริดเป็นแผ่นระหว่าง นิ้วเมื่อได้ย่าง รู้สึก ลื่น
ที่จุดความชื้น <sup>*</sup> ชลประทาน	บีบไม่น้ำออกมา	เหมือนดินเนื้อ หยาบ	เหมือนดินเนื้อ หยาบ	เหมือนดินเนื้อ หยาบ
เกินจุดความชื้น <sup>*</sup> ชลประทาน	สลัดในเมื่อมีน้ำ กระเด็น ออกมา	น้ำดินจะมีน้ำ ออกมาน้ำ	บีบจะมีน้ำออกมา	เป็นโคลนมีน้ำบนผิว

#### (5) อัตราการแทรกซึมของน้ำเข้าไปในดิน (Infiltration rate)

ความชื้นหรือน้ำที่ดินได้รับมักจะมาจากภายนอกดิน “ได้แก่ น้ำฝนและน้ำชลประทาน การเคลื่อนที่ของน้ำจากภายนอกผิวดินเข้าไปในดินตามช่องว่างระหว่างเม็ดดินด้วยแรงดึงดูดของโลก” เรียกว่า “การดูดซึมน้ำของดิน (Infiltration)” ส่วนอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินต่อหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า “อัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน (Intake rate หรือ Infiltration rate)” สำหรับการศึกษาการให้ลงของน้ำตามแนวดิ่งเล็กลงไปในหน้าดินหลังจากที่เข้าไปในผิวดินแล้วในห้องปฏิบัติการโดยใช้ดินที่ผ่านการบดแล้วเรียกว่า การซับซึมลง (Percolation) การซึมของน้ำผ่านผิวดินแต่ละชนิดเป็นข้อมูลสำคัญในการให้น้ำแก่พืช เพราะไม่ควรให้น้ำในอัตราที่เกินกว่าอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน จะทำให้เกิดการชะล้างการให้ลงไปบนผิวดิน

Infiltration rate มีค่าสูงสุดเมื่อผิวดินเริ่มได้รับน้ำ เพราะดินมีความชื้นน้อยและอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินจะลดลงตามเวลา เนื่องจากดินเริ่มอิ่มตัวด้วยน้ำและเกือบคงที่ตลอดไปจนกว่าจะหยุดการให้น้ำแก่ดิน ซึ่งใช้ในการกำหนดอัตราการให้หลังของน้ำชลประทานเข้าไปในแปลงเพาะปลูก อัตราการซึมของน้ำผ่าน ผิวดินจำแนกเป็น 7 ระดับ ดังแสดงในตาราง 2.5 และอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินของดินประเภทต่าง ๆ แสดงในตาราง 2.6

#### ตาราง 2.5 การจำแนกอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

ชั้นของการซึมซาบน้ำของดิน	น้ำต่อชั่วโมง
1. ข้ามมาก	น้อยกว่า 0.05
2. ชา	0.06-0.20
3. ค่อนข้างชา	0.20-0.60
4. ปานกลาง	0.60-2.00
5. ค่อนข้างเร็ว	2.00-6.30
6. เร็ว	6.30-20.00
7. เร็ว	มากกว่า 20

ที่มา : สมเจตน์ จันทวัฒน์, 2526

#### ตาราง 2.6 อัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินชนิดต่าง ๆ

เนื้อดิน	อัตราการซึมของน้ำ (มม.ต่อชั่วโมง)
1. ดินราย	สูงกว่า 20
2. ดินร่วนปนทราย	10-20
3. ดินร่วน	5-10
4. ดินเหนียว	1-5

#### (6) ศักยภาพของน้ำในดิน

เฉลิมพล (2535) ได้ศึกษาพัฒนาระบบและการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินและในต้นพืช โดยสามารถอธิบายได้ด้วยหลักของพลังงานศักย์ของน้ำ (Water potential) นั้นเอง น้ำมีพลังงานน้ำจะเคลื่อนที่จากที่มีพลังงานศักย์ (Potential energy) สูงกว่าไปยังที่มีพลังงานศักย์ต่ำกว่า พลังงานศักย์ของน้ำหรือของเหลวใดๆ จะเบรียบเทียบกับพลังงานศักย์ของน้ำที่บริสุทธิ์ น้ำในต้นพืชและในดินมักจะเป็นน้ำที่ไม่บริสุทธิ์ เนื่องจากมีสิ่งถูกคละลâyต่างๆ ปะปนอยู่ นอกจากรากน้ำยังมีแรงยึดเหนี่ยวหรือแรงต้านทานต่างๆ ต่อการเคลื่อนที่ของน้ำนั้น ด้วยเหตุนี้น้ำในพืชและในดินจึงมีพลังงานศักย์ต่ำกว่าของน้ำบริสุทธิ์ พลังงานศักย์ของน้ำในพืชและดิน เรียกว่า ศักยภาพของน้ำ ใช้สัญลักษณ์  $\Psi_W$  (psi) ซึ่งอธิบายถึงแรงต่อหน่วยพื้นที่ หน่วยที่ใช้วัดศักยภาพของน้ำ คือบาร์ (Bars) หรือ พาสคัล (pascal:Pa)

$$1 \text{ บาร์ (bar)} = 10^5 \text{ พาสคัล (Pa)} \text{ หรือ } 102 \text{ กิโลพาสคัล (kPa)} \text{ } X = 0.99 \text{ atm}$$

น้ำบริสุทธิ์จะมีพลังงานศักย์ หรือศักยภาพของน้ำ ( $\Psi_W$ ) = 0 บาร์ (bar) ดังนั้นน้ำในพืชและดินจะมีศักยภาพของน้ำต่ำกว่า 0 นั้นหมายความว่าจะมีค่าเป็นลบ เมื่อค่าลบยิ่งมากแสดงว่าศักยภาพของน้ำยิ่งต่ำศักยภาพของน้ำในพืช และในดินเป็นผลที่เกิดจากหลายองค์ประกอบดังสมการ

$$\Psi_W = \Psi_m + \Psi_s + \Psi_p + \Psi_z$$

$\Psi_m$  = พลังงานกำกับก้อนดิน (Matrix potential) เป็นแรงที่ยึดน้ำไว้ไม่ให้หลุดร่อง ดูดซับ (Absorption) หรือ แรงแคนปิลารี (Capillarity) ดังนั้นถ้าจะทำให้น้ำที่ถูกยึดไว้นี้เคลื่อนที่ได้จะต้องใช้แรงจำนวนหนึ่งดังนั้นค่านี้จึงมีค่าเป็นลบ

---

$\Psi_s$  = พลังงานกำกับตัวละลาย (Solute potential หรือ Osmotic potential) เป็นแรงยึดโมเลกุลของน้ำเนื่องจากความเข้มข้นของน้ำนั้น ค่านี้มีค่าเป็นลบเช่นกัน

$\Psi_p$  = พลังงานความดัน (Pressure potential) เป็นแรงชนิดหนึ่งเรียกว่า พลังงานขับน้ำ (Hydrostatic pressure) มีค่าเป็นบวก แรงนี้มีความสำคัญน้อยมากสำหรับน้ำในดิน แต่มีบทบาทสำคัญมากสำหรับพืช

$\Psi_z$  = เป็นแรงยึดที่เกิดจากแรงดึงดูดของโลก (Gravitational potential) มีค่าเป็นลบและเป็นแรงที่น้อยมากสำหรับพืชต้นเตี้ย แต่จะมีความสำคัญบ้างสำหรับพืชต้นสูง

#### (7) ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน

ราภพีซจะเจริญไปในดินบริเวณที่มีความชื้น และคุณน้ำจันกระทั่งศักยภาพของน้ำในดินนั้นลดลงถึงระดับวิกฤติ จากนั้นราภพีซจะไม่สามารถดูดน้ำได้อีกต่อไป ส่วนของน้ำในดินที่ราภพีซสามารถดูดไปใช้ได้นี้เรียกว่า น้ำที่เป็นประโยชน์ (Available water) ซึ่งจะมีอยู่ระหว่างระดับความชื้นในดินที่จุดอิมตัวด้วยน้ำของดินหรือความชื้นความชุสนา (Field capacity, FC) และจุดเหี่ยວตัวร (Permanent wilting point, PWP)

ปริมาณของน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินขึ้นอยู่กับชนิดของดิน ดินที่มีเนื้อดินเนียนิยามากกว่าจะสามารถอุ้มน้ำส่วนนี้ไว้ได้มากกว่า เช่น ดินร่วนปนเหนียว (Clay loam) จะมีเปอร์เซ็นต์น้ำที่เป็นประโยชน์อยู่ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) เปรียบเทียบกับดินทรายละเอียดจะมีอยู่เพียงประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น

ถ้าจะคิดคำนวณเป็นปริมาณน้ำในดินตั้งกล่าว ในรูปของปริมาตรแล้วจะได้ประมาณ 17 และ 8 เซนติเมตร ต่อ ความลึกของดิน 1 เมตร สำหรับดินร่วนปนเหนียว และดินทรายละเอียด ตามลำดับ ศักยภาพของน้ำในดิน ( $\Psi_{soil}$ ) ขึ้นอยู่กับพลังงานกำกับก้อนดิน ( $\Psi_m$ ) และพลังงานกำกับตัวละลาย ( $\Psi_s$ ) เป็นประการสำคัญ และค่าศักยภาพของน้ำในดินนี้สัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ความชื้นความชุสนา และจุดเหี่ยວตัวร คือความชื้นความชุสนาของดิน จะมีค่า  $\Psi_{soil}$  ประมาณ -0.1 ถึง -0.3 บาร์ (Bars) และที่จุดเหี่ยວตัวรจะมีค่า  $\Psi_{soil}$  ประมาณ -15 ถึง -20 บาร์ (Bars) แต่โดยทั่วไปจะยอมรับกันที่ -15 บาร์ (Bars) น้ำที่จุดเหี่ยວตัวรมีความสำคัญต่อพืชน้อยมาก เพราะว่าน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชประมาณร้อยละ 70 จะอยู่ระหว่างความชื้นความชุสนา และ -5 บาร์ (Bars) (เฉลิมพล, 2535)

น้ำในดินที่รากพืชสามารถดูดไปใช้ได้เรียกว่า น้ำที่เป็นประโยชน์ เป็นปริมาณน้ำที่อยู่ระหว่างจุดพิกัดบน กับจุดพิกัดล่าง สำหรับจุดพิกัดบน (Upper limit) หมายถึงความชื้นที่เหลือ หลังจากการให้น้ำแก่ดิน จนเปียก แล้วปล่อยให้มีการระบายออกจากดินเป็นเวลา 2-3 วัน จากผลการศึกษาดินในเขตต้อนพบร่วมกับความชื้นที่จุดนี้ส่วนใหญ่มีค่าพลังงานกำกับก้อนดินที่  $-0.1$  ถึง  $-0.2 \times 10^5$  พาสคัล (Pa) เดิมเคยเรียกความชื้นในระดับนี้ว่าความชื้นส่วนที่พืชแสดงอาการเหล่าวา ความชื้นที่พืชดูดจากดินไม่ทันกับอัตราสูญเสียน้ำโดยกระบวนการขยายตัวเป็นความชื้นที่พลังงานกำกับก้อนดินมีค่า  $-15 \times 10^5$  พาสคัล (Pa) การกำหนดค่าความชื้นนี้เป็นจุดพิกัดล่างเป็นการกำหนดจากสมบัติของดินอย่างเดียว (สุนทรี, 2529)

สุนทรี (2529) กล่าวว่าจากแนวความคิดเดิม น้ำในดินที่เป็นประโยชน์ที่พืชนำไปใช้ได้ คือ ช่วงจากจุดพิกัดบน ซึ่งคำศัพท์เดิมที่เรียกกันติดปากในหลายสาขางาน คือ ค่าความชื้นที่ความชุสนาณถึงจุดพิกัดล่าง ซึ่งมักหมายถึง ค่าความชื้นที่จุดเหล่าวา แต่เข้าใจว่าน้ำในดินในช่วงจากพิกัดบนถึงพิกัดล่างนี้ มีความเป็นประโยชน์ต่อพืชเท่ากันทุกส่วน แต่ในงานทดลองระยะห่างเริ่มปรากฏยืนยันข้อดังนี้ โดยเฉพาะ Richards and Wadleigh (1952) ได้พิสูจน์ว่า ความเป็นประโยชน์ของน้ำจะลดลงเมื่อความชื้นลดลงและพืชจะแสดงผลการขาดน้ำโดยมีผลผลิตลดลงเมื่อความชื้นลดลงจากพิกัดบนไปเรื่อย ๆ โดยยังไม่ต้องถึงจุดเหล่าวา ความคิดนี้ได้ปรับให้มีการเปลี่ยนแปลงวิธีการทดลอง ประมาณ ในยุคหลังต่อมาว่า ให้พืชใช้น้ำได้ 25 เปอร์เซ็นต์ หรือ 50-60 เปอร์เซ็นต์ ของช่วงความชื้นที่เป็นประโยชน์ (ข้อมูลกับความต้องการใช้น้ำของพืช) ที่จะเริ่มให้น้ำชลประทานถึงจุดพิกัดบนใหม่

#### (8) จุดพิกัดบนของความเป็นประโยชน์

จุดพิกัดบนของความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินเดิมใช้คำว่าความชื้นที่ความชุสนาณ ซึ่งหมายถึง ความชื้นที่เหลือในดินหลังจากให้น้ำแก่ดินจนเปียกแล้วปล่อยให้มีการระบายน้ำออกจากดินจนกระบวนการระบายน้ำนั้นช้ามากโดยที่จะเป็นเวลา 2-3 วัน หลังจากให้น้ำ ฉะนั้นค่าความชื้นที่ความชุสนาณจึงเป็นค่าโดยประมาณจะกำหนดค่าแน่นอนเชิงปริมาณไม่ได้ ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดดินและสภาพของเขตบนและขอบเขตล่างของดิน ในระยะแรกพบร่วมเป็นค่าความชื้นที่ประมาณ  $-0.33 \times 10^5$  พาสคัล (Pa) แต่ในระยะหลังได้พยายามยกเลิกการใช้คำจำกัดความของคำว่าความชื้นที่ความชุสนาณ ความชื้นที่  $1/3$  บรรยายกาศ และความชื้นสมมูลย์ เพื่อลดความเข้าใจผิดที่ว่า หมายถึง ความชื้นที่จุดใดแน่ และผลการศึกษาดินในเขตต้อนพบร่วมกับความชื้นที่ความชุสนาณนั้น ส่วนใหญ่มีค่าพลังงานกำกับก้อนดินที่  $-0.1$  ถึง  $-0.2 \times 10^5$  พาสคัล (Pa) แทนที่จะเป็น  $-0.33 \times 10^5$  พาสคัล (Pa) ดังนั้นเพื่อลดความสับสนจะต้องกำหนดค่าความชื้นที่จุดพิกัดบนนั้นผู้ศึกษาหมายถึงความชื้นที่ค่าพลังงานเท่าได้ (สุนทรี, 2529)

#### (9) จุดพิกัดล่างของความเป็นประโยชน์

ค่าความชื้นที่จุดพิกัดล่างมักเรียกว่า จุดเหล่าวา ซึ่งได้แก่ความชื้นของดินในบริเวณรากพืชที่หนาแน่นขณะที่พืชแสดงอาการเหล่าวา เป็นความชื้นขณะที่พืชได้น้ำจากดินไม่ทันกับอัตราที่พืชสูญเสียน้ำโดยกระบวนการขยายตัว และมักกำหนดว่าเป็นความชื้นของดินที่พลังงานกำกับก้อนดินมีค่า  $-15 \times 10^5$  พาสคัล (Pa) ซึ่ง การกำหนดจุดเหล่าวาเป็นค่าความชื้นที่พลังงานค่าหนึ่งนี้ มีความเห็นคัดค้านมาก เพราะความจริงแล้วที่พลังงาน  $-15 \times 10^5$  พาสคัล (Pa) นั้นไม่ใช่ว่าพืชทุกชนิดจะเหลือทน ยังมีปัจจัยอื่นเกี่ยวข้องด้วย แต่การกำหนดค่าความชื้น

ที่จุดพิกัดล่างเป็นการกำหนดจากคุณสมบัติของดินอย่างเดียว ซึ่งจะถูกต้องกว่า ดังนั้นจึงกำหนดให้ความชื้นที่พลังงานกำกับก้อนดินที่  $-15 \times 10^5$  พาสคาล (Pa) เป็นจุดพิกัดล่างของความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน

#### (10) ปริมาณน้ำในดิน

จะวัดค่าปริมาณน้ำในดินที่ความลึกระยะต่างๆ ในหน้าตัดเพื่อใช้คำนวนปริมาณน้ำทั้งหมดของหน้าตัดดิน ณ เวลาหนึ่งๆ การแสดงค่าปริมาณน้ำในดินแสดงได้ทั้งแบบขั้นกับผลที่ต้องการใช้ได้แก่ ปริมาณน้ำสัดส่วน เชิงมวล ปริมาณน้ำสัดส่วนเชิงปริมาตร สัดส่วนอัมตัวด้วยน้ำ ปริมาณน้ำเทียบเป็นความสูงของชั้นน้ำ และปริมาณน้ำเก็บกักตลอดหน้าตัด ปริมาณน้ำรูปต่างๆ แสดงไว้ด้วยสมการดังนี้ (สุนทรี, 2536)

ปริมาณน้ำสัดส่วนเชิงมวล

$$\theta_m = \frac{M_w}{M_s}$$

$M_w$  = มวลของน้ำที่ระยะไป กิโลกรัม

$M_s$  = มวลดินรอบแห้ง กิโลกรัม

ปริมาณน้ำสัดส่วนเชิงปริมาตร

$$\theta_v = \frac{V_w}{V}$$

$V_w$  = ปริมาตรน้ำในดินทั้งก้อน ลูกบาศก์เมตร

$V$  = ปริมาตรรวมของดินทั้งก้อนลูกบาศก์เมตร

สัดส่วนอัมตัวด้วยน้ำ

$$S = \frac{V_w}{V_s} \text{ (สัดส่วน)}$$

$V_w$  = ปริมาตรน้ำในดิน

$V_s$  = ปริมาตรของสัดส่วนที่เป็นช่องว่างในดิน

ความสูงของชั้นน้ำ

$$dw = \theta v \times d \text{ เมตร}$$

$\theta$  = ปริมาณน้ำเชิงปริมาตรต่อหน่วยพื้นที่ ( $V_w/\text{Area}$ )

$D_b$  = ความลึกของชั้นดินที่ต้องการทราบค่าปริมาณน้ำในดิน

ปริมาณน้ำที่เก็บกัก

$$S = \sum idw$$

$S$  = ค่ารวมความสูงของชั้นน้ำของดินแต่ละชั้น

ในด้านการชลประทานปริมาณน้ำที่นิยมใช้อยู่ในรูปของความสูงของน้ำ และปริมาณน้ำเก็บกัก ความสูงของน้ำเป็นการบอกถึงปริมาตรน้ำในดิน คือ หนึ่งหน่วยพื้นที่เท่านั้นที่จะเป็นต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรเหมือนค่าสัดส่วนน้ำเชิงปริมาตร ความสูงของน้ำจะวัดเป็นค่าสำหรับชั้นดินแต่ละชั้นซึ่งมักจะเป็นชั้นที่เก็บตัวอย่างดินมาวัดความชื้น และโดยที่ปริมาณน้ำในดินแต่ละชั้นความลึกจะมีค่าแตกต่างกันไป ฉะนั้นดินแต่ละชั้นจะมีค่าความสูงของน้ำไม่เท่ากันด้วย เมื่อร่วมค่าความสูงของน้ำของดินแต่ละชั้นเข้าด้วยกันจะได้ค่าปริมาณน้ำเก็บกักตลอดหน้าตัดความลึกปริมาณน้ำเก็บกักเป็นค่าหนึ่งที่ใช้มากในการประเมินการใช้น้ำของพืชและการกำหนดการชลประทาน การวางแผนชลประทานเบื้องต้นจะคำนวนปริมาณน้ำที่ให้ตามความสามารถของดินที่จะเก็บน้ำไว้ให้พืชใช้ได้ คือให้น้ำแก่ดินจนเต็มความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดิน กำหนดการให้น้ำครั้งต่อไปจะขึ้นกับอัตราการรายเรือน้ำของพืชว่าได้ใช้น้ำจากดินจนหมดถึงระดับที่ต้องให้น้ำแก่ดินครั้งใหม่

สุนทรี (2529) เส้นอัตลักษณ์ของน้ำในดิน (Soil water characteristic curve or Moisture retention curve) คือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกำกับก้อนดิน (Matric potential) กับปริมาณน้ำที่มีอยู่ในดิน หากเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการใช้น้ำของพืชเส้นอัตลักษณ์จะคลุมช่วงพลังงานกำกับก้อนดินตั้งแต่ 0 ถึง  $-15 \times 10^5$  พาสคัล (Pa) ในช่วงแรกจากสภาพดินอิ่มตัวด้วยน้ำ การลดค่าพลังงานลงไปเรื่อยๆ จะพบว่ามีการระบายน้ำออกจากดินเพียงเล็กน้อยจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งเรียกว่า จุดรั่วอากาศ (Breakthrough or air-entry potential) ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญอย่างหนึ่งของวัตถุพูนทั้งหลาย กล่าวคือในช่วงแรกที่เริ่มระบายน้ำออกนั้น น้ำมาจากการที่ผิวน้ำในช่องว่างเริ่มเว้ามากขึ้นจากแรงกดของอากาศถึงจุดหนึ่งเมื่อความต่างศักย์มีมากพอ รัศมีผิวน้ำของน้ำจะโค้งกว่าขนาดของช่องว่างของดินที่ยึดน้ำนั้นอยู่ อากาศจะผ่านทะลุช่องว่างในดินได้ที่จุดรั่วอากาศนั้น จึงเป็นครั้งแรกที่อาณาเขตผ่านทะลุจากพืดดินด้านบนไปยังปลายอีกด้านหนึ่ง คือเป็นครั้งแรกที่มีลำvakat ต่อเนื่องเกิดขึ้นภายในดิน ในดินเนื้อหายาที่มีช่องว่างขนาดใหญ่เป็นหลักพลังงานที่จุดรั่วอากาศมักไม่แตกต่างจากที่จุดอิ่มตัวนัก (ที่ประมาณไม่เกิน  $-0.1 \times 10^5$  พาสคัล : Pa) และเส้นอัตลักษณ์มักแสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นอย่างเด่นชัดเมื่อเริ่มน้ำการระบายน้ำออกจากดินที่อิ่มตัว ในขณะที่ดินเนื้อละเอียดมีขนาดช่องว่างขนาดเล็กเป็นส่วนใหญ่ ต้องมีความแตกต่างของพลังงานค่อนข้างมาก (ประมาณที่  $-0.2$  ถึง  $-0.5 \times 10^5$  พาสคัล : Pa) กว่าอากาศจะผ่านทะลุเข้าไปในดินได้ในช่วงแรกของเส้นอัตลักษณ์ จากพลังงานศูนย์ถึงจุดรั่วอากาศ จึงเป็นช่วงที่ปริมาณความชื้นไม่ผันแปรตามค่าพลังงาน คือ ปริมาณความชื้นมีค่าเกือบจะคงตัว ขณะที่พลังงานกำกับก้อนดินลดลงไปเรื่อยๆ

หลังจากผ่านจุดรั่วอากาศไปแล้วความชื้นในดินจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเด่นชัดและสัมพันธ์โดยตรงกับค่าพลังงานกำกับก้อนดิน เมื่อน้ำระบายน้ำออกไปจากดินมากขึ้นน้ำจะหมดไปจากช่องว่างขนาดใหญ่ก่อนแล้วค่อยๆ หมดไปจากช่องว่างขนาดเล็กลงถัดไป ชั้นของน้ำรอบๆ อนุภาคดินก็จะบางขึ้นด้วย ทำให้ค่าพลังงานกำกับก้อนดินมีระดับต่ำ เมื่อน้ำในดินลดลงค่าพลังงานมักจะลดลงเร็วมากด้วย ตั้งนั้นที่พลังงาน  $-5$  ถึง  $-15 \times 10^5$  พาสคัล (Pa) จึงเป็นอีกช่วงหนึ่งที่มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นอย่าง

ในช่วงพลังงานกำกับก้อนดินค่าสูงๆ จากประมาณ 0 ถึง  $-1 \times 10^5$  พาสคัล (Pa) ยังมีน้ำอยู่มากตามช่องว่างขนาดต่างๆ ขนาดของช่องว่างซึ่งมีบทบาทสำคัญในการกำหนดแรงกระทำระหว่างก้อนดินกับน้ำขึ้นอยู่กับว่าน้ำอยู่ใกล้ผิวของอนุภาคดินมากน้อยเพียงใดในช่วงนี้ของเส้นอัตลักษณ์จึงขึ้นกับโครงสร้างของดินเป็นหลักอย่างไรก็ได้ในช่วงพลังงานน้อยกว่า  $-1 \times 10^5$  พาสคัล (Pa) ส่วนใหญ่น้ำจะเหลือเป็นเพียงชั้นบางๆ รอบอนุภาคดินตั้งนั้น ในช่วงนี้จึงขึ้นกับพื้นที่ผิวจำเพาะของดินและเนื้อดินเป็นหลักโดยเฉพาะความชื้นที่  $-15 \times 10^5$  พาสคัล (Pa) จะมีความสัมพันธ์อย่างมากกับปริมาณกุ่มขนาดตินหนึ่งในวันของดิน

## 2.2 สมการสมดุลของน้ำ

จากปริมาณน้ำที่มีอยู่บนโลกมีค่าแน่นอนและไม่สูญหาย ดังนั้นวงจรการเปลี่ยนแปลงและเคลื่อนไหวของน้ำในระบบบนโลกอาจถือได้ว่าเป็นระบบปิด แต่หากพิจารณาในบางส่วนของโลก ก็อาจไม่เป็นระบบปิดที่แท้จริง แต่มีลักษณะเป็นระบบเปิด เนื่องจากมีการเคลื่อนที่ของน้ำจากภายนอกเข้ามายังภัยในระบบ และจากภัยในระบบออกไปสู่ภายนอก ซึ่งสมดุลของน้ำสามารถพัฒนาได้จากการพิจารณาถึงองค์ประกอบของอุทกวิทยาที่อยู่ภายใต้ระบบพื้นที่แห่งนั้น สำหรับน้ำในวัฏจักรน้ำตามธรรมชาติเป็นระบบที่ใหญ่มาก แต่ในทางปฏิบัติแล้วมักจะทำการศึกษาอุทกวิทยาสำหรับลุ่มน้ำหนึ่งๆ เพื่อนั้น ดังนั้น สมดุลของน้ำ (Water balance) คือ การศึกษาปริมาณของน้ำฝนที่แปรสภาพเป็นปริมาณน้ำในลักษณะต่างๆ ของวัฏจักรน้ำ โดยสมดุลของน้ำ เป็นการศึกษาที่

มุ่งเน้นที่สัดส่วนของน้ำที่เป็นปริมาณน้ำฝน (P) ที่ตกลงในพื้นที่รับน้ำ แล้วจะถูกเก็บกักไว้ในดิน (S) และ/หรือ ปริมาณน้ำฝนที่คายระเหยกลับสู่บรรยากาศ (Et) และปริมาณน้ำฝนที่เป็นน้ำท่า (Q) ว่ามีมากน้อยเพียงใด (สมบูรณ์, 2546)

การศึกษาสมดุลของน้ำ เป็นการศึกษาเชิงปริมาณของปริมาณน้ำฝนที่แพร่สภาพไปในรูปต่างๆ ตามวัฏจักรน้ำ โดยวัดปริมาณน้ำที่เข้ามาในระบบ (Water input) น้ำที่ออกจากระบบ (Water output) และน้ำที่ถูกกักเก็บไว้ในดินภายในระบบ (Water storage change) ดังนั้น ตัวแปรในวงจรอุทกทิยา ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน (P) การคายระเหยน้ำกลับไปสู่ชั้นบรรยากาศ (Et) ปริมาณน้ำฝนที่เป็นน้ำท่าหรือน้ำไหลในลำธาร ณ จุดตรวจวัด (Q) และการเก็บกักน้ำในดิน (S) ทั้งนี้ ความสมดุลของปริมาณน้ำที่ไหลเข้า-ออก ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณการเก็บกักน้ำ (ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 2.7) สามารถเขียนเป็นสมการสมดุลของน้ำได้ดังนี้

$$Et = P - Q \pm \Delta S$$

$$\text{หรือ } P - \Delta R - \Delta G - E - T = \Delta S$$

โดยที่	$P$ = ปริมาณน้ำฝน (mm)	$E$ = การระเหยน้ำ (mm)
	$\Delta R$ = การไหลของน้ำผิวดิน (mm)	$T$ = การคายน้ำ (mm)
	$\Delta G$ = ปริมาณน้ำฝน (mm)	$\Delta S$ = ปริมาณน้ำที่ถูกเก็บกักไว้ในดิน (mm)

ตาราง 2.7 สมดุลน้ำในการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ของภาควันออกเฉียงเหนือ

ประเภทการใช้ที่ดิน	P (mm.)	Q (mm.)	S (mm.)	L (mm.)	Et (mm.)
ป่าดิบแล้ง	1,145.9	64.4	0.25	383.2	814.0
ป่าเต็งรัง	1,261.6	6.6	0.18	384.0	755.4
พื้นที่ใช้ประโยชน์ผสมผสาน	1,298.0	144.4	0.19	396.0	757.8
พื้นที่กรรังว่างเปล่า	1,410.1	470.8	0.22	230.0	708.9

ที่มา: Songwatana (1984)

P = Precipitation

L = Watershed Leakage

Q = Streamflow Discharge

Et = Evapotranspiration

S = Soil Moisture Storage

ขณะที่พื้นที่ต้นน้ำลำธารที่มีป่าปกคลุมตามธรรมชาติ กระบวนการหมุนเวียนของน้ำจะอยู่ในลักษณะที่สมดุล แต่ในปัจจุบันกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ในพื้นที่ต้นน้ำลำธารทำให้สมดุลของน้ำเปลี่ยนแปลงไป ประกอบกับจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ความต้องการการใช้น้ำในปัจจุบันมีเพิ่มมากขึ้นด้วย สำหรับสมดุลของน้ำหรือ งบน้ำ (Water balance) คือ ความสมพันธ์ของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและออกที่บริเวณใดบริเวณหนึ่งในระยะเวลาหนึ่ง (สมบูรณ์, 2546) โดยเป็นการศึกษาเชิงปริมาณของน้ำฝนที่แพร่สภาพไปในรูปต่างๆ ตามวัฏจักรน้ำนั้นเอง ขณะที่การศึกษาสมดุลของน้ำในทางการเกษตรจะเป็นการศึกษาการใช้น้ำของพืชเป็นส่วนใหญ่ (Crop Et) โดย

ศึกษาค่าความชันของดินด้วยการทดลองวัดค่าความชันของดินจากแปลงเพาะปลูก และกำหนดให้ดินมีคุณสมบัติทางกายภาพที่สม่ำเสมอตลอดความลึกของดินที่ทำการทดลอง อีกทั้งระดับน้ำใต้ดินอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำผิวดินมาก โดยมีสมการคำนวณความชันของดินดังนี้

$$SMC_x = SMC_{x-1} + P_x - Etc_x - Ro_x - D_x$$

โดยที่  $SMC_x$  = ความชันของดินวันที่  $x$        $SMC_{x-1}$  = ความชันของดินวันที่  $x - 1$

$P_x$  = ปริมาณน้ำฝนวันที่  $x$        $T$  = การคายน้ำ (mm)

$Ro_x$  = ปริมาณน้ำท่าผิวดินวันที่  $x$        $D_x$  = ปริมาณน้ำซึมเกินขั้นรากวันที่

### 2.3 สถานการณ์การเกิดแผ่นดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์

การเกิดอุทกภัยและดินถล่มในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์ เป็นผลเนื่องมาจากการอิทธิพลของร่องความกด อาจกาศที่กำลังค่อนข้างแรงที่พาดผ่านภาคเหนือตอนล่างในช่วงระหว่างวันที่ 21-23 พฤษภาคม 2549 ทำให้มีฝนตกหนักมากบริเวณพื้นที่อำเภอเมือง อำเภอลับแล และอำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยวัดปริมาณน้ำฝนสูงสุดได้ 330 มิลลิเมตร ที่อำเภอลับแล ทำให้เกิดดินถล่มและน้ำป่าไหลลงมาจากเข้าท่าวมในเขตพื้นที่ทั้ง 3 อำเภอ เป็นเหตุให้ประชาชนเสียชีวิต สิ่งสาธารณูปโภคและทรัพย์สิน พบว่า ในเขต 3 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมือง อำเภอลับแล และอำเภอท่าปลา ประสบอุทกภัยรวม 27 ตำบล 219 หมู่บ้าน 36,611 ครัวเรือน 127,283 คน เสียชีวิตร่วม 75 คน สูญหาย 28 คน บาดเจ็บ 937 คน และพบว่ามีความเสียหายด้านการเกษตร รวม 7 อำเภอ ซึ่งอำเภอลับแลมีพื้นที่นาข้าวและพื้นที่พืชสวนและไม้ผลเสียหายมากที่สุด รวม 26,243.75 ไร่ และในเขตอำเภอเมืองลับแลมีพื้นที่การเกษตรที่มีดินทับกม 5,994.75 ไร่ และเป็นพื้นที่บันยะชาที่มีดินถล่มประมาณ 20,550 ไร่ (สถานีพัฒนาที่ดินอุตรดิตถ์; 2550)

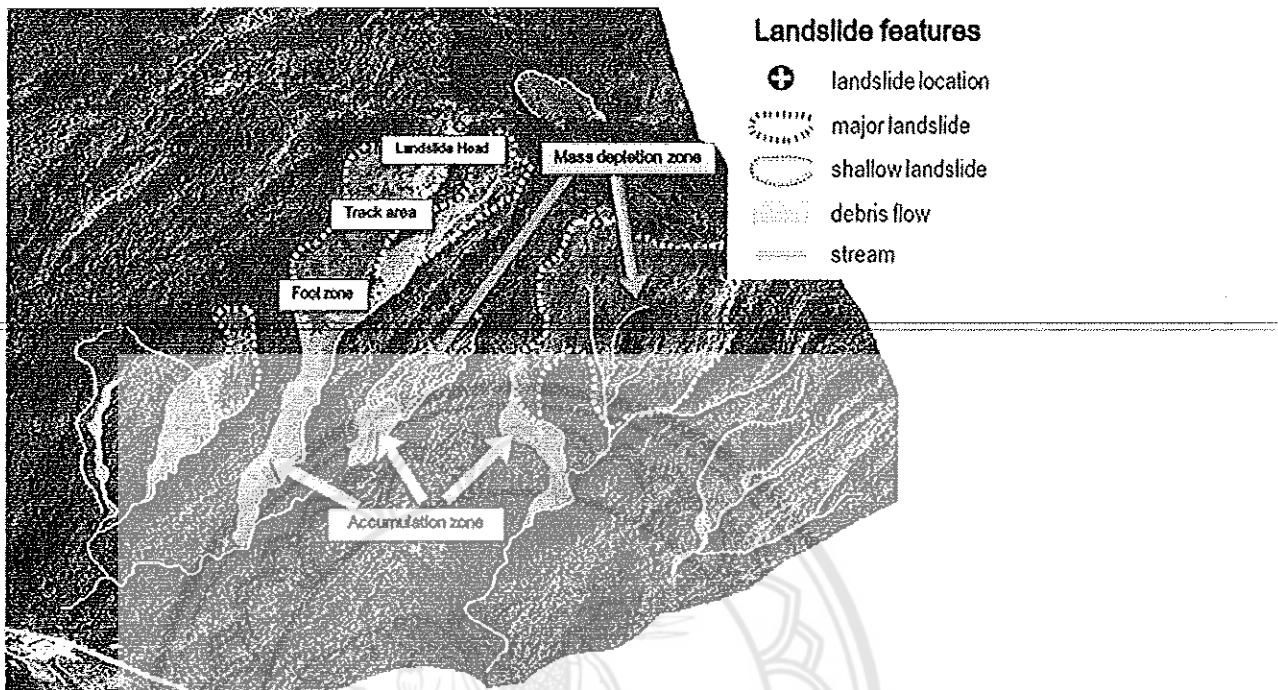
จากสถานการณ์อุทกภัยและดินถล่มดังกล่าว จึงมีการดำเนินการฟื้นฟูพื้นที่การเกษตรบางส่วนที่ได้รับความเสียหาย โดยมีวิธีการดำเนินการคือ มีการออกสำรวจพื้นที่การเกษตร โดยเจ้าหน้าที่ของกรมพัฒนาที่ดิน เข้าสำรวจพื้นที่การเกษตรที่ได้รับความเสียหายจากดินถล่มและพื้นที่ดอนล่างที่ถูกดินโคลนและเศษวัสดุต่าง ๆ ทับกม โดยจัดทำแผนที่ออร์บิสแสดงพื้นที่เกษตรกรรมประเภทต่าง ๆ ที่ได้รับผลกระทบ ตลอดจนหาแนวทางในการแก้ไขปัญหา เพื่อให้เกษตรสามารถใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกได้ โดยวิธีการสำรวจได้แบ่งพื้นที่ที่จะต้องปรับปรุงฟื้นฟูออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ พื้นที่นาข้าวในพื้นที่ที่รับลุ่มที่ถูกตะกอนดินทับกม พื้นที่นาข้าวตามทุบทหารหรือร่องห้วยที่ถูกตะกอนดินและเศษวัสดุทับกม พื้นที่สวนผลไม้ที่ถูกดินโคลนและเศษวัสดุทับกม พื้นที่ภูเขาที่ดินถล่มและเสียงภัยต่อการเกิดดินถล่ม โดยพื้นที่สวนผลไม้ที่ถูกดินโคลนและเศษวัสดุทับกม พบมากที่สุดในอำเภอลับแล สาเหตุเกิดจากดินถล่มในพื้นที่ภูเขาสูง และถูกกระแสน้ำพัดพาเอกราชกอนดินและเศษวัสดุต่าง ๆ ได้แก่ เศษชากตันไม้ ลงมาทับกมในพื้นที่สวนผลไม้ที่อยู่ในพื้นที่ดอนล่าง ความลึกของตะกอนตั้งแต่ 10 ซม. ถึง มากกว่า 150 ซม. รวมพื้นที่เสียหาย 7,227 ไร่ ตะกอนดินและเศษวัสดุที่ทับกมโคนตันและรอบทรงทุ่งของดันไม้ผล จะทำให้รากต้นไม้ขาด อาการหายใจ ส่งผลให้ต้นไม้เสียหายและตายได้ ซึ่งระยะเวลาขึ้นอยู่กับความหนาของตะกอนดิน อายุของต้นไม้และชนิดของไม้ผล โดยถางสาดและลองกองจะเป็นพืชที่ทนน้อยที่สุด ส่วนพืชที่ทนได้แก่ มังคุด มะปราง เป็น

ต้น ผลการวิเคราะห์ดินในบริเวณนี้พบว่า ธาตุอาหารพืชอยู่ในระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (อินทรีย์ต่ำ พอกฟอรัสต่ำ และโพแทสเซียมสูง) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน 5.9

### 2.3.1 ผลกระทบของดินถล่มต่อคุณสมบัติของดินและคุณภาพน้ำภายในหลังจากเกิดดินถล่ม

จัรันธ์ และ เสวียน (2552) ได้ศึกษาคุณสมบัติของดินและคุณภาพน้ำด้านเกษตรกรรมภายหลังจากการเกิดดินถล่มมาแล้วประมาณ 1 ปี ในบริเวณพื้นที่สวนไม้ผลสมบูรณ์ชั้นต่ำ เกือลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ พบว่า ดินถล่มส่งผลให้เกิดการสูญเสียของปริมาณธาตุอาหารและปริมาณอินทรีย์ต่ำในดินชั้นบนอย่างชัดเจน (ที่ระดับความลึกประมาณ 25 ซม. จากผิวดิน) โดยกระบวนการการเกิดดินถล่ม เริ่มต้นที่ส่วนบนสุดของพื้นที่ดินถล่ม (Landslide-head) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่เริ่มเกิดการเคลื่อนย้ายของมวลดินออกจากพื้นที่ (Mass movement) แล้ว ไหลลงมาตามความลาดชันด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก สำหรับบริเวณที่อยู่ตอนกลางของพื้นที่ดินถล่ม (Track area) เป็นบริเวณที่มีการสูญเสียชั้นดินมากที่สุด (Middle of mass depletion zone) โดยดินชั้นบน (Top soil) ซึ่งเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง (Fertile soil) จะถูกเคลื่อนย้ายให้หลงสู่บริเวณด้านล่างตามแรงโน้มถ่วงเข่นกัน จากการสำรวจภาคสนามพบว่า พื้นที่บางแห่งดินชั้นบนถูกเคลื่อนย้ายออกไปสักมากกว่า 50 ซม. จากผิวน้ำดิน ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของดินถล่มที่เกิดขึ้นในบริเวณนั้น ในขณะที่บริเวณด้านล่างของการเกิดดินถล่ม เป็นบริเวณเชิงเขาหรือด้านล่างของความลาดเท โดยบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณที่มีการสะสมของมวลและวัสดุหลายประเภท (Accumulation zone หรือ Debris flow area) ที่ถูกพัดพามาจากส่วนด้านบนของพื้นที่เกิดดินถล่ม (Upper and middle zones) ซึ่งมีทั้งมวลดิน หินหลากหลายขนาด ชากระดับน้ำมีและเศษห่อน้ำมี หรือเศษวัสดุต่างๆ สำหรับลักษณะของสภาพพื้นที่อันเนื่องจากดินถล่ม (Landslide feature) ที่แตกต่างกันทางตำแหน่งแสดงรายละเอียดในภาพ 2.3

นอกจากนี้ บริเวณพื้นที่ลาดชันหลายแห่งที่เกิดดินถล่มยังคงเป็นพื้นที่ปิดโล่ง โดยไม่มีพรรณพืชขึ้นปกคลุมทุกแห่งตามธรรมชาติ ซึ่งทำให้พื้นที่ดังกล่าวมีโอกาสที่จะเกิดดินถล่มชั้นใหม่ได้อีกในอนาคต (Additional landslide and secondary risk) และยังทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน (Soil erosion) ซึ่งจะส่งผลให้พื้นที่เกิดความเสื่อมโทรมได้รวดเร็วยิ่งขึ้นกว่าสภาพปกติ อย่างไรก็ตามความอุดมสมบูรณ์ของดินชั้nl่าง (Subsurface และ Subsoil layers) ในกำแพงลับแล หลังจากการเกิดแผ่นดินถล่มและมวลดินทับถม ไม่สามารถเห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจนนัก โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ราบลุ่ม เนื่องจากการแพร่ผ่านของลักษณะพื้นที่มีค่อนข้างสูง ซึ่งส่งผลถึงคุณสมบัติทางเคมีภysisของดินในแต่ละพื้นที่เป็นอย่างมาก ถึงแม้ว่าระดับธาตุอาหารในดินจะมีเพิ่มมากขึ้นหลังจากการเกิดมวลดินทับถมในพื้นที่สวนไม้ผลสมบูรณ์ที่ร้าน แต่พื้นที่หลายแห่งพื้นที่ดินที่ร้านเนื่องมาจากการเกิดดินชั้นบนถูกทับถมแน่นหนา ซึ่งพื้นที่บางแห่งถูกทับถมด้วยดินจากที่อื่นมีความหนาถึง 2 เมตร จึงส่งผลให้ดินรายน้ำเลว และบางแห่งเกิดสภาพน้ำท่วมขังในดิน รากของพืชขาดอากาศหายใจ การปรับปรุงสภาพดินที่มีปริมาณธาตุอาหารสูงแต่มีการระบายน้ำเลว จึงต้องปรับปรุงห้องคุณสมบัติทางกายภาพและโครงสร้างของดิน เพื่อให้ดินมีสภาพทั่วไปที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชเศรษฐกิจ



ภาพ 2.3 ภาพถ่ายดาวเทียม Quickbird ช้อนทับกับแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) แสดงลักษณะสภาพพื้นที่อันเนื่องจากดินถล่ม (Landslide feature) แบบสามมิติ บริเวณพื้นที่ตอนบนของหมู่ 11 บ้านมหาราช ตำบลแม่ปู่ อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ (จรัณธ และคณะ, 2554)

ผลกระทบของดินถล่มและมวลดินทับถมที่มีต่อคุณสมบัติของดินจะขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงและชนิดของการเกิดดินถล่ม เช่น ระดับความลึกของชั้นหน้าดินบนพื้นที่ลาดชันที่สูญหายไประหว่างดินถล่ม หรือบริเวณพื้นที่ราบที่มีการสะสมของมวลดินจากพื้นที่สูงกว่าเคลื่อนตัวมาทับถม เป็นต้น ซึ่งกระบวนการที่เกิดขึ้นเหล่านี้ จะส่งผลให้ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพเดิมก่อนการเกิดดินถล่ม นอกจากนี้ การคาดการณ์ถึงการเปลี่ยนแปลงของความอุดมสมบูรณ์ของดินหลังจากเกิดดินถล่มและมวลดินทับถม ค่อนข้างเห็นแนวโน้มที่ไม่ชัดเจนนัก เนื่องจากคุณสมบัติของดินหลังการเกิดดินถล่มและมวลดินทับถมจะมีความผันแปรค่อนข้างสูงอย่างไม่มีระบบ ซึ่งเกิดจากการผสมปนกันระหว่างสิ่งต่างๆ ที่ถูกเคลื่อนมาสะสมในดินชั้นบนแม้กระหัง สามารถพบเห็นได้ในพื้นที่ที่ไม่เกิดวัช曼ากนัก และคุณสมบัติของดินก่อนเกิดเหตุการณ์ดินถล่มอาจถูกเปลี่ยนไปสู่อีกพื้นที่อีกแห่งหนึ่งโดยขึ้นอยู่กับการจัดการพื้นที่เกษตรกรรมแต่ละแห่ง (Agricultural practices) ดังนั้น การคาดการณ์ผลกระทบของดินถล่มและมวลดินทับถมที่มีต่อพื้นที่เกษตรกรรมที่จะเกิดขึ้นในอนาคตจึงไม่สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้ความสมบูรณ์ครบถ้วนของฐานข้อมูลที่มีอยู่ในขณะนี้ ซึ่งผลการศึกษาของจรัณธ และ เสเวียน (2552) สามารถแสดงแนวโน้มในระยะสั้น (Temporal tends) ของคุณสมบัติของดินในพื้นที่เกิดดินถล่มและมวลดินทับถม โดยพิจารณาถึงสถานภาพในปัจจุบันของ

ปริมาณธาตุอาหารในดินที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชเศรษฐกิจ มีปริมาณลดลง และสภาพความเป็นกรดของดินเพิ่มมากขึ้น อよ่างไรก็ตาม ภัยหลังจากเกิดเหตุการณ์ดินถล่มมาแล้วประมาณ 3 ปี จรัญฯ และ ประสิทธิ์ (2553) ได้ประมาณการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางเคมีภysisของดินดังแสดงในตาราง 2.8

คุณภาพน้ำด้านการเกษตรในพื้นที่เกษตรกรรมหลังการเกิดดินถล่มและมวลดินทับกม พบร้า ปริมาณของแข็งที่มีอยู่ในแหล่งน้ำมีปริมาณสูงซึ่งเกินค่ามาตรฐานของคุณภาพน้ำเพื่อการเกษตร ในขณะที่ของแข็งแขวนลอยมีปริมาณไม่นักนัก แหล่งน้ำสำหรับการเกษตรในพื้นที่ศึกษามีปริมาณเหล็กและอุบัติสูงมากหลังจากการเกิดดินถล่ม โดยแหล่งน้ำและลำธารหลายแห่งมีสีสนิมเหล็ก ซึ่งเป็นเหล็ก Ferric Iron ที่อยู่ในสภาพที่ไม่ละลายน้ำ โดยปริมาณเหล็กและอุบัติสูงนี้ในแหล่งน้ำที่มีในระดับสูงนี้ อาจส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชเศรษฐกิจได้ โดยพืชอาจจะแสดงอาการเป็นพิษอันเนื่องมาจากปริมาณของหงหงเหล็กและอุบัติสูงมากเกินไป นอกจากนี้ปริมาณเหล็กและอุบัติสูงยังส่งผลถึงสภาพความเป็นกรดของดินที่เพิ่มมากขึ้นและการลดลงของปริมาณธาตุอาหารในดินอีกด้วย (จรัญฯ และ เสวียน, 2552)

ตาราง 2.8 สรุปผลการประมาณการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางเคมีภysisของดินภายหลังจากเกิดดินถล่มมาแล้ว 3 ปี

Attributes	Soil depth					
	0-5 cm		20-25 cm		50-70cm	
	Slope	Flat	Slope	Flat	Slope	Flat
ความเป็นกรดด่างของดิน (Soil pH)	--	0	0	0	0	0
อินทรีย์วัตถุ (Soil organic matter)	--	-	--	++	0	+
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	-	-	-	+	+++	+++
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avia. P)	---	--	+	0	0	+++
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. K)	-	0	0	-	0	-
แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.Ca)	---	--	--	+	+	0
แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.Mg)	-	0	0	0	+	0
ความเป็นกรดทั้งหมด (Total acidity)	+	-	0	-	-	0

ที่มา: จรัญฯ และ เสวียน (2552)

หมายเหตุ: Slope: สวนไม้ผลสมบูรณ์สูงชัน, Flat: สวนไม้ผลสมบูรณ์พื้นราบ

- 0 indicates no change
- significantly decreased                    +++ significantly increased
- moderately decreased                    ++ moderately increased
- slightly decreased                        + slightly increased

### 2.3.2 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ตำบลแม่พูลภายหลังการเกิดดินถล่ม

จรัญฯ และ คงะ (2553) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2552 ของพื้นที่ตำบลแม่พูล ภัยหลังจากการเกิดภัยพิบัติดินโคลนถล่มและน้ำท่วมฉับพลัน จากการแปลงผังความชื้นบุกพื้นาที

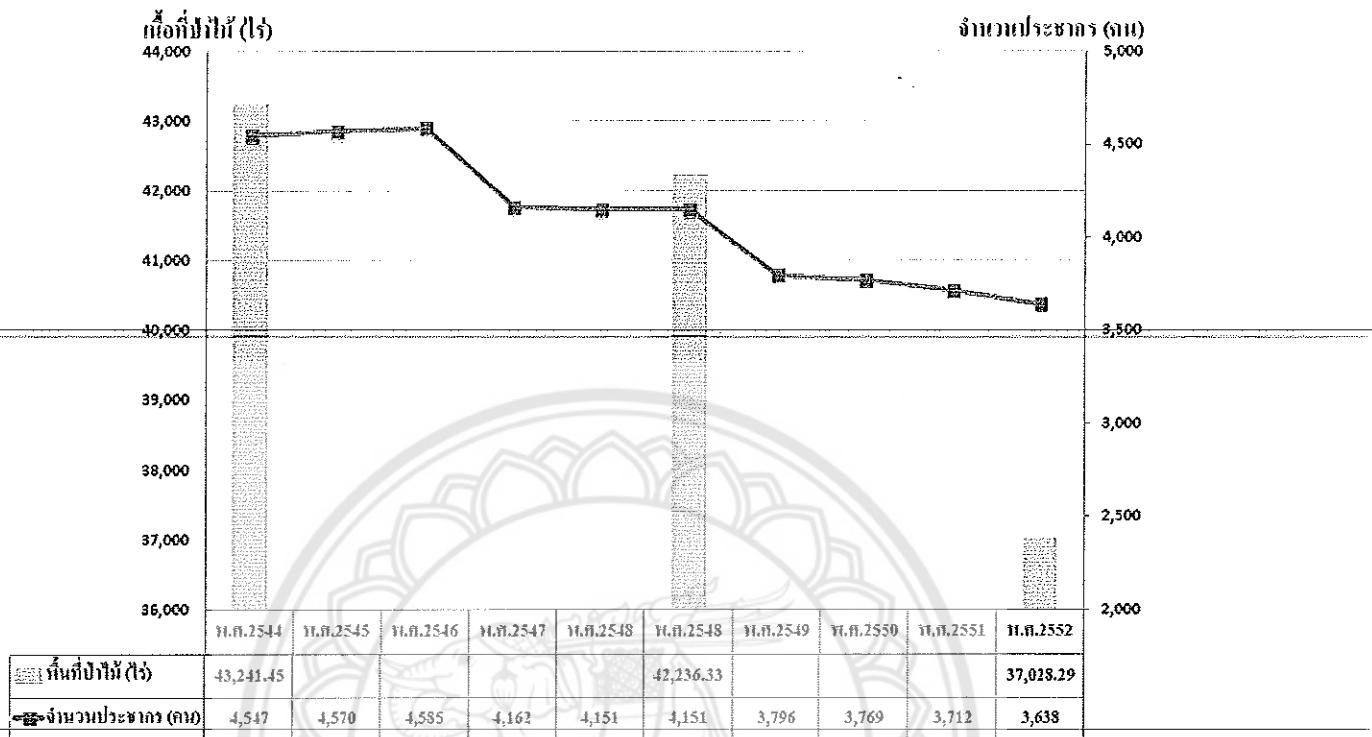
Quickbird ด้วยสายตา พบว่า ภัยหลังจากเหตุการณ์ดินถล่มมาแล้ว 3 ปี พื้นที่สวนไม้ผลสมบูรณ์มากขึ้นที่ยังคงสภาพเดิม (ไม่เกิดดินถล่ม) มีเนื้อที่ประมาณ 29,208.08 ไร่ หรือ ร้อยละ 35.46 ของพื้นที่ตำบลแม่พูล ในขณะที่สวนไม้ผลสมบูรณ์มากขึ้นที่เกิดดินถล่มมีเนื้อที่ประมาณ 4,523.69 ไร่ หรือ ร้อยละ 5.49 ของพื้นที่ตำบลแม่พูล สำหรับพื้นที่ป่าธรรมชาติที่ยังคงเหลืออยู่มีเนื้อที่ทั้งหมด 42,236.33 ไร่ หรือ ร้อยละ 51.28 ของพื้นที่ตำบลแม่พูล โดยจำแนกประเภทป่าธรรมชาติต้องเป็น ป่าเบญจพรรณ ป่าเบญจพรรณผสมป่าไผ่ และ ป่าไผ่ มีเนื้อที่ 16,497.86 ไร่ 13,964.90 ไร่ และ 6,565.53 ไร่ ตามลำดับ ในขณะที่ป่าธรรมชาติที่ถูกทำลายระหว่างปี พ.ศ. 2548 และ ปี พ.ศ. 2552 จากการเกิดดินถล่มมีเนื้อที่ประมาณ 2,533.62 ไร่ และจากการบุกรุกขยายพื้นที่สวนไม้ผลสมบูรณ์ไปในบริเวณเขารูปสูงชัน มีเนื้อที่ประมาณ 2,674.42 (ตาราง 2.9) นอกจากนี้ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของอัตราการสูญเสียพื้นที่ป่าไม้ที่มีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนผืนป่าธรรมชาติไปเป็นสวนไม้ผลสมมายาหรือจากการเกิดดินถล่ม โดยมีอัตราการบุกรุกที่เพิ่มที่ป่า เท่ากับ 668.61 ไร่ต่อปี

ตาราง 2.9 การเปลี่ยนแปลงเนื้อที่ป่าไม้ ระหว่างปี พ.ศ. 2544 และ ปี พ.ศ. 2552 ในตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ (จรัณธร และ สุขทัย 2553)

ระหว่างปี พ.ศ.	การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ (ไร่)	อัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ (ไร่ต่อปี)
2544 - 2548	1,005.12	251.28
2548 - 2552	5,208.04	1,302.01

ภาพ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อที่ป่าธรรมชาติและจำนวนประชากรในตำบลแม่พูล ระหว่างปี พ.ศ. 2544 และ 2552 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าจำนวนประชากรในตำบลแม่พูลไม่ได้เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าธรรมชาติบนเขารูปสูงชันอย่างชัดเจน เนื่องจากพื้นที่สวนไม้ผลสมบูรณ์มากขึ้นที่อยู่ในเขตตำบลแม่พูล เป็นของเกษตรกรและราษฎรที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่ตำบลแม่พูล อย่างไรก็ตาม พื้นที่ป่าธรรมชาติบางส่วนหลังจากที่เกิดดินถล่มในระดับไม่รุนแรงมากนัก ได้เกิดกระบวนการทดแทนตามธรรมชาติของไม้เบิกบานในท้องถิ่นและพืชพื้นถิ่น เช่น ปอทูห้าง ปอขี้คุุน กล้วยป่า ทองคง สาบเสือ และหญ้าค้า ขึ้นปกคลุมทั่วทั้งพื้นที่ ส่งผลให้สภาพโดยทั่วไปของพื้นที่ดังกล่าวมีลักษณะคล้ายเป็นป่ารุนဆองหรือป่าทดแทน (Secondary forest) ในอนาคต

สำหรับพื้นที่สวนไม้ผลสมบูรณ์ที่ไม่ได้รับความเสียหายจากดินถล่มหรือไม่ถูกตะกอนดินโคลนทับ ณ ปัจจุบัน มีกออยู่บริเวณพื้นราบใกล้กับเส้นทางถนนในพื้นที่บางส่วนของหมู่ที่ 1 หมู่ที่ 4 หมู่ที่ 7 และหมู่ที่ 9 โดยมีเนื้อที่ประมาณ 3,564.44 ไร่ หรือ ร้อยละ 4.33 ของพื้นที่ตำบลแม่พูล ในขณะที่สวนไม้ผลสมบูรณ์ที่ถูกตะกอนดินทับถม โดยมีเนื้อที่ประมาณ 468.54 ไร่ หรือ ร้อยละ 0.57 ของพื้นที่ตำบลแม่พูล พื้นที่นาข้าวบางส่วนโดยเฉพาะพื้นที่นาข้าวที่ได้รับความเสียหายจากดินถล่มในหมู่ที่ 5 บ้านฟากท่า ได้ถูกเปลี่ยนไปเป็นสวนไม้ผลสมบูรณ์ที่เป็นจำนวนมากมาก สำหรับพื้นที่การใช้ที่ดินในประเภทอื่นๆ นอกเหนือจากพื้นที่บนภูเขาสูงชันด้านบนและทางด้านทิศตะวันตกของตำบลแม่พูลนั้น ไม่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินอย่างชัดเจน (จรัณธร และคณะ 2553)



ภาพ 2.4 กราฟแสดงเนื้อที่ป่าไม้และจำนวนประชากรระหว่างปี พ.ศ. 2544 และ 2552 ในตำบลแม่พุก อำเภอสันแลล จังหวัดอุตรดิตถ์ (รัตนธร และ สุขทัย 2553)

#### 2.4 กระบวนการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติระดับท้องถิ่น

จากอดีตที่ผ่านมา พบว่า ความสัมฤทธิ์ผลในการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมีได้เกิดขึ้นจากการบริหารจัดการของหน่วยงานเด่นนำทางหนึ่งเป็นการเฉพาะ หรือ เกิดจากหน่วยงานภาครัฐซึ่งเป็นหน่วยงานหลักที่เป็นผู้กำหนดทิศทางการพัฒนาแต่เพียงฝ่ายเดียว ดังนั้นในปัจจุบันแนวความคิดด้านการจัดการทรัพยากรธรรมชาติระดับท้องถิ่นจึงหันมาให้ความสนใจในเรื่องของการมีส่วนร่วมของเกษตรกร ชุมชนท้องถิ่น องค์กรภาคธุรกิจ องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น สถาบันการศึกษา องค์กรพัฒนาเอกชน และองค์กรอิสระที่เกี่ยวข้อง นอกเหนือจากหน่วยงานของภาครัฐ โดยการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการนั้นถือเป็นการเปลี่ยนแปลงจากการบริหารที่ถูกกำหนดโดยนายจากหน่วยงานระดับสูง (Top-down planning) หรือการบริหารจากการสะท้อนความต้องการของประชาชนในระดับราษฎร (Grassroots) โดยไม่คำนึงถึงนโยบายของรัฐ มาเป็นการปรับรูปแบบของการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมแบบพหุภาคี ซึ่งหมายถึงทุกฝ่ายมีบทบาทในการบริหารจัดการแบบเสมอภาค โดยคำนึงถึงภารกิจที่แตกต่างกันไปตามสถานการณ์ที่เป็นจริง (วิชา และ กิติชัย 2547)

ยุทธศาสตร์ที่ดีในการบริหารจัดการและการใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติระดับท้องถิ่นอย่างยั่งยืน ควรเน้นการใช้มาตรการทางนโยบาย มาตรการทางกฎหมาย ควบคู่กับมาตรการด้านสังคมเพื่อให้เกิดการถ่วงดุล

ระหว่างกัน อีกทั้งยังต้องเปิดโอกาสให้ชุมชนท้องถิ่นหรือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเข้ามามีส่วนร่วมในการวางแผน และตัดสินใจในการกำหนดทิศทางการบริหารจัดการและการใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติ บนพื้นฐานของการ สอดคล้องกันระหว่างความต้องการของชุมชนท้องถิ่นกับศักยภาพของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่มีอยู่ใน แต่ละพื้นที่ รวมทั้งความพร้อมของชุมชนในท้องถิ่นเอง

การจัดการทรัพยากรธรรมชาติระดับท้องถิ่นด้วยมิติการมีส่วนร่วมของชุมชน ที่พบเห็นโดยทั่วไปเป็น การประสานความร่วมมือระหว่างคนในชุมชนด้วยกัน หรือระหว่างชุมชนต่อชุมชน ซึ่งมักเป็นการประสานความ ร่วมมือที่ไม่เป็นทางการ (Informal cooperation) โดยอาศัยความสัมพันธ์ที่มีอยู่ชั้นและกัน แล้วขยายความ ร่วมมือในวงกว้างต่อไป (วิชา และ กิติชัย 2547) อย่างไรก็ตามการที่จะประสานความร่วมมือระหว่างกันของคนใน ชุมชน จะต้องมีกิจกรรมร่วมกันเพื่อให้เกิดการเรียนรู้และแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ให้แก่กัน ซึ่งการ ประสานความร่วมมือในรูปแบบที่ไม่เป็นทางการนี้ อาจทำให้เกิดข้อจำกัดของการจัดการทรัพยากรธรรมชาติใน ท้องถิ่นขึ้นได้ เนื่องจากชุมชนท้องถิ่นส่วนใหญ่มีผู้รู้และเข้าใจสถานการณ์ทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่นของตนเอง เป็นอย่างดี แต่ไม่ได้มีการบันทึก สำรวจ และเก็บรวบรวม ข้อมูลเอาไว้ รวมถึงไม่มีการวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ อย่างเป็นรูปธรรม ดังนั้นการสร้างฐานข้อมูลด้านทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น รวมไปถึงการเชื่อมโยง ฐานข้อมูลด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Natural resources and environmental information networking) เข้ากับฐานข้อมูลทางกายภาพและชีวภาพ ฐานข้อมูลด้านผลผลิตทางการเกษตร และฐานข้อมูลทาง เศรษฐกิจและสังคม จะทำให้ชุมชนและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ได้รับทราบข้อมูลด้านทรัพยากรธรรมชาติที่ ถูกต้องแม่นยำ ครบถ้วนสมบูรณ์ และทันต่อเหตุการณ์ เพื่อสามารถนำไปใช้ในการวางแผนแนวทางในการบริหารจัดการ ทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่นของตนเองอย่างยั่งยืน

## บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย

### 3.1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาเกี่ยวกับบทบาทหน้าที่ด้านการเก็บกักน้ำในดิน (Soil water storage) ของระบบนิเวศประเทืองลักษณะพื้นที่ต้นน้ำภายในที่ได้ผลประโยชน์จากการเก็บกักน้ำในดินที่ทำบลแม่ปูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยเฉพาะระบบนิเวศป่าเบญจพรรณ ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้ และระบบวนเกษตรแบบสวนไม้ผลสมบูรณ์พื้นที่แหล่งต้นน้ำ ทั้งนี้ การศึกษาระบวนการทางอุทกวิทยาเชิงปริมาณและการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำในดินภายใต้ระบบนิเวศแต่ละประเภทที่ปรากฏอยู่ภายในพื้นที่ลุ่มน้ำ รวมถึงการประเมินความสามารถในการเก็บกักน้ำในดิน ทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการคาดการณ์ความสามารถในการกักเก็บน้ำในแต่ละส่วนของระบบนิเวศ ได้แก่ น้ำในส่วนเหนือพื้นดิน น้ำผิวดิน น้ำในดิน และน้ำใต้ดิน ที่เกิดความผันแปรทั้งในเชิงพื้นที่และการเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลาภายในการอุปปัจจันนำไปสู่การสร้างสมดุลของน้ำในระบบนิเวศแหล่งต้นน้ำของพื้นที่ศึกษา อีกทั้งยังสามารถคาดการณ์ความสมดุลของน้ำที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงไปภายใต้สถานการณ์ที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศต่อไปในอนาคต

อนึ่ง การวิจัยครั้งนี้ได้นำการเสริมสร้างระบบนิเวศและกระบวนการจัดการทรัพยากร่น้ำร่วมกันของชุมชนท้องถิ่น โดยกลุ่มผู้มีส่วนได้เสียหรือผู้ที่เกี่ยวข้องและคณะกรรมการจัดการน้ำร่วมกันออกแบบกระบวนการวิจัย การสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลและการทวนสอบข้อมูลจากชุมชนท้องถิ่น จนถึงการร่วมกันศึกษาแนวทางการจัดการทรัพยากร่น้ำบริเวณแหล่งต้นน้ำเพื่อวางแผนบรรเทาผลกระทบของภัยพิบัติดินถล่มในอนาคต โดยใช้กระบวนการประชาสัมนาทางออกหรือการจัดเวทีนโยบายสาธารณะในประเด็นด้านการบริหารจัดการทรัพยากร่น้ำที่เหมาะสมในบริเวณแหล่งต้นน้ำของพื้นที่ทำบลแม่ปูล

### 3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

#### 3.2.1 สถานที่ดำเนินโครงการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ได้เลือกพื้นที่ศึกษาบริเวณแหล่งต้นน้ำของลุ่มน้ำคลองแม่พร่อง-แม่ปูล ในเขตพื้นที่ทำบลแม่ปูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งเป็นเขตเกษตรกรรมรากหญ้าที่สำคัญที่สุดแห่งหนึ่งของจังหวัดอุตรดิตถ์ แต่เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวได้รับความเสียหายอย่างรุนแรงจากเหตุการณ์ดินถล่มในเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2549 จึงเป็นเหตุให้เกิดการสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่น และยังส่งผลให้เกิดปัญหาการเกิดดินถล่มตามมาอย่างต่อเนื่อง

สภาพภูมิประเทศโดยทั่วไปของพื้นที่ทำบลแม่ปูล เป็นเทือกเขาสูงชันสลับซับซ้อนปักคลุ่มไปด้วยผืนป่าธรรมชาติและสวนไม้ผลสมัยโบราณเกษตร ครอบคลุมทั้งในทิศตะวันออก ทิศเหนือ และทิศตะวันตกของพื้นที่บริเวณตอนบน มีจุดสูงสุดที่ 765 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ณ บริเวณเทือกเขาแม่ปูล (ภาพ 3.1) เทือกเขาสูงชันเหล่านี้เป็นแหล่งต้นน้ำที่สำคัญของลุ่มน้ำอำเภอลับแล มีลำน้ำที่สำคัญได้แก่ ห้วยแม่ปูล คลองแม่พร่อง ห้วยทราย และ ห้วยคำบิ ในขณะที่ด้านทิศตะวันตกของทำบลฝายหลวงมีเทือกเขาสูงชันอันเป็นแหล่งต้นน้ำของลำห้วยปูเจ้า โดยลำน้ำที่ได้กล่าวมาทั้งหมดจะไหลรวมกันลงสู่แม่น้ำน่าน บริเวณตอนล่างของจังหวัดอุตรดิตถ์



สำหรับตอนล่างของढับลามเพลทมีสภาพเป็นที่ร้าบลุ่มตะพักริมแม่น้ำ (ภาพ 3.2) ซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนไม่ผลผลบบพื้นที่ร้าบ นาข้าว ไร่ข้าวโพด หรือสวนผัก เป็นหลัก

การใช้ที่ดินส่วนใหญ่ในปี พ.ศ. 2555 บริเวณพื้นที่ต้นน้ำของเขตตำบลแม่พูลเป็นป่าเบญจพรรณ ป่าเบญจพรรณผสมไม้ และป่าไผ่ธรรมชาติขึ้นปกคลุม รวมถึงมีพื้นที่ส่วนไม้ผลผสม (Mixed fruit tree orchard) ที่มีการทำการปลูกมาเป็นระยะเวลาอยู่กระยะเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้ ภัยหลังจากเหตุการณ์ดินถล่มมาแล้ว 6 ปี พื้นที่ส่วนไม้ผลผสมบนภูเขาสูงขันที่ยังคงสภาพเดิม (ไม่เสียหายจากเกิดดินถล่มในระหว่างปี พ.ศ. 2549-2554) มีเนื้อที่ประมาณ 30,868.05 ไร่ หรือ ร้อยละ 37.48 ของพื้นที่ตำบลแม่พูล ในขณะที่ส่วนไม้ผลผสมบนภูเขาสูงขันที่ได้รับความเสียหายจากการดินถล่มระหว่างปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2554 และยังคงปล่อยทิ้งร้างให้มีการพื้นฟูสภาพพื้นที่ส่วนตามธรรมชาติ มีเนื้อที่ประมาณ 4,405.71 ไร่ หรือ ร้อยละ 5.35 ของพื้นที่ตำบลแม่พูล สำหรับพื้นที่เกษตรกรรมบริเวณที่ราบลุ่มในตำบลแม่พูลประเทกอื่น ได้แก่ นาข้าว นาหมом ข้าวโพด และ แปลงผักเศรษฐกิจ เช่น ผักชี คันนา พริก ถั่วลิสง เป็นต้น มีเนื้อที่ 204.39 ไร่ (ร้อยละ 0.25) ซึ่งพืชเศรษฐกิจดังกล่าวจะปลูกสลับในแปลงผืนเดียวกันตามคตุเพาะปลูกในรอบปี จากการสำรวจภาคสนามและการสอบถามเกษตรกรในพื้นที่ตำบลแม่พูล พบว่า พื้นที่นาข้าวที่ได้รับความเสียหายจากการดินถล่มในหมู่ที่ 5 บ้านฝากท่า ได้ถูกเปลี่ยนไปเป็นสวนไม้ผลผสมบนพื้นที่ราบเกือบทั้งหมด นอกจากนี้ตัวเมืองและย่านการค้า ตึกพาณิชยกรรม ตลาดสด ตลาดผลไม้ รวมถึงแหล่งท่องยานพาณิชย์/ชุมชน สถานพักผ่อนหย่อนใจ เช่น น้ำตกแม่พูล สนามกีฬา พื้นที่นันทนาการและออกกำลังกาย สถานที่ของหน่วยงานและสถาบันต่างๆ มีเนื้อที่รวมประมาณ 953.71 ไร่ หรือ ร้อยละ 1.16 ของพื้นที่ตำบลแม่พูล

สำหรับผู้ป่วยรرمชาติที่ยังคงสภาพป้าอุดมสมบูรณ์และพื้นที่ป่าที่ถูกบุกรุกทำลาย (แต่ยังไม่ได้เปลี่ยนเป็นสวนไม้ผลเศรษฐกิจ) มีเนื้อที่เหลืออยู่ 40,629.88 ไร่ หรือ ร้อยละ 49.33 ของพื้นที่ตำบลแม่พูล ซึ่งพื้นที่ป่าดังกล่าวพบในบริเวณตอนบน เขตติดต่อ กับตำบลไทรย้อย อำเภอเด่นชัย จังหวัดแพร่ และตำบลนาดอก อำเภอสันแล และพบในบริเวณแนวเทือกเขาด้านทิศตะวันตกของตำบลแม่พูลเขตติดต่อ กับอำเภอศรีสัchanala จังหวัดสุโขทัย ผลกระทบจากการเปลี่ยนสภาพถาวรให้มีสามารถจำแนกป้าธรรมชาติในพื้นที่ตำบลแม่พูล ออกเป็น 7 ประเภทหลัก ดังแสดงในตาราง 3.1

ตาราง 3.1 เนื้อที่ของป่าธรรมชาติแต่ละประเภทในปี 2555 บริเวณตำบลแม่เพล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

ประเภทป้าย	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละของที่ดินที่ป้ายหอดู
ป้ายจราจร	12,864.69	31.66
ป้ายจราจรและป้ายไฟ	13,748.02	33.84
ป้ายจราจรที่เกิดต้นกล่าวระหว่างปี พ.ศ.2549-2554	2,396.40	5.90
ป้ายจราจรที่ถูกบุกรุก ณ ขณะบันทึกข้อมูล (พื้นที่เตรียมปลูกไม้ผลเศรษฐกิจ)	2,643.21	6.51
ป้ายไฟ (ไฟเข้มปกคลุมที่เนินที่มากกว่าร้อยละ 50 โดยมีไม้ป้ายจราจรชนิดป้ายไฟ)	8,711.88	21.44
ป้ายจราจรที่ถูกบุกรุก ณ ขณะบันทึกข้อมูล (พื้นที่เตรียมปลูกไม้ผลเศรษฐกิจ)	134.70	0.33
ป้ายไฟที่เกิดต้นกล่าวระหว่างปี พ.ศ.2549-2554	130.97	0.32
รวม	40,629.88	100.00

ที่มา : (จรัตน์ธร และประสีทธิ์. 2556)

### 3.2.2 ขอบเขตของการวิจัย

เพื่อให้การศึกษาบรรลุเป้าหมายได้สมบูรณ์ภายในกรอบของเวลาที่กำหนดภายในระยะเวลา 12 เดือน จึงได้กำหนดขอบเขตในการวิจัย ดังนี้

- พื้นที่ดำเนินโครงการวิจัย: พื้นที่ในบริเวณต้นน้ำของลุ่มน้ำคลองแม่พร่อง-แม่พุต ตำบลแม่พุต อำเภอ  
ลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์
- กลุ่มเป้าหมาย: นักวิชาการของหน่วยงานภาครัฐและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่  
นักวิจัยในสถาบันอุดมศึกษา กลุ่มเกษตรกรที่ใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณแหล่ง  
ต้นน้ำของพื้นที่ศึกษา และชุมชนท้องถิ่น เพื่อให้เกิดความเข้าใจถึง  
กระบวนการให้ผลลัพธ์ของน้ำและผลกระทบที่ชุมชนท้องถิ่นได้รับจากการ  
บริการเชิงนิเวศที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำภายใต้พื้นที่ลุ่มน้ำ รวมถึง  
ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับทรัพยากรน้ำอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของ  
ระบบนิเวศประเทืองหลักในอนาคต ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่สำคัญในการวางแผน  
และยุทธศาสตร์เพื่อบริการจัดการทรัพยากรน้ำภายใต้พื้นที่ศึกษา
- ระบบนิเวศประเทืองหลักบนพื้นที่แหล่งต้นน้ำ :

(1) ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมผสาน

(2) ระบบนิเวศวนเกษตร (สวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรบนพื้นที่ลาดชัน)

โดยระบบนิเวศหลักทั้ง 2 ประเทือง โดยเลือกพื้นที่ศึกษาของระบบนิเวศหลักตั้งกล่าว หัวที่  
ได้รับความเสียหายจากดินถล่มและพื้นที่ไม่เกิดดินถล่ม

- ข้อมูลในการวิเคราะห์:

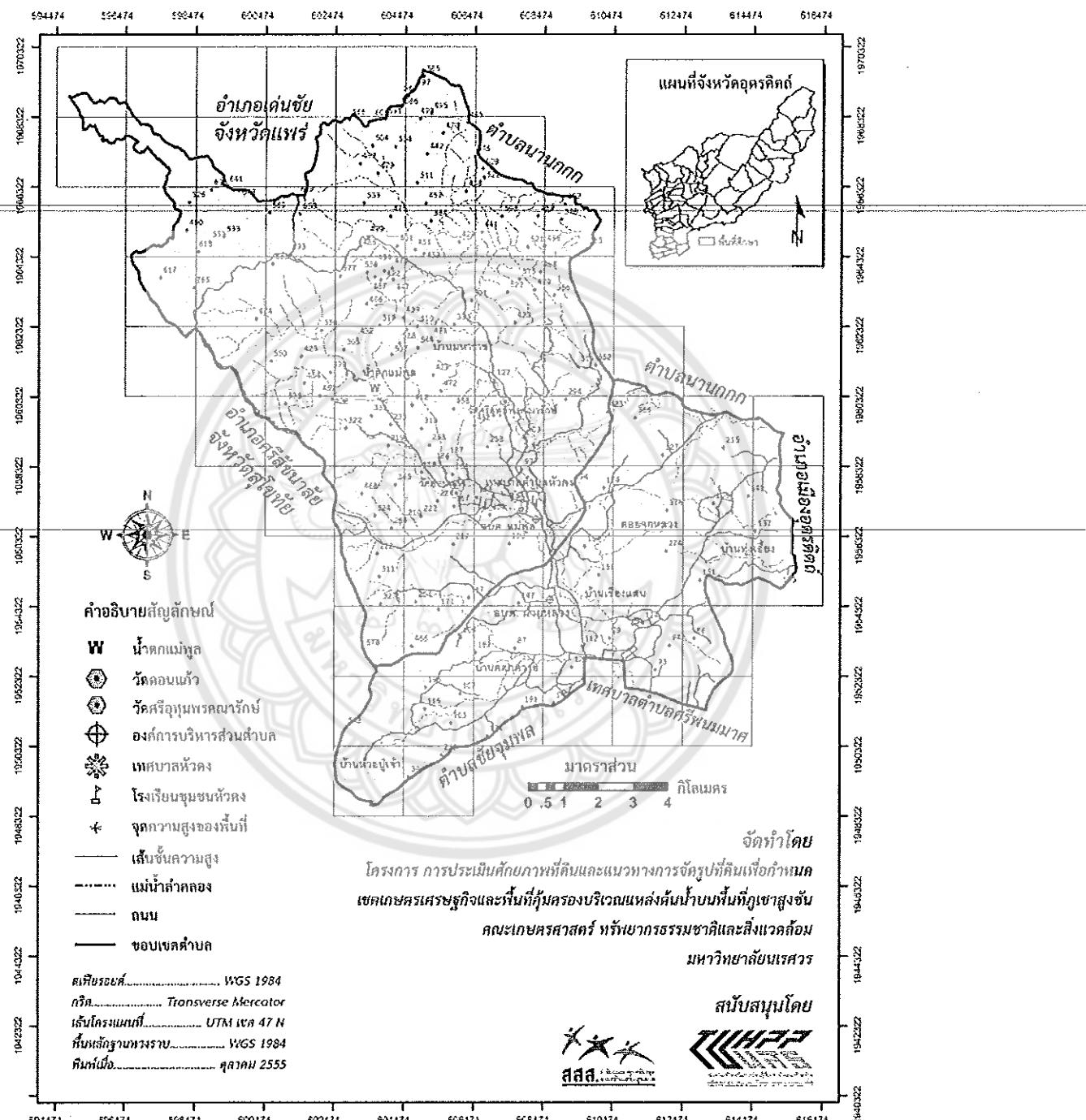
- ข้อมูลภูมิอากาศ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนสะสมรายวัน ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย ความชื้น  
แสง อุณหภูมิ ความเร็วและทิศทางลม อัตราการคายระหว่าง ความชื้นสัมพันธ์ ภัยใต้ระบบนิเวศหลักของพื้นที่  
ศึกษา

- ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและระบบนิเวศของพื้นที่ศึกษา

- ข้อมูลที่เกี่ยวกับความสามารถการเก็บกักน้ำของดินตามสภาพสิ่งแวดล้อม ได้แก่  
โครงสร้างของชั้นดิน คุณสมบัติของดินทางเคมีกายภาพ ปัจจัยในการควบคุมปริมาณความชื้นในดิน เช่น อัตราการ  
แทรกซึมของน้ำในดิน ค่าความชุกความชื้นภายนอก ความสามารถในการซับน้ำของดิน ค่าดัชนีแสดงความชื้นที่มี  
ความสัมพันธ์กับสภาพภูมิประเทศ เป็นต้น ข้อมูลแผนที่ชุดดินเชิงเลข ข้อมูลเส้นทางลำน้ำ และพื้นที่รับน้ำ

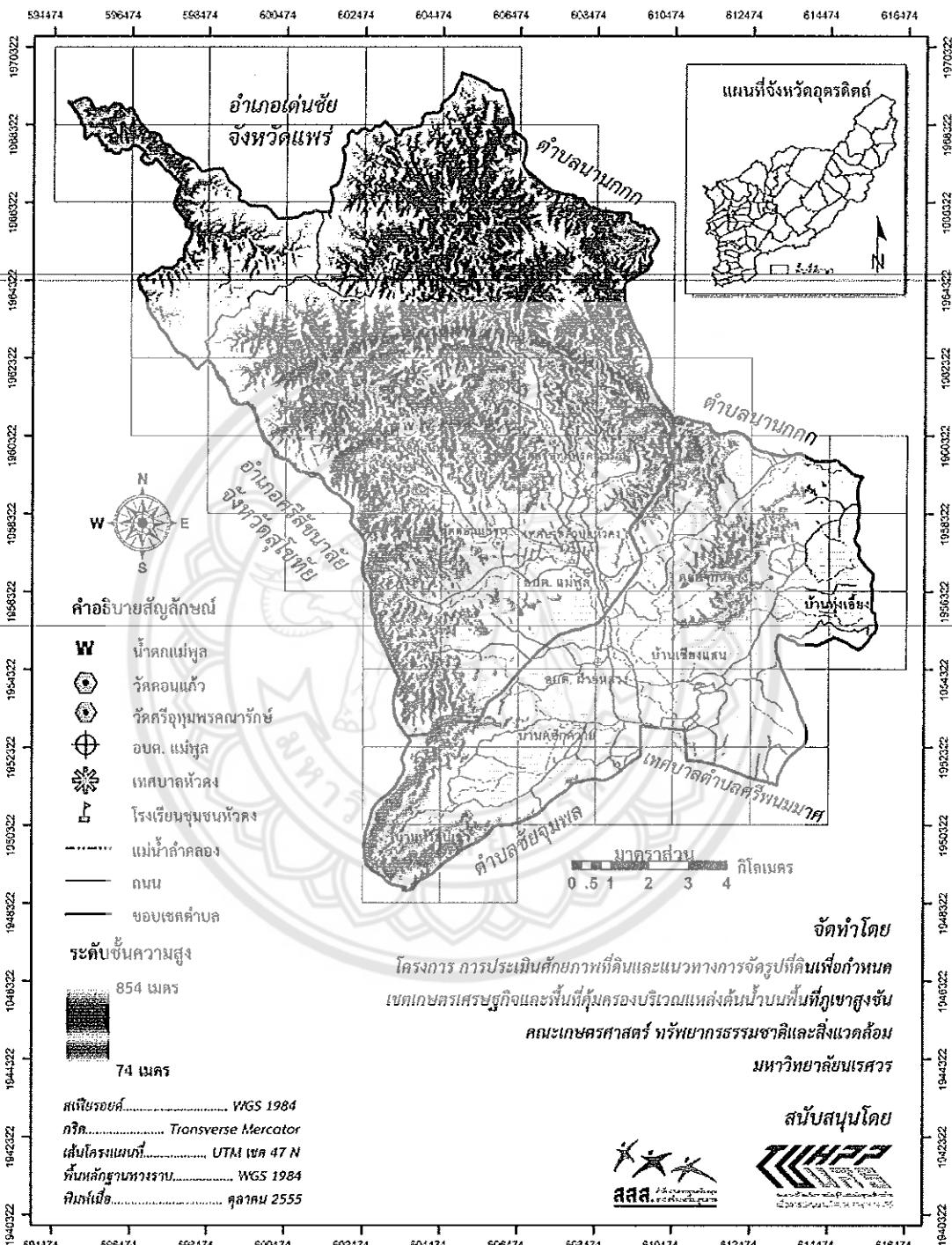
- ทฤษฎีและความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับบทบาทหน้าที่ของระบบนิเวศประเทืองต่างๆ ด้าน  
การควบคุมการไหลเวียนของน้ำภายในพื้นที่ลุ่มน้ำ รวมถึงผลกระทบที่ชุมชนท้องถิ่นได้รับจากการบริการของ  
ระบบนิเวศประเทืองต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำ

แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง บริเวณที่ทำบลแม่พูลและทำบลฝ่ายหลวง



ภาพ 3.1 แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูง บริเวณพื้นที่ทำบลแม่พูลและทำบลฝ่ายหลวง อำเภอถลาง และ จังหวัดอุตรดิตถ์  
ที่มา : (จรรนธร และประสิทธิ์, 2556)

แผนที่แสดงความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง บริเวณตำบลแม่พูลและตำบลฝ่ายหลวง



ภาพ 3.2 แผนที่แสดงความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง บริเวณพื้นที่ตำบลแม่พูลและตำบลฝ่ายหลวง  
อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์  
ที่มา : (จรัณธร และประสีกี้, 2556)

### 3.2.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

#### 3.2.3.1 สำรวจพื้นที่ศึกษา ติดต่อหน่วยงานภาครัฐและองค์กรในพื้นที่ และเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการศึกษาผลกระบวนการเกิดภัยพิบัติดินถล่มที่มีต่อความสามารถในการเก็บกักน้ำในดิน

- (1) ดำเนินการติดต่อ องค์การบริหารส่วนตำบลแม่พูล เทศบาลตำบลหัวดง และหน่วยงานภาครัฐและสถาบันอุดมศึกษาในพื้นที่ ได้แก่ สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดอุตรดิตถ์ สถานีพัฒนาที่ดินอุตรดิตถ์ สำนักงานเกษตรอำเภอลับแล มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ และองค์กรภาคประชาชนในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ เครือข่ายแจ้งเหตุธรณีพิบัติภัยตำบลแม่พูล (สนับสนุนโดยกรมทรัพยากรธรรมชาติฯ) สมาคมก่ออุทุนรวมผลผลิตทรัพยากรธรรมชาติตำบลแม่พูล ก่อสู่วิสาหกิจชุมชนปูย อินทรีย์ระดับหมู่บ้าน เป็นต้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแนะนำโครงการวิจัยและชี้แจงความเป้าหมายของโครงการวิจัยให้แก่องค์กรต่างๆ และประชาสัมพันธ์โครงการวิจัยร่วมกับองค์การบริหารส่วนตำบลแม่พูล
- (2) ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของชุมชนท้องถิ่นในพื้นที่ตำบลแม่พูล ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันจากสำนักงานเกษตรอำเภอลับแล และข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายหมู่บ้านจากเครือข่ายแจ้งเหตุธรณีพิบัติภัยตำบลแม่พูล สำหรับการรวบรวมข้อมูลด้านกายภาพ เศรษฐกิจ สังคม รวมถึงข้อมูลด้านนโยบายและแผนปฏิบัติการ ดำเนินการขอความอนุเคราะห์จากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ ข้อมูลแผนที่ภาคล่างทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ภาคอีสาน) ปี 2545 ของกรมพัฒนาที่ดิน แผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2554 (จรัณธ, 2556) และแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานแสดงการใช้ประโยชน์ที่ดิน สำหรับวิเคราะห์สถานการณ์ในปัจจุบันของการใช้ที่ดินที่อาจส่งผลกระทบต่อภัยพิบัติดินโคลนถล่มในพื้นที่ทันทีของตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

#### 3.2.3.2 การจำแนกประเภทการใช้ที่ดินและระบบนิเวศหลักภายนอกในพื้นที่ศึกษา

ดำเนินการเข้าสำรวจพื้นที่ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมในปัจจุบันของการใช้ที่ดินและชนิดของสังคมที่ช. (ชนิดป่าธรรมชาติ) ในปีปัจจุบัน (พ.ศ. 2558) รวมกับตัวแทนของชุมชนท้องถิ่นตำบลแม่พูลและตัวแทนจากองค์ประกอบองค์กรต่างๆ ทั้ง 2 แห่ง ในตำบลแม่พูล พร้อมทั้งศึกษาประวัติการใช้ที่ดินและสภาพสังคมปัจจุบันในปี พ.ศ. 2549 ซึ่งเป็นช่วงเวลา ก่อนการเกิดภัยพิบัติดินโคลนถล่ม (จากข้อมูล GIS ของกรมป่าไม้และกรมพัฒนาที่ดิน) เพื่อวิเคราะห์หากการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดินและสังคมปัจจุบันในพื้นที่ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล โดยมีขั้นตอนดังนี้

- 1) จัดซื้อข้อมูลภาพดาวเทียม THEOS (ไทยโซต) เชิงเลข ที่ผ่านกระบวนการตัดแก้ภาพออร์โธ (Orthorectification) ซึ่งบันทึกภาพในช่วงปี พ.ศ. 2558 ที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) พร้อมทั้งปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี (Radiometric correction)
- 2) จำแนกประเภทการใช้ที่ดินและชนิดของสังคมป่าไม้บริเวณพื้นที่ศึกษา โดยการแปลตีความด้วยสายตา จากข้อมูลภาพดาวเทียม THEOS เชิงเลข ปี พ.ศ. 2558

- 3) ดำเนินการสุ่มเลือกแปลงตัวอย่างของการใช้ที่ดินและสังคมป่าไม้แต่ละประเภท และออกสำรวจความถูกต้องทางภาคสนามของผลการจำแนกการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2558 พร้อมทั้งตรวจสอบผลการจำแนกการใช้ที่ดิน ด้วยการเทียบเคียงกับแผนที่การใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินและการสัมภาษณ์ประชาชนในพื้นที่ พร้อมทั้งปรับแก้ความผิดพลาดในการวิเคราะห์ประเภทการใช้ที่ดิน
- 4) ออกแบบและสร้างระบบฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS database) และสร้างความสัมพันธ์ของระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial database) ด้านการใช้ที่ดินและสังคมป่าไม้ ในปี พ.ศ. 2558
- 5) นำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่สู่ระบบฐานข้อมูลด้านการใช้ที่ดินและชนิดของสังคมป่าไม้ภายใต้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS)

- 6) ผลิตแผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินและชนิดของสังคมป่าไม้ในปี พ.ศ. 2558 บริเวณพื้นที่ศึกษา เพื่อนำไปใช้ในการกำหนดตำแหน่งของแปลงศึกษาโครงสร้างสังคมพืช

### 3.2.3.3 การศึกษาความสามารถในการเก็บกักน้ำในดินของระบบนิเวศประเพณหลัก

#### (1) การวิเคราะห์โครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืช

การวิจัยครั้งนี้ได้ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลการศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืชที่ได้สำรวจและเก็บข้อมูลในปี 2557 จากโครงการวิจัยเรื่อง “การประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของวิธีเพิ่มเสถียรภาพของลักษณะดินสำหรับการป้องกันดินถล่มบริเวณพื้นที่ตำบลแม่พูล : นัยสู่การจ่ายค่าตอบแทนการให้บริการของระบบนิเวศ” ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากมูลนิธิชัยพัฒนา (รองศาสตราจารย์ ดร. จรัณธร บุญญาภูพ เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย) โดยทางโครงการวิจัยดังกล่าว ได้ทำการเลือกตำแหน่งที่ต้องการสำรวจตัวอย่างเพื่อศึกษาโครงสร้างของสังคมพืชของระบบนิเวศประเพณหลัก จากแผนที่การใช้ที่ดินปีปัจจุบันร่วมกับแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1 : 50,000 และได้คัดเลือกบริเวณที่เป็นตัวแทนที่ดีของพื้นที่ลาดชันที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม หรือ เกยเกิดดินถล่ม เช่น พื้นที่ป่าเบญจพารณ์ที่ไม่เกิดดินถล่ม หรือ พื้นที่มีการทดแทนตามธรรมชาติหลังจากเกิดดินถล่มแล้ว พื้นที่สวนผสมแบบวนเกษตร เป็นต้น

สำหรับระบบนิเวศหลักแต่ละประเภท ได้วางแปลงตัวอย่าง ขนาด 0.1 เฮกเตอร์ ( $50 \text{ เมตร} \times 20 \text{ เมตร}$ ) จำนวน 3 แปลง (จำนวน 3 ชั้น) โดยแปลงตัวอย่างดังกล่าวจะทำการเลือกตำแหน่งแบบสุ่มเพื่อลดความคลาดเคลื่อนหรือความเอนเอียง (Bias) ที่อาจเกิดขึ้นจากความผันแปรของชนิดพื้นที่และสภาพของดิน ทั้งนี้ การเลือกรูปแปลงตัวอย่างเป็นแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular plot) เนื่องจากโดยทั่วไปพืชพรรณส่วนใหญ่มีการกระจายเชิงพื้นที่แบบเกาะกลุ่ม (Cluster or Clump) ซึ่งทำให้แปลงรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าสามารถครอบคลุมหุบแม่น้ำที่มีพื้นที่ของชนิดพื้นที่ไม่แตกต่างกันได้ดีที่สุด (Kershaw, 1964) ขณะที่ขนาดของแปลงตัวอย่างกำหนดจากความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่และจำนวนชนิดพื้นที่ (Species area curve) (Mueller-Dombois and Ellenberg, 1974)

โดยในแปลงตัวอย่างขนาด 50 เมตร  $\times$  20 เมตร และแบ่งเป็นแปลงย่อยจำนวน 10 แปลง ขนาด 10 เมตร  $\times$  10 เมตร เพื่อเก็บข้อมูลด้านองค์ประกอบของชนิดพืชโดยบันทึกข้อมูลชนิดไม้ใหญ่ (Tree species list) ทุกชนิดที่ปรากฏในแปลงตัวอย่าง โดยไม้ใหญ่ (Tree) ที่เก็บข้อมูลมีขนาดความโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงองค์ที่ 1.30 เมตร (Diameter at Breast Height, DBH) มากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 เซนติเมตร ใน

แปลงย่อยขนาด ขนาด 10 เมตร x 10 เมตร แต่ละแปลง ทำการวางแผนย่อยขนาด 4 เมตร x 4 เมตร และแปลงย่อยขนาด 1 เมตร x 1 เมตร บริเวณมุ่งได้มุ่งเน้นภายในทุกแปลงย่อยขนาด 10 เมตร x 10 เมตร จำนวน 1 แปลง โดยแปลงย่อยขนาด 4 เมตร x 4 เมตร สำรวจข้อมูลจำนวนลูกไม้แต่ละชนิดที่มี DBH น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร และมีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร ขณะที่แปลงย่อยขนาด 1 เมตร x 1 เมตร เก็บข้อมูลจำนวนและชนิดของกล้าไม้และไม้พื้นล่าง (กลุ่มนไม้ล้มลุกเดาวัลล์ และรวมถึงเพินชนิดต่าง ๆ)

## (2) การศึกษาความสามารถของการกักเก็บน้ำของดิน

การศึกษาความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน (Soil-water states) ทำให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินหรือความสามารถในการซึมน้ำของดิน (SWHC) ภายใต้เรื่องยอดหมูไม้ที่แตกต่างกัน โดยตำแหน่งของการเก็บตัวอย่างดินจะอยู่ภายใต้แปลงตัวอย่างศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืชของระบบนิเวศหลักแต่ละประเภท อายุรักษ์ตาม ความชื้นในดิน (Soil moisture) และคงทباتที่สำคัญในกระบวนการทางอุทิศวิทยา (Hydrological process) ที่เกี่ยวข้อง กับการเคลื่อนย้ายของฝนที่ตกลงกลอยเป็นน้ำในดิน ทั้งนี้ ยังพบว่าความชื้นในดินมีความผันแปรสูงตามสภาพของพื้นที่และช่วงเวลาที่แตกต่างกัน

ดังนั้น ใน การศึกษาครั้งนี้จึงได้พิจารณาถึงปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อปริมาณความชื้นในดิน ของระบบนิเวศหลักทั้ง 2 ประเภท (ป่าเบญจพรมผสมไม้แลส่วนไม้ผลสมแบบวนเกษตรบนเขาสูงชัน ภายใต้สถานการณ์ที่เกิดดินถล่มและไม่เกิดดินถล่ม) รวมถึงการศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ ที่อาจส่งผลกระทบต่อปริมาณความชื้นในดิน โดยได้คัดเลือกปัจจัยในการควบคุมปริมาณความชื้นในดิน (Potential regulating factors of soil moisture) เพื่อใช้ในการศึกษาความสามารถในการซับน้ำของดิน ดังนี้

- ปัจจัยด้านอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน การรายระเหย (Evapotranspiration; ET) ความชื้นในอากาศ อุณหภูมิอากาศ ความเร็วลม บันทึกข้อมูลอัตโนมัติด้วยสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ พร้อมเครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) จำนวน 2 สถานี ของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรดินและภูมิศาสตร์ (องค์การมหาชน) ซึ่งเป็นโครงการตรวจวัดดินถล่มตามความร่วมมือกับ มูลนิธิชัยพัฒนา โดยติดตั้งในบริเวณหมู่ที่ 7 บ้านพามูบ ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล (ภาพ 3.3) ([URL: http://wea.hail.or.th/telemetering/landslide/](http://wea.hail.or.th/telemetering/landslide/)) ซึ่งสถานีที่ 1 เป็นตัวแทนของระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร (Down slope) สถานีที่ 2 เป็นตัวแทนของระบบนิเวศป่าเบญจพรมผสมไม้ (Mid slope)

ติดตั้งเครื่องวัดและบันทึกปริมาณน้ำฝน Tipping Bucket Rain Collector (Code 3665R) จำนวน 1 เครื่อง พร้อมกับเสาสำหรับติดตั้งเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน (POLE0001) และเชื่อมต่อ การส่งสัญญาณข้อมูลไปยังเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ รุ่น WatchDog 1400 Weather station (จำนวน 4 ports) (3685WD1) โดยตำแหน่งติดตั้งเครื่องดังกล่าวอยู่ภายในสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินถล่ม

นอกจากนี้ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันในระดับหมู่บ้านของตำบลแม่พูล สามารถเก็บรวบรวมได้จากสมุดบันทึกปริมาณน้ำฝนรายวันของเครือข่ายผู้ร่วงแจ้งเตือนภัยดินถล่มตำบลแม่พูล ซึ่งมีการบันทึกข้อมูลปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ปี 2551 จนถึงปัจจุบัน

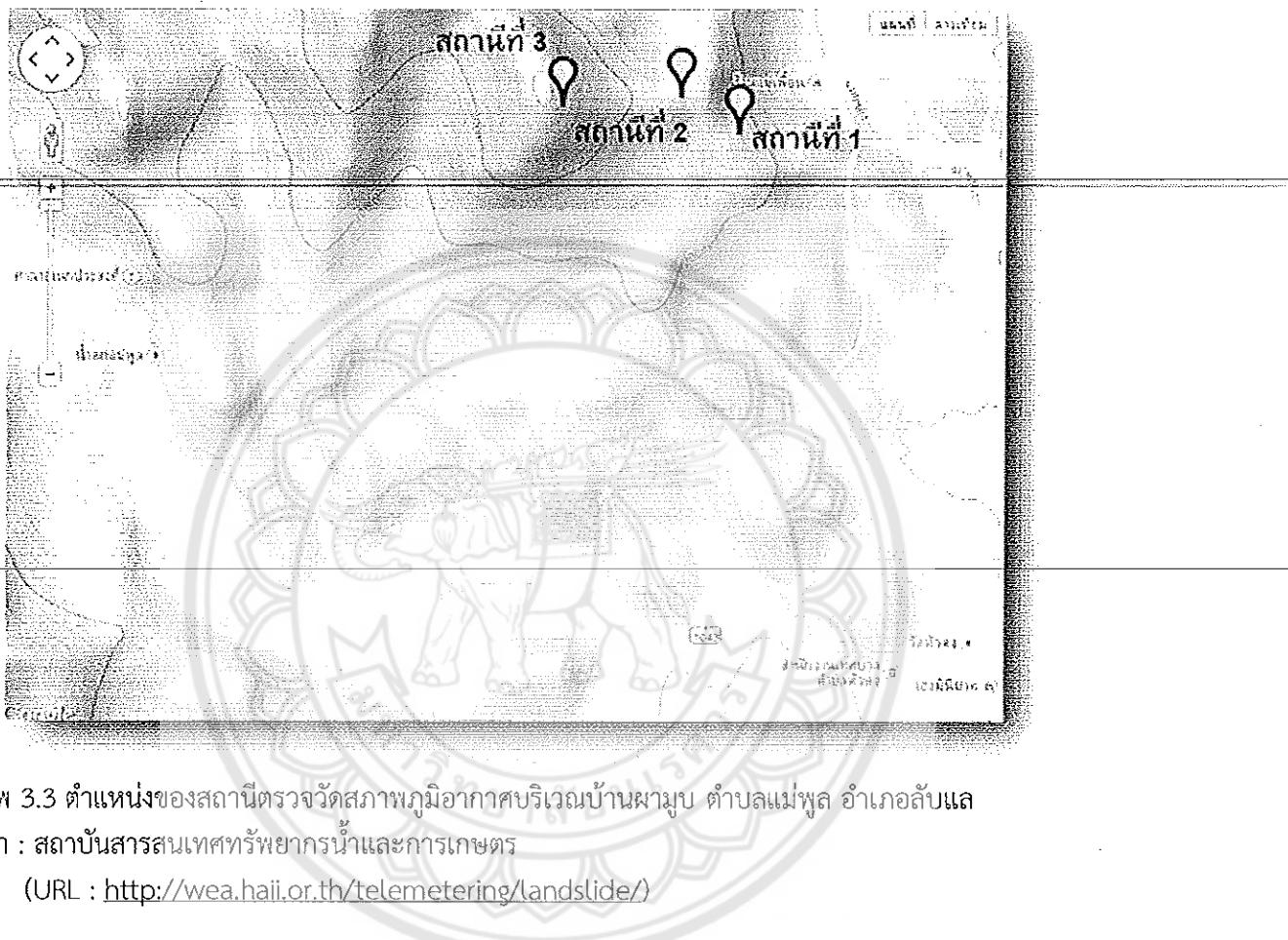
- ความชื้นของดิน ณ ขณะนั้น (Moisture content; MC)
 

ทั้งนี้ การวัดระดับความชื้นในดินและอุณหภูมิของดินได้ใช้เครื่องวัดความชื้นในดิน (Soil moisture sensors) รุ่น SM100 ยี่ห้อ Spectrum Technologies ประเทศสหรัฐอเมริกา (Code 6460) ของบริษัท ไทยวิกטורี จำกัด (THAI VICTORY Co.,Ltd.) โดยผ่านเครื่องวัดความชื้นดินที่ความลึก 3 ระดับ ตามความลึกของห้วยรากไม้เด่นและชนิดพืชเด่นของระบบน้ำเฝ้า ได้แก่ ระดับความลึกที่ 5-25 และ 50 เซนติเมตร
- ความสามารถในการอุ้มน้ำสูงสุด (Maximum water-holding capacity; MWHC) ซึ่งเป็นปริมาณน้ำในดินขณะอิ่มตัว โดยเท่ากับผลรวมของ Hygroscopic, Capillary, and Gravitational water
- ความชุกความชื้นสนามหรือความชื้นชลประทาน (Field moisture capacity or simply field capacity; FC) ภายใต้แรงดันบรรยากาศที่ 1/3 บาร์ ซึ่งเป็นระดับความชื้นของดินที่ยังคงเหลืออยู่ เมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำแล้ว 2-3 วัน หลังจากที่ไม่มีการให้เลวของน้ำด้วยอิทธิพลแรงโน้มถ่วง (และไม่มีการสูญเสียน้ำจากการระเหย) โดยน้ำจะขังอยู่ในช่องว่างขนาด  $< 50 \text{ } \mu\text{m}$  (Macropore หรือ transmission pores)
- ความชื้นที่จุดแห้งถาวร (Permanent wilting point; PWP) ภายใต้แรงดันบรรยากาศที่ 15 bar tension หรือ  $-1,500 \text{ kPa}$  ซึ่งเป็นระดับความชื้นที่พืชเริ่มแสดงอาการเหลวและไม่เพ้นตัวแม่จะอยู่ในบรรยากาศที่ชื้นจัดเป็นเวลาข้ามคืน โดยน้ำจะขังอยู่ในช่องขนาด  $< 0.2 \text{ } \mu\text{m}$
- ระดับความชื้นในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available moisture content; AMCO)
 

โดยที่  $\text{AMCO} = \text{MC-PWP}$
- ความชุกความชื้นที่เป็นประโยชน์ (Available water capacity; AWCA)
 

โดยที่  $\text{AWCA} = \text{FC-PWP}$
- ความหนาแน่นรวม (Bulk density) และความหนาแน่นอนุภาคของดิน (Particle density)
- ความพรุนของดิน (Soil porosity)
- ความหนาของชั้นดิน (Soil thickness)
- ความเร็วการให้เลวของน้ำในดิน หรือ สภาพการนำน้ำของดิน (ค่า K) (Soil hydraulic conductivity) ใช้เครื่องวัด Mini Disk Infiltrometer
- สภาพนำน้ำขณะอิ่มตัวของดิน (Saturated hydraulic conductivity; SHC) หรือ ค่า  $K_s$  (เมตร/วัน ; Infiltration rate)
- สภาพการนำน้ำไม่อิ่มตัว (Unsaturated hydraulic conductivity; UHC) หรือค่า  $K(0)$
- ความสูงสัมพัทธ์ของพื้นที่ (Relative elevation)
- ความลาดชันของพื้นที่ (Slope gradient)

- ตำแหน่งของลาดดิน (Slope position)
  - ดัชนีความชื้นที่สัมพันธ์กับสภาพภูมิประเทศ (Topographic Wetness Index : TWI)
  - ประเภทบนนิเวศหรือการใช้ที่ดิน



ภาพ 3.3 ตำแหน่งของสถานีตราชวัดสภาพภูมิอากาศบริเวณบ้านพามูบ ตำบลแม่ปู่ด อำเภอถัวแล ที่มา : สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร

(URL : <http://wea.haii.or.th/telemetering/landslide/>)

การวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูลปัจจัยสภาพแวดล้อมและการเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปใช้ในการศึกษาความสามารถของการกับน้ำของดิน ได้กำหนดตำแหน่งให้ครอบคลุมเฉพาะระบบนิเวศประเภทหลักของพื้นที่ศึกษา รวมถึงความแตกต่างกันตามสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ทำการคัดเลือกตำแหน่งของแปลงศึกษาความสามารถของการกักเก็บน้ำของตินให้สอดคล้อง กับการศึกษาสังคมพืชและปัจจัยแวดล้อม โดยในเบื้องต้นได้จำแนกประเภทบันนิเวศที่อยู่บนเขาสูงชันออกเป็น 2 ระบบหลัก ได้แก่ (1) ป่าเบญจพรพรรณผลไม้ไผ่ และ (2) สวนไม้ผลแบบบ้านเกษตร ซึ่งทำการคัดเลือกพื้นที่แปลงศึกษาอย่างน้อยจำนวน 1 แห่ง สำหรับระบบบันนิเวศแต่ละประเภท

2) ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลปัจจัยในการควบคุมปริมาณความชื้นในดินและข้อมูลสภาพแวดล้อมของทุกแปลงศึกษา พร้อมทั้งดำเนินการเก็บตัวอย่างดิน (Soil sampling) และศึกษาหน้าตัดดิน

(Soil profile description) เพื่ออธิบายโครงสร้างและคุณลักษณะของดินที่มีผลต่อระบบนิเวศประเภทต่างๆ โดยตัวอย่างดินจะถูกเก็บรวบรวมที่ทุกระดับชั้นดิน (Soil horizon) ทั้งนี้ ในแต่ละแปลงศึกษา จะดำเนินการเก็บตัวอย่างดินที่ 3 ตำแหน่งของดิน ได้แก่ ตอนบน (Upper slope) ตอนกลาง (Mid slope) และตอนล่าง (Down slope) จากนั้น ตัวอย่างดินทั้งหมดจะถูกนำไปห้องปฏิบัติการและผ่านให้แห้ง (Air-dried soil) และบดโดยผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร แล้วนำมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติดินดังนี้

- ระดับความชื้นของดินโดยมวล (Moisture content: % by weight)
- เนื้อดิน (Soil texture)
- ความหนาแน่นรวม (Bulk density)
- ความหนาแน่นอนภาคของดิน (Particle density)
- ความพรุนของดิน (Soil porosity)
- สภาพการนำน้ำไม่อิ่มตัว (Unsaturated hydraulic conductivity)

3) การติดตามตรวจสอบความชื้นในดิน (Soil moisture monitoring) โดยทำการติดตั้งสถานีตรวจจับความชื้นในดิน (Soil Moisture Station) ซึ่งจะทำการตรวจวัดระดับความชื้นของดินโดยปริมาตร (Volumetric soil water content: VSWC) ในทุก 60 นาที ที่ระดับความลึกของดิน 4 ระดับ ได้แก่ ดินชั้นบน (Top soil) บริเวณที่พืชสามารถหยั่งรากไปถึงได้ (Root zone) และด้านล่างของบริเวณราก (Below root zone) ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัด (Integrated sensors) เพื่อเก็บรวบรวมชุดข้อมูลระดับความชื้นและอุณหภูมิของดิน ในแต่ละช่วงเวลา

4) การวัดอัตราการแทรกซึมของน้ำในดิน ด้วยเครื่องวัดอัตราการซึมน้ำของดินแบบถักกลม (Double-ring infiltrometer) ซึ่งเป็นโลหะทรงกระบอกปิดทั้ง 2 ด้าน จำนวนสองกระบอก โดยกระบอกในมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 12 นิ้ว ยาว 12 นิ้ว การทำด้วยเหล็กหนาไม่เกิน 0.08 นิ้วขณะที่ กระบอกนอกเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่ากระบอกในอย่างน้อย 8 นิ้ว ยาว 8 นิ้ว ทั้งนี้ การวัดอัตราการแทรกซึมของน้ำในดิน จะดำเนินการวัด 2 ครั้ง สำหรับทุกแปลงศึกษา

5) การวัดค่าความชุ่มและความชื้นภาคสนาม (FC) จะประมาณค่าจากการวัดเบอร์เช็นต์ความชื้นที่ความเครียด 1/3 บรรยากาศของดิน ด้วยการใช้ Pressure cooker กับตัวอย่างดินมาทำให้อิ่มตัวด้วยน้ำ

6) การประเมินความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินภายใต้ชั้นเรือนยอดของหมู่ไม้นั้น จะแสดงถึงปริมาณของน้ำสูงสุดที่จะถูกเก็บไว้ในดินและน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช (Plant available water: AW) โดยประเมินได้จากความสามารถในการซับน้ำของดิน (SWHC) ซึ่งเป็นผลต่างระหว่างค่าความชื้นภาคสนาม (FC, ความชื้นของดินที่ถูกแรงดึงดูดน้อยกว่า -1/3 bars) กับ ค่าความชื้นที่จุดเหี่ยວตัวร (PWP, ความชื้นของดินที่ถูกแรงดึงดูดน้อยกว่า -15 bars) โดยคำนวณจากสมการดังนี้

$$AW = FC - PWP$$

7) ค่าดัชนีแสดงความชื้นที่มีความสัมพันธ์กับสภาพภูมิประเทศ (TWI) มีความสัมพันธ์กับระยะทางจากทางน้ำ และปริมาณของน้ำที่ไหลรวมกันลงสู่ทางน้ำ (Flow accumulation) ซึ่งสร้างมาจากการวิเคราะห์สภาพพื้นพื้นของภูมิประเทศ (Terrain Analysis) และการวิเคราะห์ทางอุกภิวิทยา ด้วยข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (DEM) โดย TWI สามารถคำนวณได้จากสมการตามรายงานของ Wilson and Gallant (2000)

$$TWI = \ln\left(\frac{As}{ten\beta}\right)$$

เมื่อ  $As$  = พื้นที่จำเพาะของลุ่มน้ำย่อย ( $m^2/m$ ) หากได้จากพื้นที่ให้น้ำสะสมของกริดเซลล์ หนึ่งๆ หารด้วยความกว้างของแต่ละกริดเซลล์ และ  $\beta$  = มุมของความลาดชัน (องศา)

### 3.2.3.4 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการตกของฝน สภาพทางกายภาพ และการกักเก็บน้ำของดินของระบบนิเวศประเทศหลัก

(1) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลปริมาณน้ำฝนกลางแจ้ง (Rainfall, R) ชุดข้อมูลความชื้นในดินที่ระดับความลึกต่างกัน และข้อมูลปัจจัยในการควบคุมปริมาณความชื้นในดินภายใต้ระบบนิเวศแต่ละประเทศ จำเป็นต้องตรวจสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality) ของกลุ่มข้อมูลดังกล่าว โดยใช้ Kolmogorov-smirnov test (K-S test) เพื่อทดสอบเบื้องต้นว่าข้อมูลมีลักษณะการกระจายแบบปกติหรือไม่ หากพบว่าข้อมูลชุดใดมีการกระจายของข้อมูลไม่เป็นปกติ (กำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05) ชุดข้อมูลดังกล่าวจะถูกแปลงข้อมูลโดยใช้ค่า log (Logarithmic Transformation) เพื่อให้ในการคำนวณทางสถิติต่อไป

(2) การประเมินความแตกต่างกันของความชื้นในดินที่แต่ละระดับความลึก (Top soil, root zone, and below root zone) ภายใต้ระบบนิเวศหลักแต่ละประเทศ รวมถึงการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณความชื้นในดินภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน (Potential regulating factors) จะใช้วิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance: ANCOVA) เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละครั้ง (Rainfall event) มีความแตกต่างกันและยังมีอิทธิพลโดยตรงต่อความชื้นในดินที่แต่ละระดับความลึก ดังนั้นการเปรียบเทียบความชื้นในดินภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องควบคุมอิทธิพลของตัวแปรร่วม (Covariate) ซึ่งได้แก่ปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละครั้ง เพื่อให้ผลการเปรียบเทียบมีความถูกต้องยิ่งขึ้น

(3) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงนิเวศของความชื้นในดิน เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในการควบคุมปริมาณความชื้นในดินกับความชื้นในดินแต่ละระดับความลึกภายใต้ระบบนิเวศที่แตกต่างกัน ทั้ง 6 ประเทศ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การจัดลำดับชั้น (Ordination Analysis) Detrended correspondence analysis (DCA) ด้วยโปรแกรม PC-ORD นอกจากนี้ การวิเคราะห์ Redundancy analysis (RDA) ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ร่วมกับระหว่างการวิเคราะห์การจัดลำดับชั้นและการวิเคราะห์การคาดถอยเชิงช้อน (Multiple regression) จะนำมาใช้เพื่อกันหาปัจจัยในการควบคุมปริมาณความชื้นในดินที่สามารถอธิบายการแปรผันของความชื้นในดินได้ในระดับสูง ดังนั้น ชุดข้อมูลต่างๆ ที่อยู่ในมาตรฐานบัญญัติ (Nominal) “ได้แก่ ตำแหน่งของลาดต้น และประเภทการใช้ที่ดิน/ระบบนิเวศ จะต้องถูกกำหนดรหัสให้เป็นตัวเลขก่อนทำการวิเคราะห์ RDA

(4) การศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณฝนและความชื้นในดินที่แต่ละระดับความลึกภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เป็นการวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณความชื้นในดินที่จะเกิดขึ้นและปริมาณความชื้นในดินเริ่มต้น (Initial soil moisture) กับปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละครั้งและปริมาณน้ำฝนสะสม (Cumulative rainfall) ตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลด้วยการวิเคราะห์การคาดถอยเชิงช้อน (Multiple regression)

### 3.2.3.5 กำหนดแนวทางบรรเทาผลกระทบของภัยพิบัติดินถล่มต่อความสามารถในการเก็บกักน้ำในดินบริเวณพื้นที่ต้นน้ำ

คณะกรรมการฯร่วมกับองค์กรบริหารส่วนตำบลแม่ปู่ เทศบาลตำบลหัวดง และภาคีเครือข่าย ดำเนินการจัดประชุมเฉพาะกลุ่มระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง เพื่อเป็นการจัดพื้นที่ให้ผู้ที่เกี่ยวข้องได้เข้ามาร่วมกันแลกเปลี่ยนข้อมูล/ ประสบการณ์ รวมความคิดเห็น รวมทั้งรับทราบผลการศึกษาวิจัยที่ได้ดำเนินการไปแล้ว โดยให้ผู้ที่เข้าประชุมได้มีส่วนร่วมในการผลักดันให้ผลการศึกษาวิจัยนำไปสู่การใช้ประโยชน์ในพื้นที่ศึกษา ทั้งนี้ แนวทางบรรเทาผลกระทบของภัยพิบัติดินถล่มต่อความสามารถในการเก็บกักน้ำในดินของระบบนิเวศประเภทหลักบริเวณพื้นที่ต้นน้ำของตำบลแม่ปู่ จะได้จากการร่วมกับประชาชนชาวเสนาหาทางออกของกลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ซึ่งอยู่บนฐานของการมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่น



## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

**4.1 สำรวจนักศึกษา ติดต่อหน่วยงานภาครัฐและองค์กรในพื้นที่ และเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการศึกษาผลกระทบของการเกิดภัยพิบัตินอกลุ่มที่มีต่อความสามารถในการเก็บกักน้ำในดิน**

- (1) ดำเนินการติดต่อ องค์กรบริหารส่วนตำบลแม่พูล เทศบาลตำบลหัวดง สถานีพัฒนาที่ดิน อุตรดิตถ์ และองค์กรภาคประชาชนในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ เครือข่ายแจ้งเหตุธรณีพิบัติภัยตำบลแม่พูล (สนับสนุนโดยกรมทรัพยากรธรรมชาติ) สมาชิกกองทัพร่วมผลผลิตทรัพยากรธรรมชาติตำบลแม่พูล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแนะนำโครงการวิจัยและชี้แจงความเป้าหมายของโครงการวิจัยให้แก่ องค์กรตั้งกล่าว และประชาสัมพันธ์โครงการวิจัย (ภาพ 1.4 )
- (2) ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของชุมชนท้องถิ่นในพื้นที่ตำบลแม่พูล ได้แก่ ข้อมูลปริมาณ น้ำฝนรายวันจากสำนักงานเกษตรอำเภอแล และข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายหมู่บ้านจาก เครือข่ายแจ้งเหตุธรณีพิบัติภัยตำบลแม่พูล สำหรับการรวบรวมข้อมูลด้านภาษาฯ เศรษฐกิจ สังคม รวมถึงข้อมูลด้านนโยบายและแผนปฏิบัติการ ดำเนินการขอความอนุเคราะห์จากหน่วยงาน ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง



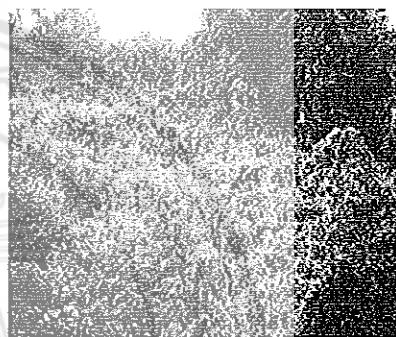
ภาพ 4.1 การประชุมเฉพาะกลุ่ม ณ บ้านตัวแทนเครือข่ายเฝ้าระวังแจ้งเตือนภัยดินถล่มตำบลแม่พูล หมู่ 7 บ้านผามูบ ตำบลแม่พูล อำเภอแลบ จังหวัดอุตรดิตถ์ เพื่อแนะนำโครงการวิจัยและชี้แจงความเป้าหมายของโครงการวิจัย และขอเข้าใช้พื้นที่

#### 4.2 การจำแนกประเภทการใช้ที่ดินและระบบนิเวศหลักภายในพื้นที่ศึกษา

คณะกรรมการวิจัยเข้าสำรวจการใช้ที่ดินปัจจุบันในพื้นที่ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล เพื่อจำแนกประเภทการใช้ที่ดินและชนิดป่าไม้บริเวณพื้นที่ศึกษาปี พ.ศ. 2558 โดยคณะกรรมการวิจัยได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดินปี 2555 ของพื้นที่ตำบลแม่พูล จากโครงการวิจัย “การประเมินศักยภาพที่ดินและแนวทางการจัดรูปที่ดินเพื่อกำหนดเขตเกษตรเศรษฐกิจและพื้นที่คุ้มครองบริเวณแหล่งต้นน้ำบนพื้นที่ภูเขาสูงชัน” ภายใต้การสนับสนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) (ภาพ 4.3) และได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม THEOS ที่บันทึกภาพในปี 2558 จากแผนบัญชีติดงานวิจัย “โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาการบังกันแก้ไขดินถล่มบนที่สูงชันตามแนวพระราชดำริ” ภายใต้การดำเนินการของมูลนิธิชัยพัฒนา ซึ่งในเบื้องต้นคณะกรรมการวิจัยได้สำรวจและกำหนดการใช้ที่ดินประเภทหลักของตำบลแม่พูล ดังแสดงในภาพ 4.2



สวนไม้ผลสมบูรณ์พื้นที่สูงชัน



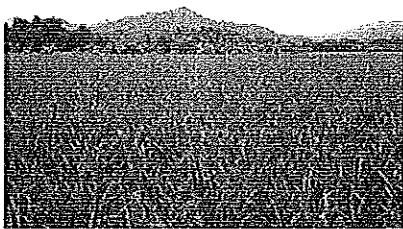
สวนไม้ผลสมบูรณ์พื้นที่สูงชันที่เกิดดินถล่ม



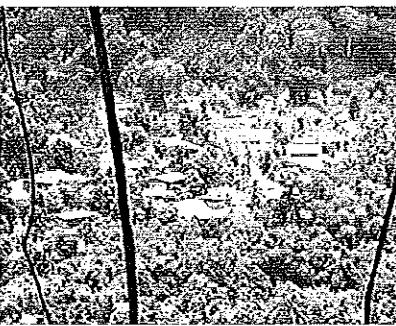
สวนไม้ผลสมบูรณ์ราบ



สวนไม้ผลสมบูรณ์ราบที่เสียหายจากดินถล่ม



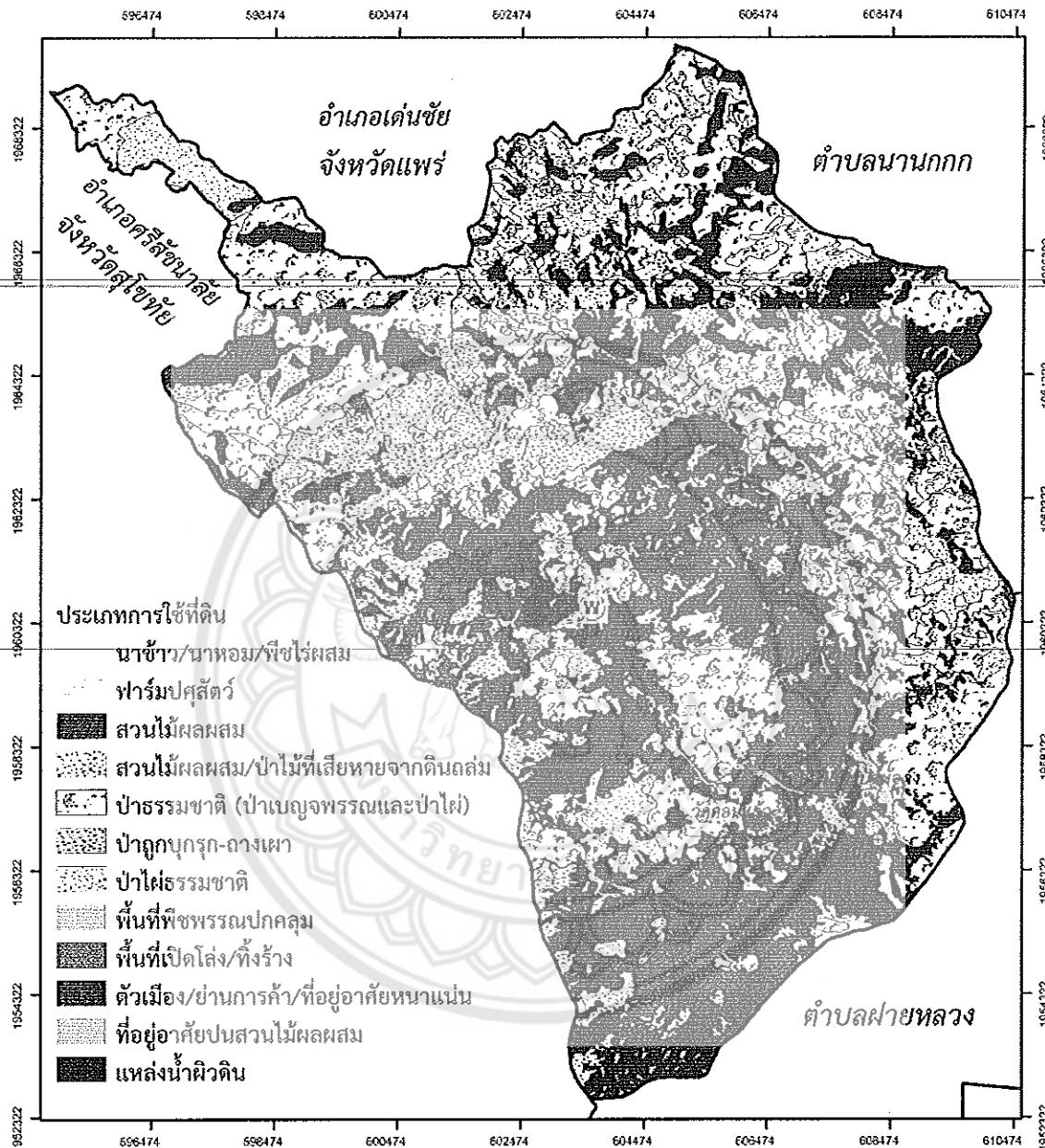
นาข้าวบริเวณที่ราบลุ่มของตำบลแม่พูล



แหล่งที่อยู่อาศัย

ภาพ 4.2 การใช้ที่ดินประเภทหลักของตำบลแม่พูล

ภาพแสดงประเภทการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2555 บริเวณตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์



ภาพ 4.3 การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2555 บริเวณต้าบลแม่พุล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

#### 4.3 การศึกษาความสามารถในการเก็บกักน้ำในดินของระบบนิเวศประเภทหลัก

##### (1) การวิเคราะห์โครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืช

คณะวิจัยได้ดำเนินการกำหนดตำแหน่งวางแผนตัวอย่างบริเวณพื้นที่ศึกษา เขาม่อนน้ำชา หมู่ 7 บ้าน พฤษภาคม ตำบลแม่พู่ อำเภอสบแล จังหวัดอุตรดิตถ์ เพื่อใช้เป็นแปลงศึกษาโครงสร้างของสังคมพืชและสัณฐานวิทยาของชั้นหน้าตัดดินของระบบนิเวศหลักบริเวณพื้นที่ศึกษา ทั้งนี้ ได้ดำเนินการวางแผนแปลงศึกษาโครงสร้างของสังคมพืชสำหรับระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้และสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร ทั้งที่เกิดดินคลุมและไม่เกิดดิน คลุม โดยได้วางแปลงศึกษาขนาด 0.1 เฮกเตอร์ ( $20 \text{ เมตร} \times 50 \text{ เมตร}$ ) และภายใต้แปลงขนาด  $20 \text{ เมตร} \times 50 \text{ เมตร}$  ทำการแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด  $10 \text{ เมตร} \times 10 \text{ เมตร}$  จำนวน 10 แปลง พื้นที่ทั้งหมดเป็นแปลงย่อยขนาด  $4 \text{ เมตร} \times 4 \text{ เมตร}$  และ  $1 \text{ เมตร} \times 1 \text{ เมตร}$  บริเวณมุมโดยมุมหนึ่งภายในทุกๆ แปลงย่อยขนาด  $10 \text{ เมตร} \times 10 \text{ เมตร}$  หลังจากนั้นทำการเก็บข้อมูลสังคมพืช เพื่อกำหนดชนิดพันธุ์ไม้เด่นในระบบนิเวศแต่ละประเภทที่ใช้ในการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดของหมู่ไม้ โดยรายละเอียดแปลงศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืชของระบบนิเวศแต่ละประเภทแสดงในตาราง 4.1 และสภาพของแปลงสำรวจแสดงในภาพ 4.4 ถึงภาพ 4.7

ตาราง 4.1 คุณลักษณะของแปลงศึกษาโครงสร้างของสังคมพืชและสัณฐานวิทยาของชั้นหน้าตัดดินของระบบนิเวศหลักบริเวณพื้นที่ศึกษา

รหัสแปลง ประจำ	ที่ดิน ที่ดิน	พิกัดตำแหน่งกลางแปลงศึกษา ที่น้ำที่ดิน (UTM Zone 47)	ความกว้าง ของที่ดินที่ดิน (เมตร)	ความยาว ของที่ดินที่ดิน (เมตร)	จำนวนของลาด ดิน	ทิศด้านนาฬิกา (องศา)	การปกคลุม เรื่องยอด		บริบทของ พื้นที่ดินกำเนิด
							การปกคลุม เรื่องยอด (%)	บริบทของ พื้นที่ดินกำเนิด	
BNSL01	-	607075	1959365	265	30-38	Up Slope	E (98)	59	SD, SL, SH
BNSL02	-	607118	1959334	262	41-47	Up Slope	SE (113)	45	SD, SL, SH
BSSL01	4	606082	1959457	267	74-78	Up Slope	NE (46)	5	SD, SL, SH
BSSL02	5	607108	1959433	259	63-67	Up Slope	E (99)	5	SD, SL, SH
FNSL01	-	607318	1959412	146	29-32	Down Slope	NE (40)	39	SL, SH
FNSL02	-	607306	1959344	143	38	Down Slope	E (91)	37	SD, SL, SH
FSSL01	3	607230	1959455	153	46	Down Slope	SE (125)	18	SD, SL, SH
FSSL02	5	607143	1959519	157	44	Down Slope	N (36)	22	SD, SL, SH

หมายเหตุ : FNSL: ระบบนิเวศวนเกษตรแบบสวนไม้ผลผสม, FSSL: ระบบนิเวศวนเกษตรแบบสวนไม้ผลผสมที่เกิดดินคลุม, BNSL: ป่าเบญจพรรณผสมไม้, BSSL: ป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่เกิดดินคลุม, MNSL: ป่าเบญจพรรณ, MSSLป่าเบญจพรรณที่เกิดดินคลุม; <sup>a</sup> - : ไม่เกิดดินคลุม, 1: ต่ำมาก, 2: ต่ำ, 3: ปานกลาง, 4: สูง, 5: สูงมาก; <sup>b</sup> SD: ทิศเหนือ, SL: ทิศ西南, SH: ทิศดินดาน MD: ทิศโคลน



รหัสแปลง BNSL01 : ระบบนิเวศป่าเบญจพารณ์สมไฝ



รหัสแปลง BNSL02 : ระบบนิเวศป่าเบญจพารณ์สมไฝ

ภาพ 4.4 สภาพพื้นที่ของแปลงศึกษาโครงสร้างสังคมพืชของระบบนิเวศป่าเบญจพารณ์สมไฝ

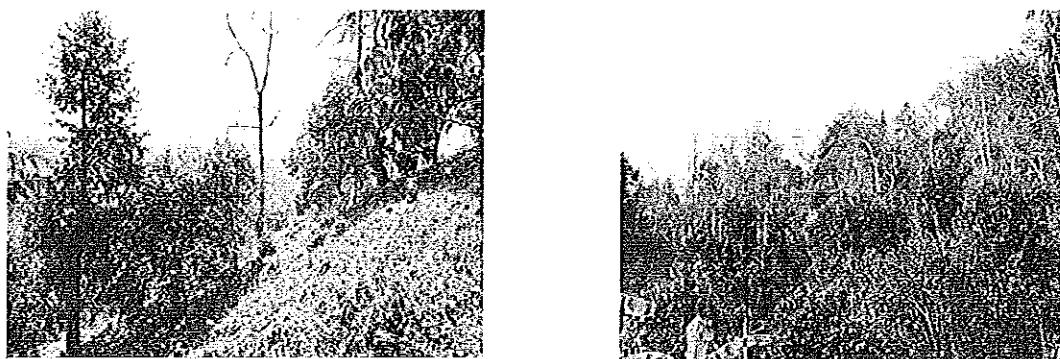


รหัสแปลง BSSL01 : ระบบนิเวศป่าเบญจพารณ์สมไฝที่เกิดดินถล่ม



รหัสแปลง BSSL02 : ระบบนิเวศป่าเบญจพารณ์สมไฝที่เกิดดินถล่ม

ภาพ 4.5 สภาพของแปลงศึกษาโครงสร้างสังคมพืชของระบบนิเวศป่าเบญจพารณ์สมไฝที่เกิดดินถล่ม



รหัสแปลง FNSL01 : ระบบนิเวศวนเกษตรแบบสวนไม้ผลผสม



รหัสแปลง FNSL02 : ระบบนิเวศวนเกษตรแบบสวนไม้ผลผสม

ภาพ 4.6 สภาพของแปลงศึกษาโครงสร้างสังคมพืชของระบบนิเวศวนเกษตรแบบสวนไม้ผลผสม



รหัสแปลง FSSL01 : ระบบนิเวศวนเกษตรแบบสวนไม้ผลผสมที่เกิดดินถล่ม



รหัสแปลง FSSL02 : ระบบนิเวศวนเกษตรแบบสวนไม้ผลผสมที่เกิดดินถล่ม

ภาพ 4.7 สภาพของแปลงศึกษาโครงสร้างสังคมพืชของระบบนิเวศวนเกษตรแบบสวนไม้ผลผสมที่เกิดดินถล่ม

### (1) การสำรวจโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืชในระบบป่าเบญจพรรณผสมไม้

การศึกษาองค์ประกอบและลักษณะโครงสร้างของสังคมพืชในป่าเบญจพรรณผสมไม้ บริเวณพื้นที่ศึกษา ในเขตเขาม่อนน้ำคำ หมู่ 7 บ้านพามูบ ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ พบว่า ไม้ยืนต้นส่วนใหญ่เป็น พรรณไม้ประจำผลัดใบ เช่น ประดู่ป่า สมอพีเกก ตะแบกเปลือกบาง ผาเสี้ยน ข้ออ้าย และมะเกลือ เป็นต้น ขณะที่พรรณไม้ป้าดิบแล้งมีขึ้นปะปนบ้าง เช่น ตะเคียนหู แล้วก็แคน เป็นต้น พื้นป่ามีลักษณะปะรุงไม่รกราก โดย มีไฟช่างและไฟเรืองอยู่เป็นจำนวนมาก สำหรับเรื่องยอดซันบนของระบบป่าเบญจพรรณนี้มีความสูงประมาณ 19-23 เมตร สำหรับองค์ประกอบของชนิดพื้นธัญพืชระดับไม้ใหญ่ (Tree) สำรวจพบพรรณพืชทั้งหมด 64 ชนิด 53 สกุล 33 วงศ์ สังคมพืชของระบบป่าเบญจพรรณผสมไม้พื้นที่หน้าตัดของไม้ใหญ่โดยรวม เท่ากับ 13.27 ตาราง เมตรต่อไร่ หรือ 2.12 ตารางเมตรต่อไร่ สำหรับชนิดไม้ใหญ่ที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดสูงสุด 5 วัดดับแรก ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) มะเก็ม (*Canarium subulatum* Guill.) สมอพีเกก (*Terminalia bellirica* (Gaertn.) Roxb.) ผาเสี้ยน และ ตะแบกเปลือกบาง มีค่าพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 3.45, 2.74, 1.07, 0.47, และ 0.41 ตารางเมตรต่อไร่ตามลำดับ หรือ 0.55, 0.44, 0.17, 0.08, และ 0.07 ตารางเมตรต่อไร่ ตามลำดับ เมื่อประเมินความเด่นของชนิดไม้ในสังคม โดยใช้ค่าดัชนีความสำคัญ (VI) พบว่าชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญ สูงสุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ ประดู่ มะเก็ม สมอพีเกก ตะแบกเปลือกบาง และคำแปด มีค่าเท่ากับ 32.58, 22.61, 20.25, 14.71 และ 12.39 ตามลำดับ (ตาราง 4.2)

ตาราง 4.2 องค์ประกอบของชนิดไม้เด่น 10 อันดับแรกในสังคมป่าเบญจพรรณผสมไม้

ลำดับ	ชนิดพื้นธัญ	D	Do	F	RD	RDO	RF	VI	H'
1	ประดู่	3.20	0.552	0.133	3.468	26.011	3.101	32.580	0.117
2	มะเก็ม	1.07	0.439	0.033	1.156	20.676	0.775	22.607	0.052
3	สมอพีเกก	6.93	0.172	0.200	7.514	8.086	4.651	20.251	0.194
4	ตะแบกเปลือกบาง	6.40	0.066	0.200	6.936	3.124	4.651	14.712	0.185
5	คำแปด	4.27	0.050	0.233	4.624	2.335	5.426	12.385	0.142
6	มะดูก	4.27	0.043	0.167	4.624	2.022	3.876	10.522	0.142
7	กาขี้มุด	4.27	0.046	0.133	4.624	2.147	3.101	9.873	0.142
8	ปอดeng	3.20	0.045	0.167	3.468	2.111	3.876	9.455	0.117
9	ผาเสี้ยน	2.13	0.075	0.133	2.312	3.556	3.101	8.969	0.087
10	ตะพุนแข่า	2.67	0.041	0.167	2.890	1.935	3.876	8.701	0.102

หมายเหตุ : ค่าความหนาแน่น (D; ต้น/ไร่) ความเด่น (Do; ตารางเมตร/ไร่) ความถี่ (F; %) ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (RD; %) ความเด่นสัมพัทธ์ (RDO; %) ความถี่สัมพัทธ์ (RF; %) ดัชนีความสำคัญ (VI) และ ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพื้นธัญไม้ใหญ่ (H')

### (2) การสำรวจโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืชในระบบป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่เกิดดินถล่ม

การศึกษาองค์ประกอบและโครงสร้างของสังคมพืชในป่าเบญจพรรณผสมไม้ภายหลังจากการเกิดดินถล่ม ในเดือนพฤษภาคม 2549 บริเวณพื้นที่ศึกษาในเขตหมู่ 7 บ้านพามูบ ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ พบว่า บริเวณแปลงศึกษาดังกล่าว ยังมีพรรณไม้ป้าบางส่วนที่ไม่ได้รับความเสียหายจากการถล่ม ขณะที่กระบวนการทดแทนตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นหลังจากการเกิดดินถล่ม แสดงให้เห็นถึงร่องรอยต้นไม้ที่ถูกตัดขาดและล้ม 倒木 ที่ต้องการการฟื้นฟูและการรักษาไว้ในระยะยาว

ส่วนใหญ่ถูกปกคลุมด้วยพืชล้มลุก กล้าไม้เป็นต้น กล้าไม้ป่าดังเดิมในท้องถิ่น และไม้เลี้ยง เช่น ตองคง กล้าแดง กล้ามะเดื่อปัลลังหิน รางจีด กุดดอย และลิเกา เป็นต้น ขณะที่ไม้ยืนต้นที่ปรากฏในพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นไม้เป็นต้นที่โตเร็ว เช่น ปอกระสา มะเดื่อปัลลัง และ มะเดื่อปัลลังหิน เป็นต้น ซึ่งเป็นชนิดพันธุ์ไม้เรือนยอดของไม้ชั้นบนของพื้นที่โดย ส่วนใหญ่มีความสูงประมาณ 6-11 เมตร ขณะที่ไม้ป่าเศรษฐกิจในท้องถิ่นจำนวนไม่นานักที่ยังคงอยู่หลังจากการ เกิดดินคลุ่ม ได้แก่ แดง และ ยนหอม ซึ่งเป็นชนิดพันธุ์ไม้ป่าดังเดิมที่มีความสูงประมาณ 15-18 เมตร

สำหรับองค์ประกอบของชนิดพันธุ์พืชระดับไม้ใหญ่ (Tree) สำรวจพบพรรณพืชทั้งหมด 28 ชนิด 20 สกุล 15 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลาย ( $H'$ ) ของไม้ใหญ่ เท่ากับ 2.31 สังคมพืชของป่าเบญจพรรณผสมໄฟ่ที่เกิดดิน คลุ่มมีขนาดพื้นที่หน้าตัดโดยรวมของไม้ใหญ่ เท่ากับ 2.84 ตารางเมตรต่อไร่กตาร์ หรือ 0.46 ตารางเมตรต่อไร่ สำหรับความหนาแน่นของไม้ใหญ่ในป่าเบญจพรรณผสมໄฟ่ที่เกิดดินคลุ่ม เท่ากับ 520 ต้นต่อไร่กตาร์ หรือ 83.2 ต้น ต่อไร่ ชนิดพันธุ์ไม้ใหญ่ที่มีค่าดัชนีความสำคัญ (IV) สูงสุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ มะเดื่อปัลลังหิน แดง การขึ้นอุด ปอ กระสา และเก็ตคำ มีค่าเท่ากับ 100.20, 44.67, 23.31, 16.61 และ 12.77 ตามลำดับ (ตาราง 4.3)

ตาราง 4.3 องค์ประกอบของชนิดไม้เด่น 10 อันดับแรกในสังคมป่าเบญจพรรณผสมໄฟ่ที่เกิดดินคลุ่ม

ลำดับ	ชนิดพันธุ์	D	Do	F	RD	RDO	RF	IV	$H'$
1	มะเดื่อปัลลังหิน	35.73	0.137	0.633	42.949	30.110	27.143	100.202	0.363
2	แดง	7.47	0.104	0.300	8.974	22.835	12.857	44.667	0.216
3	การขึ้นอุด	6.40	0.039	0.167	7.692	8.479	7.143	23.314	0.197
4	ปอกระสา	2.67	0.035	0.133	3.205	7.694	5.714	16.613	0.110
5	เก็ตคำ	4.27	0.022	0.067	5.128	4.786	2.857	12.771	0.152
6	ปั้น	4.80	0.013	0.067	5.769	2.897	2.857	11.523	0.165
7	เปล้า	3.20	0.010	0.100	3.846	2.162	4.286	10.294	0.125
8	ประดู่ตะเลน	2.67	0.010	0.067	3.205	2.236	2.857	8.298	0.110
9	เพกา	1.60	0.013	0.067	1.923	2.884	2.857	7.664	0.076
10	มะเดื่อปัลลัง	1.07	0.003	0.067	1.282	0.575	2.857	4.714	0.056

หมายเหตุ : ค่าความหนาแน่น (D; ต้น/ไร่) ความเด่น (Do; ตารางเมตร/ไร่) ความถี่ (F; %) ความหนาแน่นล้มพัง (RD; %) ความเด่นล้มพัง (RDO; %) ความถี่ล้มพัง (RF; %) ดัชนีความสำคัญ (IV) และ ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ใหญ่ ( $H'$ )

### (3) การสำรวจโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืชในระบบนิเวศสวนไม้ผลสมบahnเกษตร

องค์ประกอบของและลักษณะโครงสร้างของสังคมพืชในสวนไม้ผลสมบahnเกษตรบริเวณพื้นที่ศึกษา ส่วนใหญ่เป็นชนิดพันธุ์ไม้ผลเศรษฐกิจที่มีการปลูกแพร่ร่วมกับพรรณไม้ป่าดังเดิมในท้องถิ่นมาแต่เดิมได้แก่ ทุเรียนสายพันธุ์ต่างๆ (*Durio zibethinus* Murr.) ลางสาด (*Lansium domesticum*) ลองกอง (*Aglaia dookkoo*) มังคุด (*Garcinia mangostana* L.) ซึ่งพรรณไม้ผลเศรษฐกิจตั้งกล่าวได้มีการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีและนำเข้ามาปลูกในท้องถิ่นของตำบลแม่ปูล อำเภอลับแล เป็นระยะเวลานานกว่าร้อยปีมาแล้ว สำหรับองค์ประกอบของชนิดพันธุ์ไม้ใหญ่ (Tree) สำรวจพืชทั้งหมด 16 ชนิด 16 สกุล 12 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลาย ( $H'$ ) ของไม้ใหญ่ เท่ากับ 1.37 สังคมพืชในสวนไม้ผลสมบahnเกษตรขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ใหญ่โดยรวม เท่ากับ 10.08 ตารางเมตรต่อไร่กตาร์ หรือ 1.61 ตารางเมตรต่อไร่ เมื่อประเมินความเด่นของชนิดไม้ในสังคมโดยใช้ค่าดัชนี

ความสำคัญ (IV) พบร่วมนิมิตไม่ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ ลาสاد ทุเรียน ยางแดง มังคุด และมะนาว มีค่าเท่ากับ 129.05, 93.42, 20.90, 11.90 และ 10.31 ตามลำดับ (ตาราง 4.4)

#### ตาราง 4.4 องค์ประกอบและคุณลักษณะของสัตว์ในสวนไม้ผลสมัยวนเกษตร

ลำดับ	ชนิดพืช	D <sub>o</sub>	D <sub>o</sub>	F	R <sub>F</sub>	R <sub>D</sub>	R <sub>D<o></o></sub>	IV	H'
1	ลาสاد	38.86	0.317	0.833	46.053	63.354	19.646	129.05	0.289
2	ทุเรียน	9.9	0.843	0.452	25	16.149	52.269	93.42	0.294
3	ยางแดง	0.38	0.306	0.024	1.316	0.621	18.96	20.90	0.032
4	มังคุด	1.9	0.057	0.095	5.263	3.106	3.531	11.90	0.108
5	มะนาว	3.43	0.012	0.071	3.947	5.59	0.768	10.31	0.161
6	หมากผู้มาเบี้ย	1.9	0.005	0.048	2.632	3.106	0.301	6.04	0.108
7	กาขี้นมอัด	1.14	0.016	0.048	2.632	1.863	0.976	5.47	0.074
8	ເຫັກ	0.76	0.016	0.048	2.632	1.242	0.998	4.87	0.055
9	มะກอกป่า	0.38	0.014	0.024	1.316	0.621	0.898	2.84	0.032
10	ຍມໝອນ	0.38	0.012	0.024	1.316	0.621	0.742	2.68	0.032
11	ປອກຮາສາ	0.38	0.005	0.024	1.316	0.621	0.313	2.25	0.032
12	ແຄຫວາໜູງ	0.38	0.002	0.024	1.316	0.621	0.15	2.09	0.032
13	ກ່ຽວ	0.38	0.002	0.024	1.316	0.621	0.119	2.06	0.032
14	ຂ້າວສາຮາລວງ	0.38	0.002	0.024	1.316	0.621	0.119	2.06	0.032
15	ພັກແທຣ໌ຫຼູງ	0.38	0.002	0.024	1.316	0.621	0.119	2.06	0.032
16	ແຄຫາງຄ່າງ	0.38	0.001	0.024	1.316	0.621	0.091	2.03	0.032
รวม		61.33	1.612	1.810	100	100	100	300	1.373

#### (4) การสำรวจโครงสร้างและองค์ประกอบของสัตว์พืชในระบบป่าไม้ผลสมัยวนเกษตรที่เกิดดินถล่ม

การศึกษาองค์ประกอบและโครงสร้างของสัตว์พืชในสวนไม้ผลสมัยวนเกษตรที่เกิดดินถล่ม บริเวณพื้นที่ศึกษา พบร่วม ภายนอกจากการเกิดดินถล่มในเดือนพฤษภาคม ปี 2549 บริเวณแปลงศึกษา ยังคงมีพรรณไม้ผลเศรษฐกิจบางส่วนที่ไม่ได้รับความเสียหาย ขณะที่กระบวนการทดแทนตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นหลังจากเหตุการณ์ดินถล่ม แสดงให้เห็นถึงการปกคลุมของไม้พื้นล่างทั่วบริเวณพื้นที่ โดยพื้นล่างของสวนวนเกษตรที่เกิดดินถล่มถูกปกคลุมด้วยพืชล้มลุกประเภทหญ้าและเมล็ดเลือย เช่น ตองกอง กລ້ວຍປ້າ รวมถึงพืชตระกูลถั่ว ขณะที่ไม้ยืนต้นที่ปรากฏในพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นไม้เบิกนำของป่าดิบแล้ง (Dry evergreen forest) เช่น ตองแตง หรือ ปอຫຼ້າໃບເລືກ (Macaranga denticulata) มะเดื่อปล้องหิน และเต้าห่วง (Macaranga gigantea Muell.Arg.) เป็นต้น นอกจากนั้นยังมีไม้ผลเศรษฐกิจที่หลงเหลือจากการเกิดดินถล่มจำนวนมากพอสมควร ได้แก่ ลาสاد/ลองกอง ทุเรียน และมังคุด สำหรับองค์ประกอบของชนิดพืชที่ระดับไม้ใหญ่ ตรวจพบพรรณพืชทั้งหมด 28 ชนิด 24 สกุล 15 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลาย (H') ของไม้ใหญ่ เท่ากับ 2.63 สัตว์พืชบริเวณนี้มีขนาดพื้นที่หน้าตัดโดยรวมเท่ากับ 9.20 ตารางเมตรต่อไร่ เท่ากับ 1.47 ตารางเมตรต่อไร่ สำหรับความหนาแน่นของไม้ใหญ่ในสวนไม้ผลสมัยวนเกษตรที่เกิดดินถล่ม เท่ากับ 460.00 ตันต่อไร่ หรือ 73.60 ตันต่อไร่ เมื่อประเมินความเด่นของชนิดไม้ในสัตว์โดยใช้ค่าดัชนีความสำคัญ (IV) พบร่วมนิมิตไม่ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ ทอง

แทน ลงสาด มะหาดส้าน ข้าวสารหลวง ทุเรียน และ มีค่าเท่ากับ 46.91, 44.65, 33.26, 27.66 และ 24.61 ตามลำดับ (ตาราง 4.5)

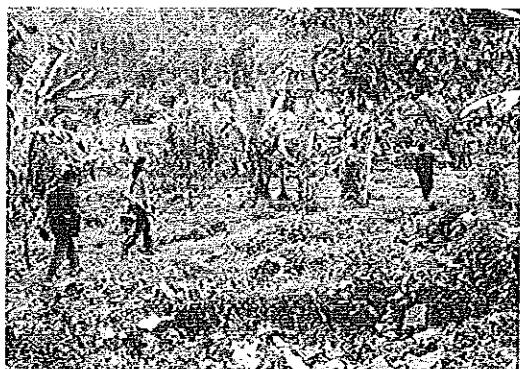
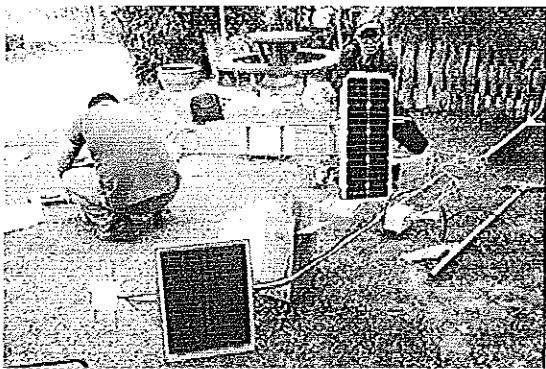
ตาราง 4.5 องค์ประกอบของชนิดไม้เด่น 10 อันดับแรกในสวนไม้ผลสมบูรณ์เกษตรที่เกิดดินถล่ม

ลำดับ	ชนิดพืช	D	Do	F	RD	Rdo	RF	MI	H'
1	ปอตองແຕບ	13.33	0.24	0.37	18.12	16.00	12.79	46.91	0.309
2	ลงสาด	14.93	0.17	0.37	20.29	11.57	12.79	44.65	0.324
3	มะหาดส้าน	0.53	0.46	0.03	0.73	31.37	1.16	33.26	0.036
4	ข้าวสารหลวง	8.53	0.05	0.37	11.59	3.28	12.79	27.66	0.25
5	ทุเรียน	2.13	0.25	0.13	2.90	17.06	4.65	24.61	0.103
6	ເຫັກ	5.87	0.04	0.23	7.97	2.41	8.14	18.52	0.202
7	มะເດືອບລ້ອງ	6.40	0.02	0.23	8.70	1.14	8.14	17.97	0.212
8	ສອຍດາວ	4.27	0.05	0.13	5.80	3.33	4.65	13.78	0.165
9	ຍມທອມ	1.60	0.06	0.10	2.17	4.35	3.49	10.01	0.083
10	ມະເດືອບປ້ອງທຶນ	2.13	0.03	0.10	2.90	1.84	3.49	8.23	0.103

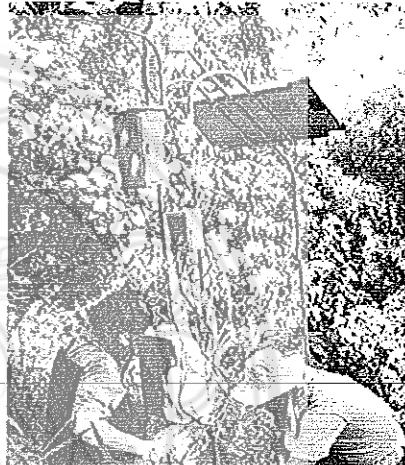
หมายเหตุ : ค่าความหนาแน่น (D; ต้น/ไร่) ความเด่น (Do; ตารางเมตร/ไร่) ความถี่ (F; %) ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (RD; %) ความเด่นสัมพัทธ์ (RDo; %) ความถี่สัมพัทธ์ (RF; %) ดัชนีความสำคัญ (MI) และ ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพืชที่มีใหญ่

#### 4.4 การศึกษาความสามารถของการกักเก็บน้ำของดิน

ดำเนินการติดตั้งสถานีวัดข้อมูลภูมิอากาศจำนวน 1 สถานี ที่พัฒนาโดย ศูนย์เทคโนโลยีโครงสร้างและทรัพยากรด (ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ : NECTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ประกอบด้วย เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนอัตโนมัติ เครื่องวัดความเข้มแสง เครื่องวัดอุณหภูมิ และเครื่องวัดความชื้นในอากาศ (ภาพ 4.8) พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องวัดความชื้นของดินและอุณหภูมิของดินที่ความลึก 5 ระดับ (10, 30, 60, 80 และ 110 cm) และเครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) ในระบบนิเวศสวนไม้ผลสมบูรณ์เกษตรที่เกิดดินถล่มและไม่เกิดดินถล่ม (ภาพ 4.9) แต่เนื่องจากอุปกรณ์วัดปริมาณน้ำฝนของ NECTEC มีปัญหาในการเก็บข้อมูลน้ำฝน เนื่องจากอุปกรณ์วัดปริมาณน้ำฝนถูกออกแบบมาไม่เหมาะสมกับลักษณะและรูปแบบการตกของฝนในพื้นที่ศึกษา จึงทำให้ต้องติดตั้งเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน (Tipping Bucket Rain Collector item no. 3665R) เครื่องใหม่จำนวน 1 เครื่องที่มีขนาดและระบบสอดคล้องกับสภาพการตกของฝนในพื้นที่ศึกษา พร้อมทั้ง เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ (Data logger รุ่น WatchDog 1000 Series Micro Stations) โดยเป็นเครื่องจากบริษัท THAI VICTORY (ภาพ 4.10)



ภาพเห็นบ่ายอุปกรณ์ติดตั้งสถานีบันทึกข้อมูลภูมิอากาศ



ภาพการติดตั้งสถานีบันทึกข้อมูลภูมิอากาศ

ภาพ 4.8 การติดตั้งสถานีวัดข้อมูลภูมิอากาศของ NECTEC ในพื้นที่ศึกษา



ภาพการติดตั้งเครื่องวัดความชื้นในดิน 5 ระดับความลึก

ภาพ 4.9 การติดตั้งเครื่องวัดความชื้นของดินและอุณหภูมิดินของ NECTEC ที่ความลึก 5 ระดับ



ภาพ 4.10 การติดตั้งเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนพร้อมเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติของบริษัท THAI VICTORY

#### 4.5 การศึกษาความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินของระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร

การศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินด้านโครงสร้างและสัณฐานวิทยาของชั้นหน้าตัดดิน (Soil profile) โดยขุดลุ่มน้ำดกกว้าง 1.5 เมตร  $\times$  1 เมตร และความลึกของชั้นดิน 1.5 เมตร เพื่อทำการศึกษาสัณฐานวิทยาและโครงสร้างดินในแต่ละชั้น รวมถึงการเก็บตัวอย่างดินแบบไม่ทำลายโครงสร้างดิน (ระบบทอกเก็บตัวอย่างดิน) และการเก็บตัวอย่างแบบทำลายโครงสร้างดิน (ถุงเก็บตัวอย่างดิน) ซึ่งเก็บตัวอย่างตามความลึกทั้งหมด 5 ระดับ ได้แก่ 0-10, 10-30, 30-60, 60-80, 80-110 และมากกว่า 110 เซนติเมตร สำหรับระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร และป่าเบญจพรรณผสมไม้ ภายใต้สถานการณ์ปกติและเกิดดินถล่ม และทำการวิเคราะห์คุณสมบัติดินด้านกายภาพ อุทกวิทยา และเคมี โดยวิเคราะห์ตัวแปรทั้งหมด ได้แก่ เนื้อดิน (Soil Texture) องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็ง (Soil solid : SVol.) องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ (Water volume : WVol.) และ องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ (Air volume : AVol.) ความหนาแน่นรวม (Bulk density : BD) ความหนาแน่นอนุภาค (Particle density : PD) ความพรุน (Porosity) อัตถะกษณ์ของน้ำในดินที่ระดับแรงดึงบรรยากาศ 0.1 บาร์ (0.1Bar), 0.33 บาร์ (Field capacity : FC), 1 บาร์ (1Bar) และ 15 บาร์

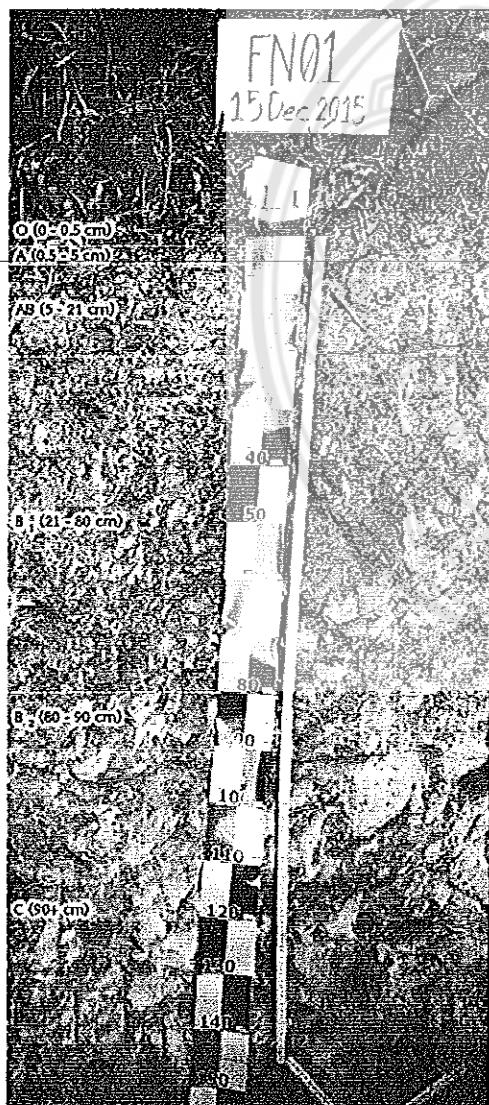
(Permanent wilting point : PWP) รวมถึงการวิเคราะห์ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน หรือน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available water capacity : AWC) อัตราการซึมน้ำของดิน (Infiltration : K) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) อินทรีย์วัตถุในดิน (Organic matter : OM) และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation exchange capacity : CEC) รวมถึงวิเคราะห์ข้อมูลคุณสมบัติดินเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติระหว่างระบบนิเวศแต่ละประเภททั้งภายในสถานการณ์ที่ไม่เกิดดินคลุมและเกิดดินคลุม ในระดับชั้นดินเดียวกัน จากนั้นวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินด้วยวิธีการแบบ Pearson correlation โดยสามารถวิเคราะห์ในภาพรวมโดยใช้ตัวแปรคุณสมบัติดินทั้งหมด เพื่อวิเคราะห์ ความสัมพันธ์โดยทั่วไปของตัวแปรคุณสมบัติดินต่างๆ กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน และวิเคราะห์ ความสัมพันธ์แบบจัดกลุ่มตัวอย่างตามระบบนิเวศ และจัดกลุ่มตัวอย่างตามระดับความลึกดิน สำหรับการศึกษา ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคุณสมบัติของดินกับความสามารถในการกักเก็บน้ำด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal component analysis : PCA) มีผลการศึกษาดังนี้

#### 4.5.1 โครงสร้างและสัณฐานวิทยาของดินในระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร

การศึกษาสัณฐานวิทยาและโครงสร้างของหน้าดินชั้นดินภายนอกให้ระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร ในสภาพปกติและสภาพที่เกิดดินคลุมในปี 2549 ทั้งนี้ การศึกษาชั้นหน้าดิน (Soil profile) ได้บุดหลุมขนาด กว้าง 1.5 เมตร  $\times$  1 เมตร และความลึกของชั้นดิน 1.5 เมตร จำนวนส่วนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินคลุม 2 หลุม และ ส่วนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เคยเกิดดินคลุม 2 หลุม ป่าเบญจพรรณผลไม้ 2 หลุม และป่าเบญจพรรณผลไม้ที่เคยเกิดดินคลุม 2 หลุม เพื่อทำการศึกษาสัณฐานวิทยาและโครงสร้างดินในแต่ละชั้น โดย พบว่า ส่วนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินคลุมมีดินชั้น O A AB B<sub>1</sub> B<sub>2</sub> และ ลูนดินชั้น C ตาราง 4.28 ขณะที่ในสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เคยเกิดดินคลุมนั้น ไม่มีดินชั้น O A และ AB และเป็นดินชั้น B ทั้งหมด และส่วนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เคยเกิดดินคลุมจะมีปริมาณของหินมากกว่าในแต่ละชั้นหน้าดิน ซึ่งเป็นผลมาจากการได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์ดินคลุมในปี 2549 อย่างไรก็ตาม ในภาพรวมคุณสมบัติดินภายนอกให้ทั้ง 2 สถานการณ์ไม่แตกต่างกันมากนัก เช่น โครงสร้างดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน (Subangular blocky) ความหนาแน่นของดิน ความเป็นพลาสติก และเนื้อดิน เป็นต้น ดังแสดงในตาราง 4.6 และ ตาราง 4.13 ซึ่งในระบบนิเวศ ป่าเบญจพรรณผลไม้มีลักษณะเช่นเดียวกับส่วนไม้ผลสมแบบวนเกษตร ซึ่งในพื้นที่ไม่เกิดดินคลุมจะพบชั้นที่มีปริมาณหินปะปน (Rock fragment) น้อยกว่าพื้นที่ที่เคยเกิดดินคลุม อย่างไรก็ตามในพื้นที่เกิดดินคลุมของสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร และป่าเบญจพรรณผลไม้มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยป่าเบญจพรรณผลไม้ที่เกิดดินคลุมสามารถพบบนชั้นดินที่เป็นหินได้ตั้งแต่ความลึกประมาณ 60 เซนติเมตร ขณะที่สวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินคลุมสามารถพบปริมาณหินปะปนเป็นจำนวนมากในชั้นดินที่ลึกกว่า 150 เซนติเมตร เนื่องจากบริเวณของพื้นที่สวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินคลุมอยู่บริเวณลาดดินตอนล่าง ซึ่งอาจทำให้เกิดการสะสมมวลดินมาใหม่จากด้านบนอันเนื่องมาจากตินคลุมหรือจากการชะล้างพังทลายในลาดดินตอนกลาง ทั้งนี้โดยทั่วไปในพื้นที่ศึกษาชั้นหน้าดินจะมีลักษณะเดียวกัน คือ ในดินบนที่เป็นดินชั้น O A และ AB จะมีลักษณะความเหนียว และความเป็นพลาสติกน้อยกว่าดินชั้นล่าง รวมถึงโครงสร้างของดินชั้นบนมีความแข็งแรงน้อยกว่าดินชั้นล่าง เนื่องจากองค์ประกอบดินจากการสำรวจภาคสนามในดินชั้นบนส่วนมากเนื้อดินมักจะเป็นดินร่วน หรือร่วนปนเหนียว ในขณะที่ดินชั้นล่างเป็นเนื้อดินเหนียว ดังนั้น ในพื้นที่ที่เกิดดินคลุมจะมีลักษณะดินชั้นบนคล้ายกับดินชั้nl ล่างของพื้นที่ที่ไม่เกิดดินคลุม เนื่องจากการหายไปของหน้าดินหลังเกิดดินคลุม

ตาราง 4.6 สัณฐานวิทยาของชั้นหน้าตัดดินภายในตัวระบบในสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร

Plot No.	Horizon	Depth (cm)	Dry color	Structure <sup>b</sup>	Form Boundary	Consist <sup>c</sup>	Root size/ Abundance	Rock fragment			Size weathering <sup>d</sup>	Field Texture
								Abundance	Shape	SL		
FN01	O	0-0.5	10YR5/2	SB	S	ns/np	VF/M F/M M/F C/VF VC/VF	F	SA	SL	Loam	
	A	0.5-5	10YR5/6	AB/SB	S	ss/sp	VF/C F/C M/F C/F VC/VF	F	SA	SL	Loamy clay	
	A8	5-21	5YR5/8	AB	W	ss/p	VF/C F/F MWF C/VF VC/F	C	SA	W	Clay	
	B <sub>1</sub>	21-80	5YR5/8	AB	W	vs/vp	VF/VF F/F MWF	M	SA	W	Clay	
							VCA/F					
	B <sub>2</sub>	80-90	5YR6/8	AB	W	vs/vp	F/VF VC/VF	A	SA	ST	Clay	
	C	90+	5YR6/8	AB	W	s/vp	VF/VF F/VF C/VF VC/VF	D	SA	ST	Clay	



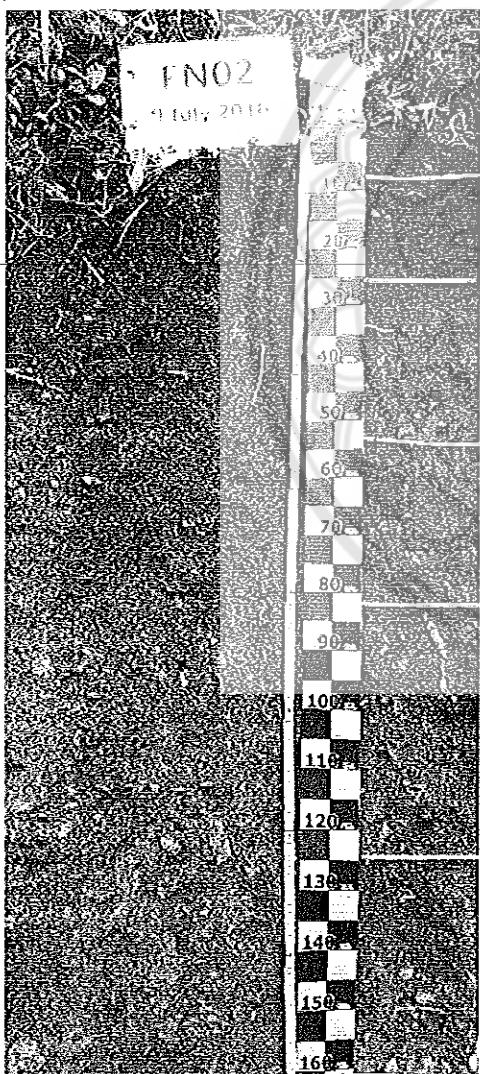
หมายเหตุ : <sup>a</sup>Ecosystem: FN, สวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร. <sup>b</sup>Type: AB, angular blocky; SB, subangular blocky. Form boundary: S, smooth; W, wave. <sup>c</sup>Consistance: ss, slightly sticky; s, sticky, vs, very sticky. Plasticity: np, non plastic; p, plastic; vp, very plastic. Root size: VF, very fill; F, fill; M, medium; C, coarse; VC, very coarse. Abundance: VF, very fine; F, fine; C, common. <sup>d</sup>Abundance:

F, fill; C, common; M, medium; A, abundance; D, dominant.

<sup>d</sup>Shape: A, angular; SA, subangular; SR, sub-rounded. <sup>d</sup>Size weathering: SL, slightly weathered; W, Weathered; ST, strong weathered.

ตาราง 4.7 สัณฐานวิทยาของชั้นหน้าตัดดินภายใต้ระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบนาเกษตร

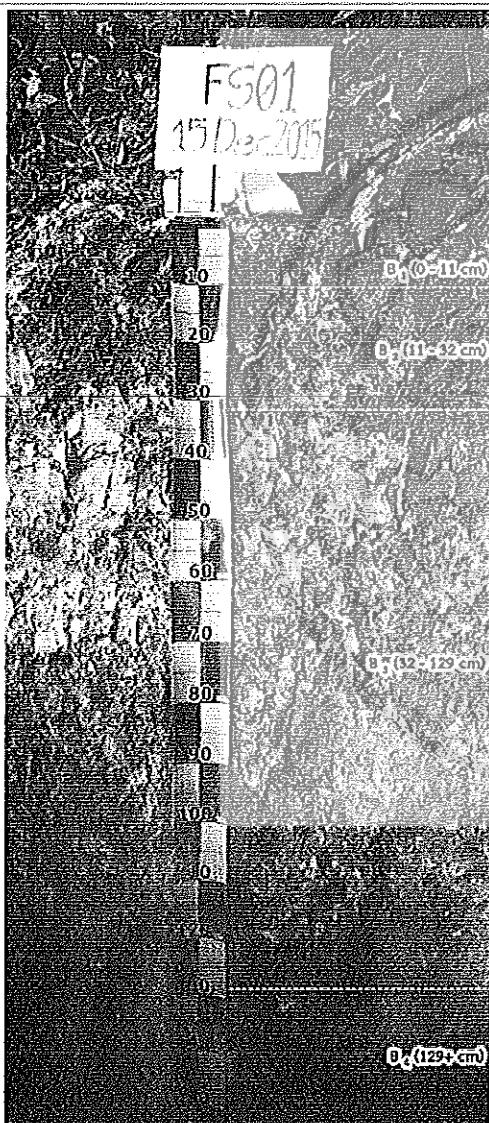
Plot No. <sup>a</sup>	Horizon	Depth (cm)	Dry color	Structure <sup>b</sup>	Form Boundary	Consist <sup>c</sup>	Root size/ Abundance	Rock fragment			Field Texture
								Abundance	Shape	Size weathering	
FN02	A	0-6	10YR6/8	SB	W	ss/p	VF/M F/M M/C C/F	F	A	ST	Clay loam
	AB	6-23	10YR6/8	AB/SB	W	ss/p	VF/F F/F M/VF C/VF	F	A SA	W ST	Silty clay loam
	Bt <sub>1</sub>	23-52	7.5YR6/8	AB/SB	S	ss/vp	VF/M F/F M/F C/M	F/C	A SA	W ST	Silty clay
	Bt <sub>2</sub>	52-81	7.5YR6/6	AB/SB	S	s/vp	VF/F F/F M/F C/F	C	A SA	SL /ST	Silty clay
	BC	81-124	5YR6/6	AB/SB	S	s/vp	F/F M/VF C/VF VC/VF	C	A SA	SL /ST	Silty clay
	C	124-160+	7.5YR6/6	AB/SB	S	s/vp	F/VF M/VF C/VF VC/VF	D	A SA	SL ST	Silty clay



หมายเหตุ : <sup>a</sup>Ecosystem: FN, สวนไม้ผลสมแบบนาเกษตร. <sup>b</sup>Type: AB, angular blocky; SB, subangular blocky. Form boundary: S, smooth; W, wave. <sup>c</sup>Consistance: ss, slightly sticky; s, sticky, vs, very sticky. Plasticity: np, non plastic; p, plastic; vp, very plastic. Root size: VF, very fill; F, fill; M, medium; C, coarse; VC, very coarse. Abundance: VF, very fine; F, fine; C, common. <sup>d</sup>Abundance: F, fill; C, common; M, medium; A, abundance; D, dominant. <sup>e</sup>Shape: A, angular; SA, subangular; SR, sub-rounded. <sup>f</sup>Size weathering: SL, slightly weathered; W, Weathered; ST, strong weathered.

ตาราง 4.8 สัญญาณวิทยาของชั้นหน้าตัดดินภายใต้ระบบนิเวศสวนไม้ผลสมบูรณ์แบบเกษตรที่เกิดดินคลุ่ม

Plot No. <sup>a</sup>	Horizon	Depth (cm)	Dry color	Structure <sup>b</sup>	Form Boundary	Consist <sup>c</sup>	Root size/ Abundance	Rock fragment			Field Texture
								Abundance	Shape	Size weathering	
FS01	B <sub>1</sub>	0-11	7.5YR6/8	SB	W	ss/p	VF/M F/C M/F C/VF	C	A SA	W	Clay loam
	B <sub>2</sub>	11-32	7.5YR5/8	SB	S	s/p	VF/F F/F C/VF VC/VF	M	A SA	W	Clay
	B <sub>3</sub>	32-129	5YR6/8	SB	S	ss/p	VF/VF F/VF M/VF	M	A SA	W	Clay
	B <sub>4</sub>	129+	7.5YR5/8	SB	S	ss/p	VF/F F/VF	A	A SA	W	Clay



หมายเหตุ : <sup>a</sup>Ecosystem: FS, สวนไม้ผลสมบูรณ์แบบเกษตรที่เกิดดินคลุ่ม.

<sup>b</sup>Type: AB, angular blocky; SB, subangular blocky. Form boundary:

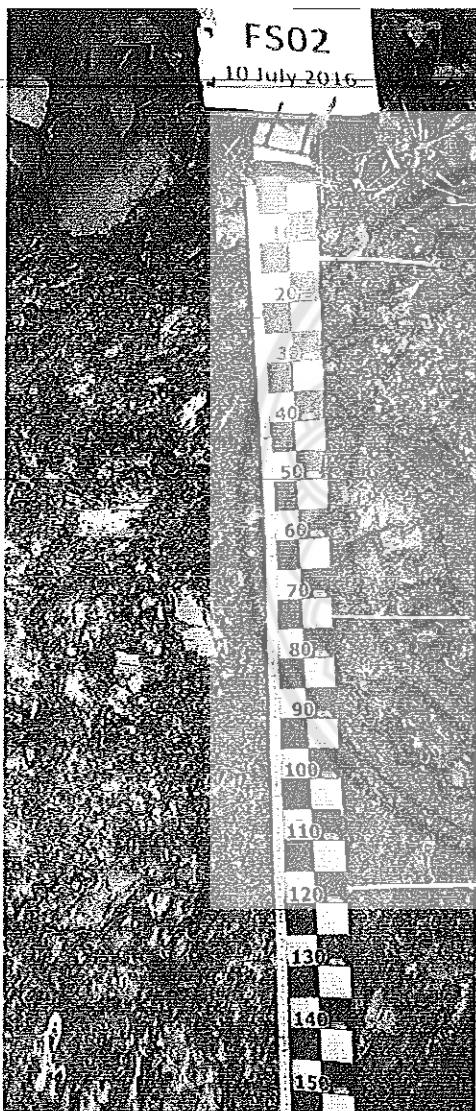
S, smooth; W, wave. <sup>c</sup>Consistance: ss, slightly sticky; s, sticky, vs, very sticky. Plasticity: np, non plastic; p, plastic; vp, very plastic. Root size: VF, very fill; F, fill; M, medium; C, coarse; VC, very coarse. Abundance: VF, very fine; F, fine; C, common. <sup>d</sup>Abundance:

F, fill; C, common; M, medium; A, abundance; D, dominant.

<sup>d</sup>Shape: A, angular; SA, subangular; SR, sub-rounded. <sup>d</sup>Size weathering: SL, slightly weathered; W, Weathered; ST, strong weathered.

ตาราง 4.9 สัณฐานวิทยาของชั้นหน้าดินภายใต้ระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินถล่ม

Plot No. <sup>a</sup>	Horizon	Depth (cm)	Dry color	Structure <sup>b</sup>	Form Boundary	Consist <sup>c</sup>	Root size/ Abundance	Rock fragment			Field Texture
								Abundance	Shape	Size weathering	
FS02	B <sub>1</sub>	0-12	10YR5/6	AB/SB	W	s/p	VF/C F/F	M	SA SR	SL	Silty clay
	B <sub>2</sub>	12-71	10YR5/8	AB/SB	W	s/p	VF/C F/F	M	SA SR	SL ST	Silty clay
	CB	71-117	7.5YR6/6	AB/SB	S	vs/p	VF/F F/F	A	SA SR	SL W	Clay
	C	117-160+	7.5YR6/6	AB/SB	S	vs/p	VF/VF F/VF	D	SA SR	SL ST	Clay



หมายเหตุ : <sup>a</sup>Ecosystem: FS, สวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินถล่ม.

<sup>b</sup>Type: AB, angular blocky; SB, subangular blocky. Form boundary:

S, smooth; W, wave. Consist: ss, slightly sticky; s, sticky, vs,

very sticky. Plasticity: np, non plastic; p, plastic; vp, very plastic.

Root size: VF, very fine; F, fine; C, common. <sup>d</sup>Abundance:

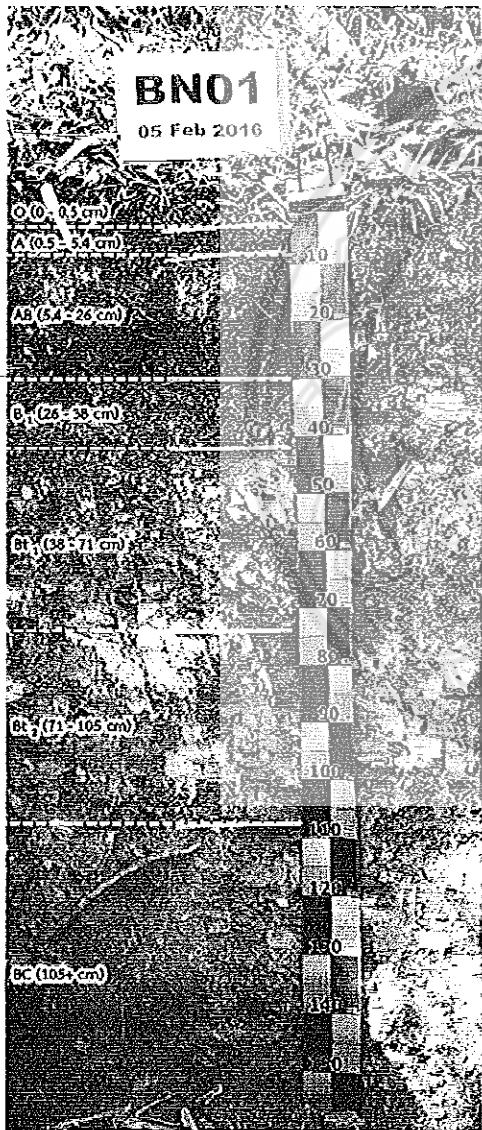
F, fill; C, common; M, medium; A, abundance; D, dominant.

<sup>d</sup>Shape: A, angular; SA, subangular; SR, sub-rounded. <sup>d</sup>Size

weathering: SL, slightly weathered; W, Weathered; ST, strong weather.

ตาราง 4.10 สัณฐานวิทยาของชั้นหน้าดินภายใต้ระบบป่าเบญจพรรณผสมไม้

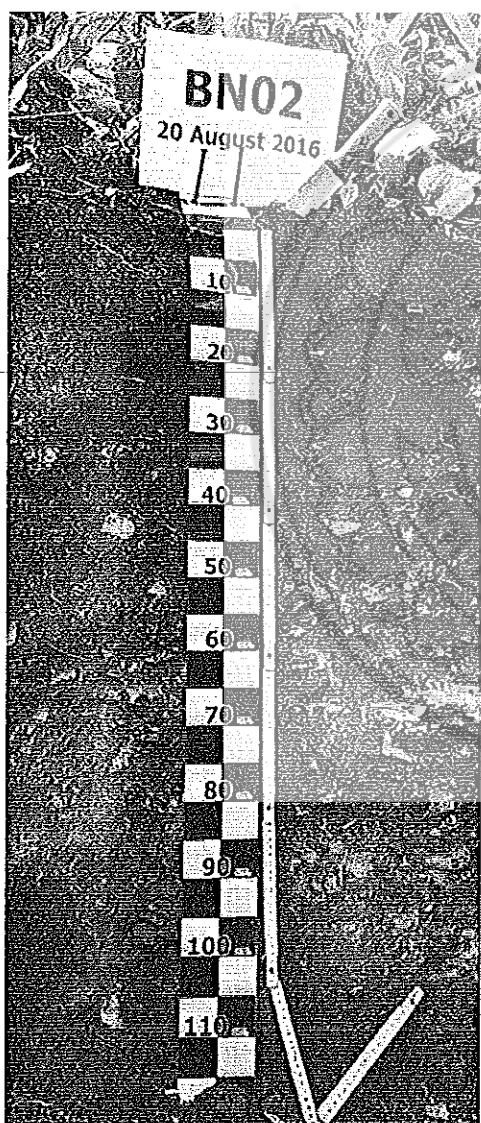
Plot No. <sup>a</sup>	Horizon	Depth (cm)	Dry color	Structure <sup>b</sup>	Form Boundary	Consist <sup>c</sup>	Root size/ Abundance	Rock fragment <sup>d</sup>		Size weathering	Field Texture
								Abundance	Shape		
BN01	O	0-0.5	N/A	SB	S	N/A	VF/M F/M	F	SA SR	SL	Loam
	A	0.5-5.4	10YR5/4	SB	S	ss/p	VF/C F/C M/C	C	SA SR	SL	Clay loam
	AB	5.4-26	10YR5/4	SB	W	ss/p	VF/F F/C M/F C/VF VC/VF	C	SA	SL	Clay loam
	B <sub>1</sub>	26-38	7.5YR6/6	AB/SB	W	s/sp	VF/F F/F M/F	M	SA	SL/W	Clay loam
	Bt <sub>1</sub>	38-71	7.5YR6/8	SB	S	ss/sp	VF/F F/F M/F C/VF	A	SA	W	Clay
	Bt <sub>2</sub>	71-105	7.5YR6/8	SB	S	ss/sp	VF/VF F/F M/F	A	SA	ST	Clay
	BC	105+	7.5YR6/8	SB	S	ss-sp	C/VF VC/VF	A	SA	W/ST	Clay



หมายเหตุ : <sup>a</sup>Ecosystem: BN, ป่าเบญจพรรณผสมไม้. <sup>b</sup>Type: AB, angular blocky; SB, subangular blocky. Form boundary: S, smooth; W, wave. <sup>c</sup>Consistance: ss, slightly sticky; s, sticky, vs, very sticky. Plasticity: np, non plastic; p, plastic; vp, very plastic. Root size: VF, very fill; F, fill; M, medium; C, coarse; VC, very coarse. Abundance: VF, very fine; F, fine; C, common. <sup>d</sup>Abundance: F, fill; C, common; M, medium; A, abundance; D, dominant. <sup>d</sup>Shape: A, angular; SA, subangular; SR, sub-rounded. <sup>d</sup>Size weathering: SL, slightly weathered; W, Weathered; ST, strong weathered.

ตาราง 4.11 สัมสารวิทยาของชั้นหน้าดินภายใต้ระบบป่าเบญจพรรณผสมไม้

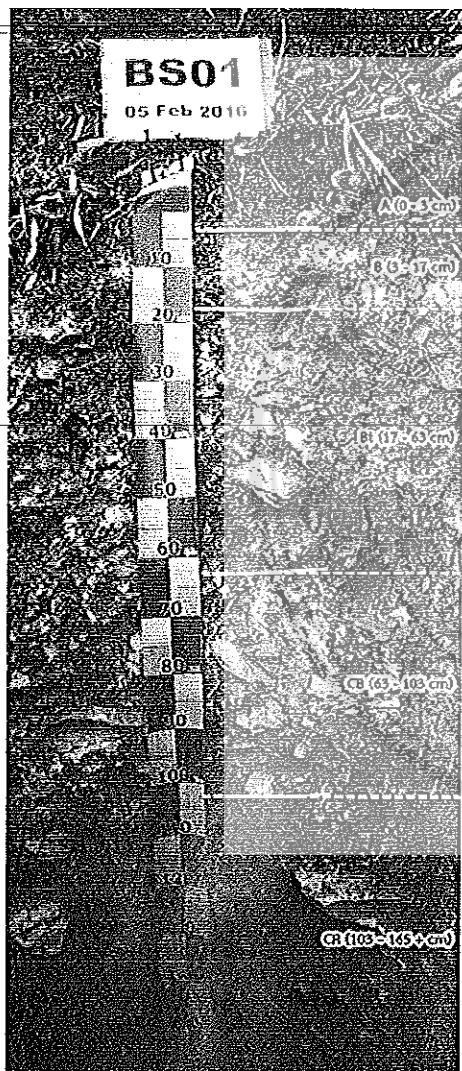
Plot No. <sup>a</sup>	Horizon	Depth (cm)	Dry color	Structure <sup>b</sup>	Form Boundary	Consist <sup>c</sup>	Root size/Abundance	Rock fragment <sup>d</sup>		Size weathering	Field Texture
								Abundance	Shape		
BN02	O	0-1	N/A	SB	S	ns/np	VF/C F/C	F	A SA	W	Loam
	A1	1-14.4	10YR4/3	SB	S	ss/sp	VF/D F/D M/C C/F VC/F	C	SA	SL W	Loam
	A2	14.4-30.5	10YR5/8	AB SB	S	s/vp	VF/C F/C M/VF C/VF VCA/VF	C	A	SL W	Clay loam
	BCt	30.5-58.6	7.5YR6/8	AB SB	S	ss/p	VF/C F/C M/F C/F	M	A	SL W	Loamy clay
	CR	58.6+	SYR5/6	AB SB	S	s-vp	VF/VF F/VF C/A/F	A	A	SL	Clay



หมายเหตุ : <sup>a</sup>Ecosystem: BN, ป่าเบญจพรรณผสมไม้. <sup>b</sup>Type: AB, angular blocky; SB, subangular blocky. Form boundary: S, smooth; W, wave. <sup>c</sup>Consistency: ss, slightly sticky; s, sticky, vs, very sticky. Plasticity: np, non plastic; p, plastic; vp, very plastic. Root size: VF, very fine; F, fine; C, common. <sup>d</sup>Abundance: F, fill; C, common; M, medium; A, abundance; D, dominant. dShape: A, angular; SA, subangular; SR, sub-rounded. <sup>d</sup>Size weathering: SL, slightly weathered; W, Weathered; ST, strong weathered.

ตาราง 4.12 สัณฐานวิทยาของชั้นหน้าตัดดินภายใต้ระบบนิเวศป่าเบญจพรธรรมสมໄผ์ที่เกิดต้นกลม

Plot No.	Horizon	Depth (cm)	Dry color	Structure <sup>b</sup>	Form Boundary	Consist <sup>c</sup>	Root size/ Abundance	Rock fragment			Field Texture
								Abundance	Shape	Size weathering	
BS01	A	0-3	10YR6/4	SB	S	ns/np	VF/M F/M M/VF	F	SA	N/A	Loamy clay
	B	3-17	7.5YR6/8	SB	S	ss/sp	VF/C F/C	C	SA	N/A	Clay
	8t	17-63	7.5YR6/8	SB	S	ss/sp	F/C C/F	M	SA	N/A	Clay
	CB	63-103	7.5YR6/6	SB	S	ss/sp	VF/F F/C	D	A	N/A	Clay
	CR	103-165+	7.5YR6/8	SB	S	ss/sp	VF/VF F/F	D	A	N/A	Clay



หมายเหตุ : <sup>a</sup>Ecosystem: BS, ป่าเบญจพรธรรมสมผ่าที่เกิดต้นกลม. <sup>b</sup>Type:

AB, angular blocky; SB, subangular blocky. Form boundary: S, smooth; W, wave.

<sup>c</sup>Consistance: ss, slightly sticky; s, sticky; vs,

very sticky. Plasticity: np, non plastic; p, plastic; vp, very plastic.

Root size: VF, very fill; F, fill; M, medium; C, coarse; VC, very

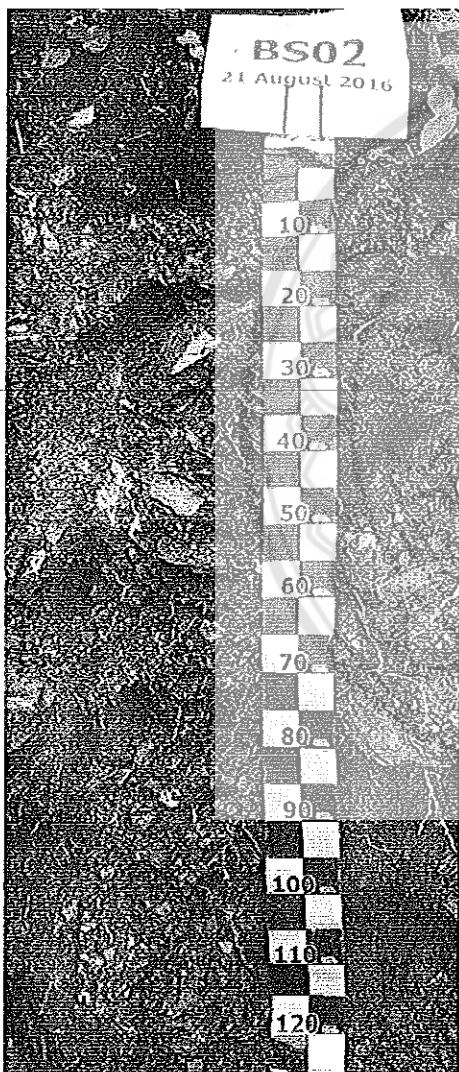
coarse. Abundance: VF, very fine; F, fine; C, common. <sup>d</sup>Abundance:

F, fill; C, common; M, medium; A, abundance; D, dominant.

<sup>d</sup>Shape: A, angular; SA, subangular; SR, sub-rounded. <sup>d</sup>Size weathering: SL, slightly weathered; W, Weathered; ST, strong weathered.

ตาราง 4.13 สื้นฐานวิทยาของชั้นหน้าดินภายนอกให้ระบบป่าเบญจพรรณผสมไฟฟ์เกิดคืนกลม

Plot No. <sup>a</sup>	Horizon	Depth (cm)	Dry color	Structure <sup>b</sup>	Form Boundary	Consist <sup>c</sup>	Root size/Abundance	Rock fragment			Field Texture
								Abundance	Shape	Size weathering	
BS02	A	0-3.5/7	10YR4/4	AB	W	ns/sp	VF/M F/M M/C C/VF VC/VF	C	A SA	SL	Loam
	B	3.5/7-32/42	10YR6/6	AB	W	s/vp	VF/M F/M M/F C/F	C	A	SL	Clay
	BC	32/42-69	10YR6/6	AB	S	s/s	VF/F F/M M/F C/VF	M	A	W	Clay
	CR	69+	10YR6/8	AB	S	s/p	VF/VF F/C M/F	D	A	SL	Clay



หมายเหตุ : <sup>a</sup>Ecosystem: BS, ป่าเบญจพรรณผสมไฟฟ์เกิดคืนกลม. <sup>b</sup>Type: AB, angular blocky; SB, subangular blocky. Form boundary: S, smooth; W, wave. <sup>c</sup>Consistance: ss, slightly sticky; s, sticky, vs, very sticky. Plasticity: np, non plastic; p, plastic; vp, very plastic. Root size: VF, very fill; F, fill; M, medium; C, coarse; VC, very coarse. Abundance: VF, very fine; F, fine; C, common. <sup>d</sup>Abundance: F, fill; C, common; M, medium; A, abundance; D, dominant. <sup>e</sup>Shape: A, angular; SA, subangular; SR, sub-rounded. <sup>f</sup>Size weathering: SL, slightly weathered; W, Weathered; ST, strong weathered.

#### 4.5.2 คุณสมบัติดินด้านกายภาพ เคมี และอุทกวิทยา ในระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร

การศึกษาคุณสมบัติดินตามความลึกทั้งหมด 5 ระดับ ได้แก่ 0-10 10-30 30-60 60-80 80-110 และมากกว่า 110 เซนติเมตร สำหรับระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร และป่าเบญจพรพรรณผสมไม้ ภายใต้สถานการณ์ปกติและเกิดดินถล่ม โดยทำการวิเคราะห์คุณสมบัติดินด้านกายภาพ เคมี และอุทกวิทยา พบว่า เนื้อดินเป็นอนุภาคทรายอยู่ในช่วงร้อยละ 24.0-54.0 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 39.08 อนุภาคทรายแป้งอยู่ในช่วงร้อยละ 20.0-39.0 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 27.5 อนุภาคดินเหนียวอยู่ในช่วงร้อยละ 23.0-44.0 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 33.46 (ดินร่วนปนเนื้ียน้ำ) องค์ประกอบดินมีปริมาณของดินอยู่ในช่วงร้อยละ 38.06-58.6 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 51.07 ปริมาณน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 8.58-25.67 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 17.44 ความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 20.65-51.95 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 31.5

ความหนาแน่นรวมอยู่ในช่วง 1.02-1.53 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ย 1.37 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความหนาแน่นอนุภาคทรายอยู่ในช่วง 2.75-0.13 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ย 2.69 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความพรุนอยู่ในช่วงร้อยละ 41.4-61.94 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 48.93 ปริมาณน้ำในดินที่ระดับความดัน 0.33 bar หรือความจุความชื้นสนามอยู่ในช่วงร้อยละ 14.86-29.08 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 23.31 และน้ำในดินที่ระดับความดัน 15 bar หรือความชื้นที่จุดเที่ยวตัวร้อยละ 6.35-19.08 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 12.57 ส่งผลให้น้ำในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่ในช่วงร้อยละ 5.51-19.26 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 10.74 อัตราการซึมน้ำของดินทุกรายดับชั้นอยู่ในช่วง 2.97-23.61 เซนติเมตรต่อชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 12.46 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 4.9-6.5 เฉลี่ยเท่ากับ 5.6 อินทรีย์ตั้งตระหง่านอยู่ในช่วงร้อยละ 0.23-4.87 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 1.70 และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกอยู่ในช่วง 10.03-23.73 เซนติโมลต่อกรัม มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 13.72 เซนติโมลต่อกรัม ดังแสดงในตาราง 4.14

ตาราง 4.14 ค่าทางสถิติของคุณสมบัติดินในระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรและป่าเบญจพรพรรณผสมไม้ ภายใต้สถานการณ์ดินถล่มทุกรายดับความลึก

Parameters	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Range
0.33 bar (FC)	23.31 ± 3.68		14.86	29.08	14.22
15 bar (PWP)	12.57 ± 4.77		6.35	19.08	12.73
AWP (%)	10.74 ± 3.75		5.51	19.26	13.75
Soil solid (%)	51.07 ± 4.62		38.06	58.60	20.54
Water volume (%)	17.44 ± 6.45		8.58	25.67	17.09
Air volume (%)	31.50 ± 7.65		20.65	51.95	31.30
Bulk density ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	1.37 ± 0.12		1.02	1.53	0.51
Particle density ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2.69 ± 0.04		2.62	2.75	0.13
Porosity (%)	48.93 ± 4.62		41.40	61.94	20.54
OM (%)	1.70 ± 1.13		0.23	4.87	4.64
pH	5.59 ± 0.47		4.90	6.50	1.60
Infiltration rate (cm/h) (Unsaturated soil)	12.46 ± 7.93		0.08	36.56	36.48
Sand (%)	39.08 ± 8.13		24.00	54.00	30.00
Silt (%)	27.50 ± 4.40		20.00	39.00	19.00
Clay (%)	33.46 ± 6.53		23.00	44.00	21.00
CEC ( $\text{cmol/kg}$ )	13.72 ± 3.38		10.03	23.73	13.70

### (1) คุณสมบัติทางภาษาพหุ

การศึกษาคุณสมบัติดินตามความลึกทั้งหมด 5 ระดับ ได้แก่ 0-10 10-30 30-60 60-80 80-110 และมากกว่า 110 เซนติเมตร สำหรับระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร และป่าเบญจพรรณผสมไม้ ภายใต้สถานการณ์ปกติและเกิดดินคล่ม โดยทำการวิเคราะห์คุณสมบัติดินด้านภาษาพหุ พบว่า ในแต่ละระดับความลึกมีบางตัวแปรที่มีความแตกต่างกันของคุณสมบัติดินอย่างชัดเจน ( $p<0.05$ ) โดยในดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร พบว่า คุณสมบัติดินที่มีความแตกต่างกัน ได้แก่ องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็ง องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ ความหนาแน่นรวม และความพรุน โดยระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่ไม่เกิดดินคล่ม องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำมีปริมาณในระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร ทั้งสถานการณ์ที่เกิดดินคล่ม และไม่เกิดดินคล่มมากกว่า ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้ ทั้งสถานการณ์ที่เกิดดินคล่ม องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศพบปริมาณมากที่สุดในระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่ไม่เกิดดินคล่ม รองลงมา ได้แก่ ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่เคยเกิดดินคล่ม และพบน้อยที่สุดในระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินคล่ม และที่เคยเกิดดินคล่ม ความหนาแน่นรวมในระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่ไม่เกิดดินคล่มน้อยกว่าระบบนิเวศอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับความพรุน เนื่องจากระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่ไม่เกิดดินคล่มมีความพรุนมากที่สุด

ดินที่ระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร พบรคุณสมบัติดินที่มีความแตกต่างกัน ได้แก่ องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็ง องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ ความหนาแน่นรวม และความพรุน โดยที่องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็งพบความแตกต่างชัดเจนในระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่เคยเกิดดินคล่ม และไม่เกิดดินคล่ม องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำมีความแตกต่างระหว่างระบบนิเวศ แต่ในระบบนิเวศเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างภายใต้สถานการณ์ดินคล่ม องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศมีความแตกต่างกันระหว่างระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่ไม่เกิดดินคล่มกับระบบนิเวศอื่นๆ ความหนาแน่นรวมและความพรุนมีความแตกต่างระหว่างสถานการณ์ในระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้

ดินที่ระดับความลึก 30-60 เซนติเมตร พบรคุณสมบัติดินที่มีความแตกต่างกัน ได้แก่ องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ โดยที่มีความแตกต่างกันระหว่างระบบนิเวศ และไม่มีความแตกต่างกับสถานการณ์ดินคล่ม

ดินที่ระดับความลึก 60-80 เซนติเมตร พบรคุณสมบัติดินที่มีความแตกต่างกัน ได้แก่ องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็ง องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ ความหนาแน่นอนุภาค และความพรุน โดยที่องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็งในระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่เคยเกิดดินคล่มมีความแตกต่างกันกับระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินคล่ม และเกิดดินคล่ม องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำมีความแตกต่างกันระหว่างสถานการณ์ดินคล่ม องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศมีความแตกต่างกันเฉพาะระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้ และสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินคล่ม ความหนาแน่นรวม ความหนาแน่อนุภาค และความพรุnmีความแตกต่างกันระหว่างป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่เกิดดินคล่มกับสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินคล่ม และที่เคยเกิดดินคล่ม โดยเฉพาะความหนาแน่อนุภาคที่ป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่เกิดดินคล่มแตกต่างกับระบบนิเวศอื่นๆ ทั้งหมด

ดินที่ระดับความสูง 80-110 เซนติเมตร พบรุ่นสมบัติดินที่มีความแตกต่างกัน ได้แก่ องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ โดยท้องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ และองค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศมีความแตกต่างกันระหว่างระบบนิเวศสวนไม้ผลสมบูรณ์เกษตรที่ไม่เกิดดินคล่มและที่เคยเกิดดินคล่ม กับระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่ไม่เกิดดินคล่มและที่เคยเกิดดินคล่ม

ดินที่ระดับความลึกมากกว่า 110 เมตร พบร่องรอยที่มีความแตกต่างกัน ได้แก่ ความหนาแน่นอนุภายนอก โดยที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างระบบนิเวศ แต่มีความแตกต่างระหว่างสถานการณ์ดินกลมกับสถานการณ์ป กติ ดังแสดงในตาราง 4.15

บริเวณพื้นที่ศึกษาทั้งในสภาพที่เกิดดินถล่มและไม่เกิดดินถล่มมักพบหินดินดาน (Shale) ซึ่งมีสภาพผุพังมาก (Strongly weathered) นอกจากนี้ ยังพบหินทราย (Sandstone) และหินควอร์ตไซต์ (Quartzite) แทรกปะปนอยู่กับหินดินดาน ทั้งนี้ ภายใต้ระบบนิเวศแต่ละประเภท พบร่วม ปริมาณสัดส่วนของหินและรากพืช (Rock and root fragment contents) ในแต่ละระดับชั้นดินมีความแตกต่างกันชัดเจน โดยดินชั้นบนจะมีปริมาณสัดส่วนของหินน้อยกว่าดินชั้นล่าง และมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามความลึกของดิน ในทางตรงกันข้ามปริมาณสัดส่วนของรากพืชจะมีมากในดินชั้นบน โดยเฉพาะรากพืชขนาดเล็กและขนาดกลาง หากเปรียบเทียบระหว่างระบบนิเวศพบว่า ในดินชั้น 0-10 เซนติเมตร ปริมาณสัดส่วนของหินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่เกิดดินถล่มมีปริมาณสัดส่วนของหินมากที่สุด มีความแตกต่างกันชัดเจนกับระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรทั้งที่เกิดดินถล่ม และไม่เกิดดินถล่ม ปริมาณสัดส่วนของรากพืชในระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่ไม่เกิดดินถล่ม และป่าเบญจพรรณผสมไม้เกิดดินถล่มมากที่สุด ตามลำดับ มีความแตกต่างกันชัดเจนกับระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรทั้งที่เกิดดินถล่มและไม่เกิดดินถล่ม และปริมาณสัดส่วนของดิน (Soil proportion; สัดส่วนที่ไม่ใช่ดินและรากพืช) ในระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินถล่มและเกิดดินถล่มมากที่สุด ตามลำดับ มีความแตกต่างกันชัดเจนกับระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่ไม่เกิดดินถล่ม และป่าเบญจพรรณผสมไม้เกิดดินถล่ม

ดินชั้น 10-30 เซนติเมตร ปริมาณของทินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยระบบนิเวศป่าเบญจพรณพสมไฟที่เกิดดินถล่มมีปริมาณหินมากที่สุด มีความแตกต่างกันชัดเจนกับระบบนิเวศอื่นๆ และปริมาณดินในระบบนิเวศสวนไม่ผลพสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินถล่ม และเกิดดินถล่มมากที่สุด ตามลำดับ มีความแตกต่างกันชัดเจนกับระบบนิเวศป่าเบญจพรณพสมไฟที่ไม่เกิดดินถล่ม และระบบนิเวศป่าเบญจพรณพสมไฟที่เกิดดินถล่ม

ดินชั้น 30-60 เซนติเมตร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณของทิน ปริมาณรากพืช และปริมาณดินในระบบนิเวศที่แตกต่างกัน

ดินชั้น 60-80 เซนติเมตร ปริมาณรากพืชในระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม่เท่ากันอย่างมากที่สุด มีความแตกต่างกันชัดเจนกับระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม่เท่ากันอย่างมากที่สุด แต่ก็มีความคล้ายคลึงกันในส่วนของโครงสร้างและฟังก์ชันทางชีวภาพ เช่น การผลิตออกซิเจน การยึดกรดคาร์บอนไดออกไซด์ และการจัดการน้ำ

ดินชั้น 80-110 เซนติเมตร ปริมาณของหินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยระบบ呢เวป้า เป็นภูเขาธรรมผสานไม่เกิดดินคลุ่มมีปริมาณหินมากที่สุด มีความแตกต่างกันชัดเจนกับระบบ呢เวป้าไม้ผลสม

แบบวนเกษตรที่เกิดดินคล่ม และปริมาณดินในระบบนิเวศส่วนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินคล่มมากที่สุด มีความแตกต่างกันชัดเจนกับระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไฟที่ไม่เกิดดินคล่ม

ดินชั้น 110-150 เซนติเมตร ปริมาณของหินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไฟที่ไม่เกิดดินคล่ม เป้าเบญจพรรณผสมไฟที่เกิดดินคล่มมีปริมาณหิน และสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินคล่มมากที่สุด ตามลำดับ มีความแตกต่างกันชัดเจนกับระบบนิเวศส่วนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินคล่ม และปริมาณดินในระบบนิเวศส่วนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินคล่มมากที่สุด มีความแตกต่างกันชัดเจนกับระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไฟที่ไม่เกิดดินคล่ม



ตาราง 4.15 คุณสมบัติทางกายภาพของดินที่วัดมาเพื่อพิจารณาในกระบวนการกำจัดโรคระบาด สำหรับป้องกันการระบาดในครัวเรือน

Ecosystem	Depth	Soil Texture			Soil solid (%)			Water volume (%)			Air volume (%)			Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )			Particle density (g/cm <sup>3</sup> )			Porosity (%)		
		Sand	Silt	Clay	Average	SD	Average	SD	Average	SD	Average	SD	Average	SD	Average	SD	Average	SD	Average	SD	Average	SD
草原灌木林	0-10 cm	33	25	42	Clay	46.86 ± 0.91	3.02	22.45 ± 0.49	1.89	30.68 ± 0.76	4.36	1.27 ± 0.01	0.07	2.72 ± 0.06	0.02	3.14 ± 0.12	0.05	3.02	0.02	3.14 ± 0.05	0.02	
草原灌木林	10-30 cm	32	26	42	Clay	48.80 ± 0.91	23.67 ± 0.49	27.53 ± 1.37	1.28 ± 0.01	25.40 ± 0.76	2.98	1.35 ± 0.05	0.05	2.62 ± 0.11	0.06	51.20 ± 0.12	0.05	51.20	0.05	51.20 ± 0.05	0.01	
灌木林	30-60 cm	30	28	42	Clay	51.16 ± 3.63	23.43 ± 1.89	24.44 ± 2.20	1.35 ± 0.03	20.65 ± 1.42	2.66	1.44 ± 0.04	0.04	2.70 ± 0.04	0.04	50.10 ± 0.10	0.04	50.10	0.04	50.10 ± 0.05	0.03	
灌木林	60-80 cm	28	28	44	Clay	49.90 ± 1.89	25.67 ± 1.31	24.52 ± 1.42	1.35 ± 0.03	20.65 ± 1.42	2.66	1.44 ± 0.04	0.04	2.63 ± 0.08	0.08	45.17 ± 0.12	0.05	45.17	0.05	45.17 ± 0.05	0.03	
灌木林	80-110 cm	30	32	38	Clay Loam	54.83 ± 2.31	24.52 ± 2.31	23.04 ± 1.13	1.13 ± 0.04	22.82 ± 2.07	1.43 ± 0.04	1.43 ± 0.04	0.04	2.63 ± 0.06	0.06	45.85 ± 0.12	0.05	45.85	0.05	45.85 ± 0.05	0.02	
灌木林	>110 cm	34	30	36	Clay Loam	50.15 ± 2.16	23.04 ± 2.16	20.69 ± 3.66	3.66 ± 4.40	34.47 ± 3.42	4.37 ± 4.37	1.21 ± 1.21	0.09	2.70 ± 0.09	0.09	55.16 ± 0.12	0.05	55.16	0.05	55.16 ± 0.05	0.02	
森林灌木林	0-10 cm	36	29	36	Clay Loam	44.84 ± 3.66	24.09 ± 1.61	27.42 ± 3.42	3.42 ± 4.39	31.04 ± 1.65	1.60 ± 1.60	1.39 ± 1.39	0.09	2.72 ± 0.09	0.09	51.51 ± 0.12	0.05	51.51	0.05	51.51 ± 0.05	0.02	
森林灌木林	10-30 cm	43	23	33	Clay Loam	48.49 ± 1.61	24.09 ± 1.61	27.42 ± 3.42	3.42 ± 4.39	27.85 ± 1.65	1.60 ± 1.60	1.36 ± 1.36	0.06	2.75 ± 0.09	0.09	49.27 ± 0.12	0.05	49.27	0.05	49.27 ± 0.05	0.02	
森林灌木林	30-60 cm	24	23	43	Clay	50.73 ± 3.24	18.23 ± 3.24	22.44 ± 4.54	4.54 ± 5.01	23.85 ± 2.26	2.26 ± 2.26	1.48 ± 1.48	0.10	2.74 ± 0.06	0.06	50.29 ± 0.12	0.05	50.29	0.05	50.29 ± 0.05	0.02	
森林灌木林	60-80 cm	30	30	41	Clay	49.71 ± 2.09	21.75 ± 4.50	24.42 ± 5.06	5.06 ± 2.85	24.82 ± 2.58	2.58 ± 2.58	1.39 ± 1.39	0.01	2.74 ± 0.01	0.01	45.60 ± 0.12	0.05	45.60	0.05	45.60 ± 0.05	0.02	
森林灌木林	80-110 cm	36	35	29	Clay Loam	54.40 ± 4.50	21.75 ± 4.50	24.42 ± 5.06	5.06 ± 2.85	24.82 ± 2.58	2.58 ± 2.58	1.39 ± 1.39	0.01	2.74 ± 0.02	0.02	45.24 ± 0.12	0.05	45.24	0.05	45.24 ± 0.05	0.02	
森林灌木林	>110 cm	39	39	23	Loam	50.76 ± 0.56	21.75 ± 0.56	24.42 ± 0.56	0.56 ± 0.56	51.95 ± 2.58	2.58 ± 2.58	1.02 ± 1.02	0.07	2.68 ± 0.12	0.12	61.94 ± 0.12	0.05	61.94	0.05	61.94 ± 0.05	0.02	
森林灌木林	0-10 cm	48	26	25	Sandy Clay Loam	38.06 ± 2.34	9.99 ± 6.84	12.44 ± 6.84	6.84 ± 6.84	43.03 ± 3.56	3.56 ± 3.56	1.18 ± 1.18	0.12	2.65 ± 0.12	0.12	55.47 ± 0.12	0.05	55.47	0.05	55.47 ± 0.05	0.02	
森林灌木林	10-30 cm	38	26	36	Sandy Clay Loam	44.53 ± 4.27	9.99 ± 6.84	12.44 ± 6.84	6.84 ± 6.84	43.03 ± 3.56	3.56 ± 3.56	1.18 ± 1.18	0.12	2.65 ± 0.12	0.12	55.47 ± 0.12	0.05	55.47	0.05	55.47 ± 0.05	0.02	
森林灌木林	30-60 cm	48	22	29	Sandy Clay Loam	52.30 ± 7.05	14.91 ± 11.10	32.79 ± 5.55	5.55 ± 5.55	1.31 ± 1.31	1.31 ± 1.31	1.42 ± 1.42	0.19	2.72 ± 0.19	0.19	47.70 ± 0.12	0.05	47.70	0.05	47.70 ± 0.05	0.02	
森林灌木林	60-80 cm	38	26	36	Clay Loam	53.55 ± 4.50	b9.58 ± 4.50	10.73 ± 1.34	1.34 ± 1.34	33.50 ± 0.48	0.48 ± 0.48	1.50 ± 1.50	0.07	2.70 ± 0.12	0.12	46.55 ± 0.12	0.05	46.55	0.05	46.55 ± 0.05	0.02	
森林灌木林	80-110 cm	41	27	32	Clay Loam	55.77 ± 3.13	10.05 ± 3.13	10.05 ± 3.13	3.13 ± 3.13	34.92 ± 1.44	1.44 ± 1.44	1.46 ± 1.46	0.10	2.69 ± 0.07	0.07	44.23 ± 0.12	0.05	44.23	0.05	44.23 ± 0.05	0.02	
森林灌木林	>110 cm	39	31	30	Clay Loam	55.04 ± 2.39	9.04 ± 9.04	12.44 ± 9.04	9.04 ± 9.04	44.04 ± 2.53	2.53 ± 2.53	1.28 ± 1.28	0.06	2.73 ± 0.06	0.06	44.96 ± 0.12	0.05	44.96	0.05	44.96 ± 0.05	0.02	
森林灌木林	0-10 cm	45	28	28	Clay Loam	46.92 ± 1.88	8.58 ± 8.58	13.12 ± 8.58	8.58 ± 8.58	40.04 ± 1.91	1.91 ± 1.91	1.36 ± 1.36	0.09	2.64 ± 0.09	0.09	48.62 ± 0.12	0.05	48.62	0.05	48.62 ± 0.05	0.02	
森林灌木林	10-30 cm	45	26	29	Clay Loam	51.38 ± 5.90	13.12 ± 10.55	30.70 ± 10.55	10.55 ± 10.55	2.45 ± 1.04	1.04 ± 1.04	1.51 ± 1.51	0.16	2.68 ± 0.16	0.16	43.81 ± 0.12	0.05	43.81	0.05	43.81 ± 0.05	0.02	
森林灌木林	30-60 cm	47	24	29	Sandy Clay Loam	56.19 ± 5.90	10.55 ± 10.55	30.85 ± 10.55	10.55 ± 10.55	5.28 ± 5.28	5.28 ± 5.28	1.53 ± 1.53	0.09	2.62 ± 0.09	0.09	41.40 ± 0.12	0.05	41.40	0.05	41.40 ± 0.05	0.02	
森林灌木林	60-80 cm	47	24	29	Sandy Clay Loam	55.60 ± 3.26	10.61 ± 3.26	32.22 ± 3.26	3.26 ± 3.26	33.38 ± 1.27	1.27 ± 1.27	1.52 ± 1.52	0.10	2.71 ± 0.10	0.10	42.99 ± 0.12	0.05	42.99	0.05	42.99 ± 0.05	0.02	
森林灌木林	80-110 cm	53	20	27	Sandy Clay Loam	56.01 ± 2.05	24.46 ± 2.05	22.88 ± 2.05	2.05 ± 2.05	18.94 ± 18.94	18.94 ± 18.94	1.44 ± 1.44	0.06	2.73 ± 0.06	0.06	47.34 ± 0.12	0.05	47.34	0.05	47.34 ± 0.05	0.02	

หมายเหตุ : วิเคราะห์ที่ความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพระหว่างที่ต่างๆ กันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

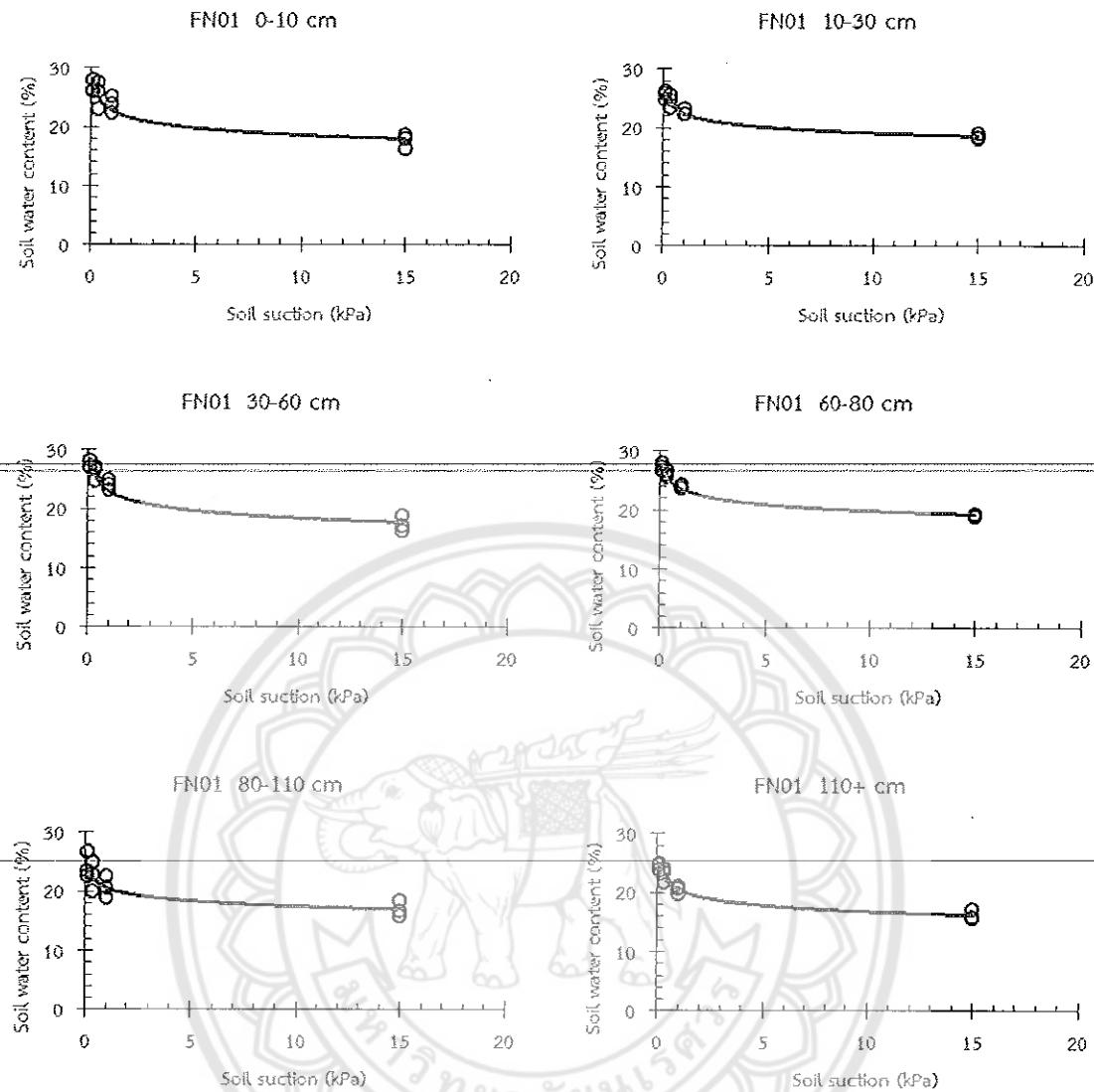
เอกสาร 4.15 ฉบับสมบูรณ์ต่อการรายงานของคณะกรรมการพัฒนาชุมชนที่ได้รับการยื่น呈ขึ้น (ท่อ)

Ecosystem *	Depth	Soil Texture			Rock fragment (%)	Root fragment (%)	Soil fragment (%)			Soil fragment (%)							
		Sand	Silt	Clay			Average	SD	Average								
ສາງນໍ້າມື່ອສະຄົມແບກພາກເທິດ	0-10 cm	33	25	42	Clay	7.60	b	±	6.11	2.75	b	±	0.76	89.65	a	±	6.87
	10-30 cm	32	26	42	Clay	8.50	b	±	6.24	0.78	b	±	0.71	90.72	a	±	6.54
	30-60 cm	30	28	42	Clay	13.05	b	±	25.29	0.15	b	±	0.00	86.80	b	±	25.29
	60-80 cm	28	28	44	Clay	25.39	b	±	2.20	0.05	b	±	0.16	74.56	b	±	2.09
	80-110 cm	30	32	38	Clay Loam	45.44	ab	±	15.99	0.00	b	±	0.03	54.56	ab	±	15.91
	>110 cm	34	30	36	Clay Loam	53.50	a	±	26.05	0.00	b	±	0.00	46.50	ab	±	26.05
ສາງນໍ້າມື່ອສະຄົມແບກພາກເທິດຕົ້ນເຕັ້ນ	0-10 cm	36	29	36	Clay Loam	7.51	b	±	3.66	3.28	b	±	1.35	89.22	a	±	2.79
	10-30 cm	43	23	33	Clay Loam	6.59	b	±	1.82	3.44	b	±	3.14	89.97	a	±	4.14
	30-60 cm	24	33	43	Clay	37.32	b	±	2.70	2.41	b	±	0.37	60.27	b	±	3.03
	60-80 cm	30	30	41	Clay	21.93	b	±	37.08	0.31	ab	±	4.17	77.76	b	±	34.36
	80-110 cm	36	35	29	Clay Loam	10.48	b	±	11.19	0.07	b	±	0.18	85.98	a	±	11.08
	>110 cm	39	39	23	Loam	12.98	b	±	7.08	0.21	b	±	0.09	86.80	a	±	5.19
ປ່າຍບູດພະຮວມຜສນໄມ້	0-10 cm	48	26	25	Sandy Clay Loam	1.79	ab	±	5.95	14.43	a	±	4.20	73.79	b	±	6.83
	10-30 cm	38	26	36	Sandy Clay Loam	16.67	b	±	1.60	4.45	b	±	2.69	78.87	b	±	3.21
	30-60 cm	48	22	29	Sandy Clay Loam	25.92	b	±	31.08	1.93	b	±	4.18	72.15	b	±	28.17
	60-80 cm	38	26	36	Clay Loam	35.03	b	±	4.09	0.10	b	±	1.65	64.86	b	±	5.70
	80-110 cm	41	27	32	Clay Loam	56.75	a	±	9.96	0.00	b	±	0.18	43.25	b	±	9.85
	>110 cm	39	31	30	Clay Loam	45.99	a	±	16.40	3.33	b	±	0.00	50.68	ab	±	16.40
ປ່າຍບູດພະຮວມຜສນໄມ້ທີ່ເປີດຕົ້ນເຕັ້ນ	0-10 cm	45	28	28	Clay Loam	25.17	a	±	12.87	9.59	a	±	4.53	65.24	a	±	9.93
	10-30 cm	45	26	29	Clay Loam	28.79	a	±	7.97	3.83	a	±	0.27	67.38	c	±	8.23
	30-60 cm	47	24	29	Sandy Clay Loam	27.09	a	±	7.13	2.10	a	±	0.41	70.81	a	±	7.29
	60-80 cm	47	24	29	Sandy Clay Loam	39.31	a	±	10.81	0.53	a	±	1.12	60.16	a	±	10.08
	80-110 cm	53	20	27	Sandy Clay Loam	43.95	ab	±	9.12	0.44	a	±	0.13	55.61	ab	±	9.00
	>110 cm	54	22	24	Sandy Clay Loam	59.52	a	±	24.65	0.96	a	±	0.31	39.52	b	±	24.35

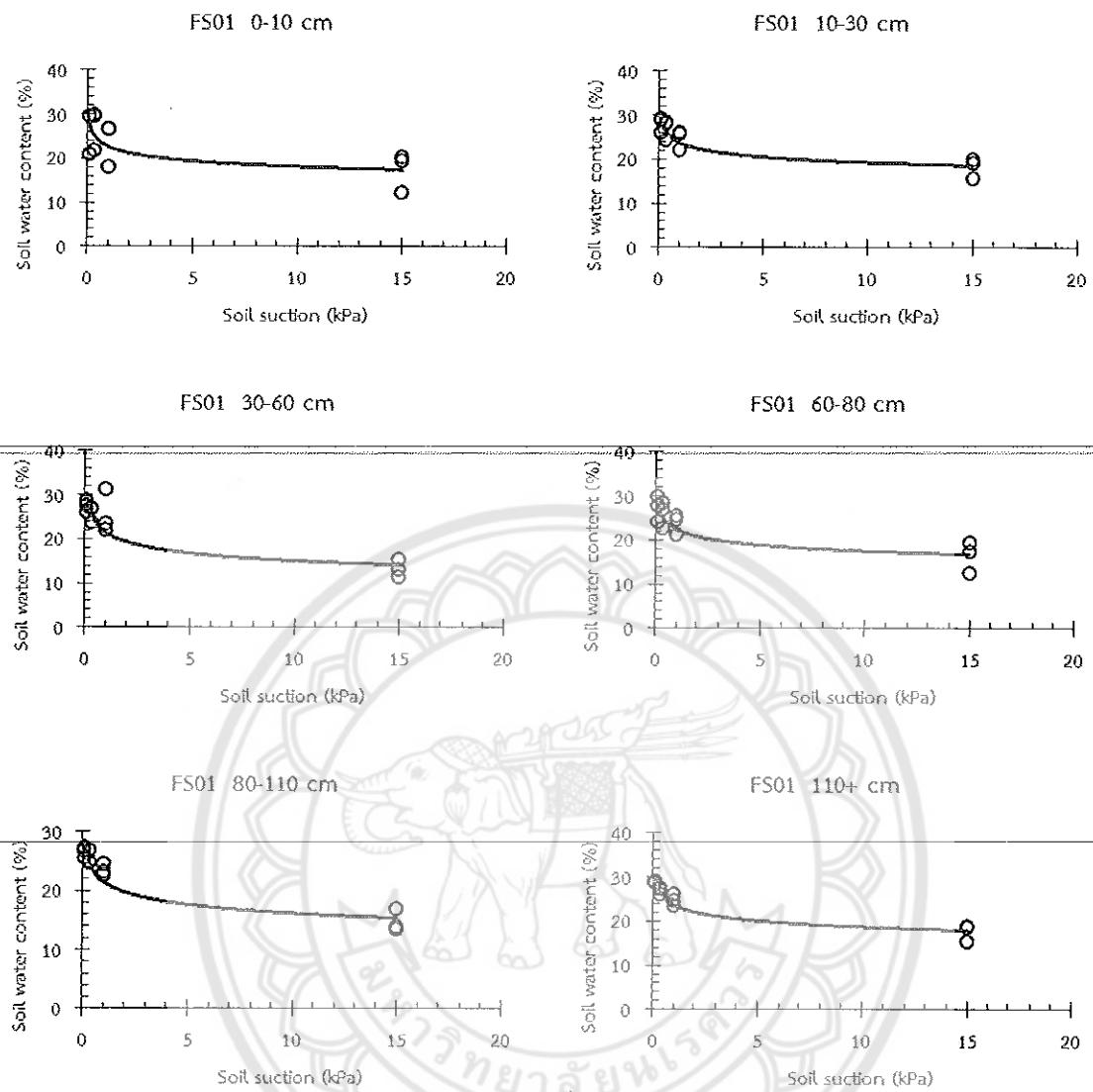
## (2) คุณสมบัติด้านอุทกวิทยา

ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินหรือน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (AWC) สามารถวิเคราะห์ได้จากการหาความต่างระหว่างความจุความชื้นสนาม และความชื้นที่จุดเที่ยวตัวร ซึ่งได้จากการศึกษาเส้นอัตถะกษณ์น้ำในดินด้วยการใช้ความดันระดับต่างๆ (ภาพ 4.15) โดยพบว่า ในระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไฟฟ์ที่ไม่เกิดดินคล่ม มีความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินสูงสุด รองลงมา ได้แก่ ป่าเบญจพรรณผสมไฟฟ์ที่ไม่เกิดดินคล่ม ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไฟฟ์ที่ไม่เกิดดินคล่ม ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไฟฟ์ที่ไม่เกิดดินคล่ม มีความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินสูงสุด รองลงมา ได้แก่ ป่าเบญจพรรณผสมไฟฟ์ที่เกิดดินคล่ม สวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินคล่ม โดยมีค่าร้อยละ 12.65

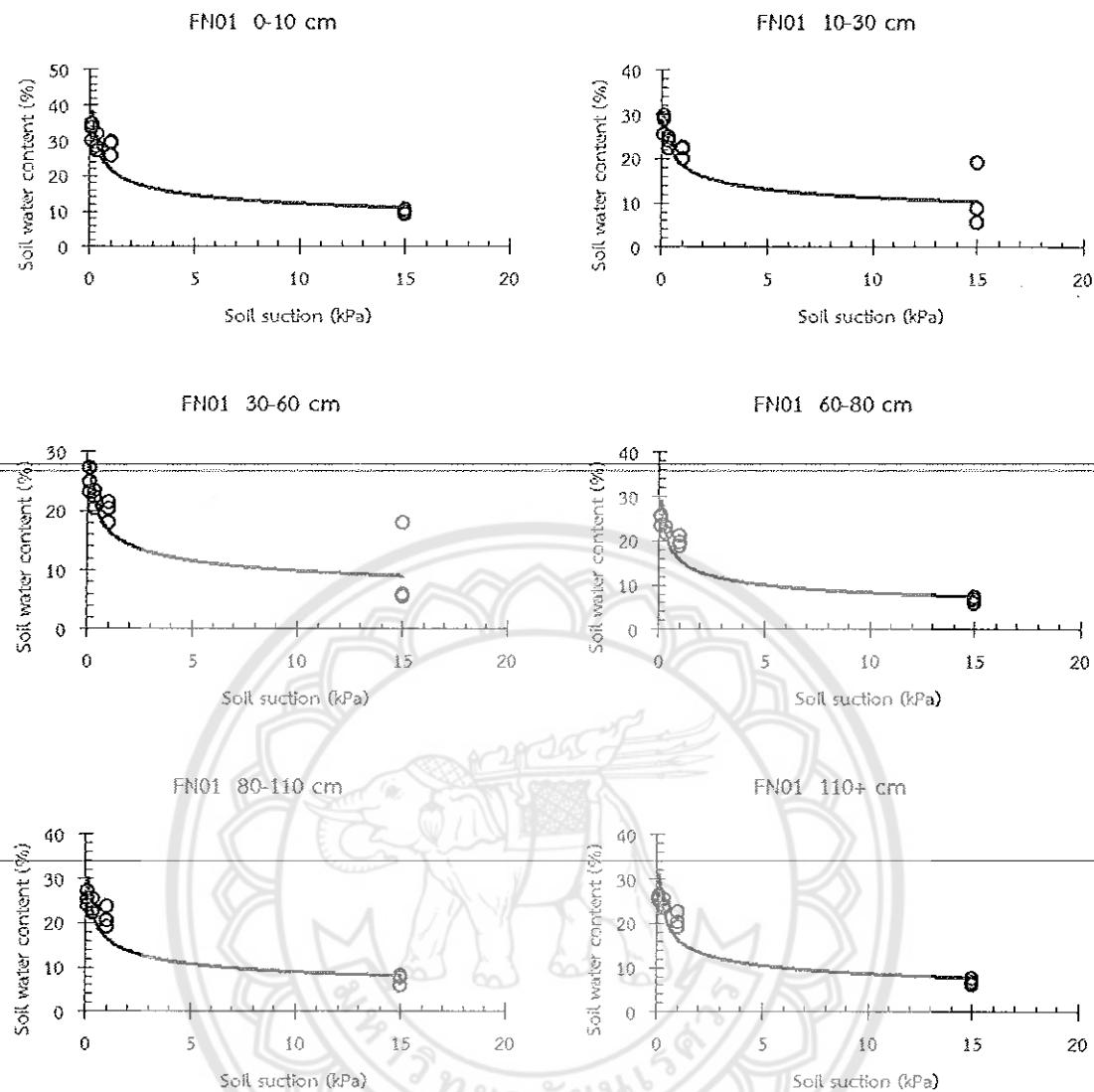
10.91 8.66 และ 5.98 ตามลำดับ ในระดับความลึก 30-60 เซนติเมตร ระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินคล่ม มีความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินสูงสุด รองลงมา ได้แก่ ป่าเบญจพรรณผสมไฟฟ์ที่ไม่เกิดดินคล่ม ป่าเบญจพรรณผสมไฟฟ์ที่เกิดดินคล่ม และสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินคล่ม โดยมีค่าร้อยละ 12.65 12.34 9.38 และ 8.67 ในระดับความลึก 60-80 เซนติเมตร ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไฟฟ์ที่ไม่เกิดดินคล่ม มีความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินสูงสุด รองลงมา ได้แก่ สวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินคล่ม ป่าเบญจพรรณผสมไฟฟ์ที่เกิดดินคล่ม และสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินคล่ม โดยมีค่าร้อยละ 15.59 9.41 7.99 และ 6.99 ในระดับความลึก 80-110 เซนติเมตร ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไฟฟ์ที่ไม่เกิดดินคล่ม มีความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินสูงสุด รองลงมา ได้แก่ สวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินคล่ม ป่าเบญจพรรณผสมไฟฟ์ที่เกิดดินคล่ม และสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินคล่ม โดยมีค่าร้อยละ 16.39 10.77 9.50 และ 5.51 ตามลำดับ ในระดับความลึกมากกว่า 110 เซนติเมตร ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไฟฟ์ที่ไม่เกิดดินคล่ม มีความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินสูงสุด รองลงมา ได้แก่ สวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินคล่ม ป่าเบญจพรรณผสมไฟฟ์ที่เกิดดินคล่ม และสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินคล่ม โดยมีค่าร้อยละ 17.50 9.30 8.46 และ 6.88 ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 4.16 และภาพ 4.11 ถึงภาพ 4.14 อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินโดยรวมทุกระดับชั้น พบว่า ป่าเบญจพรรณผสมไฟฟ์เน่าน้มที่จะสามารถกักเก็บน้ำได้มากกว่าระบบนิเวศอื่นๆ อย่างชัดเจน



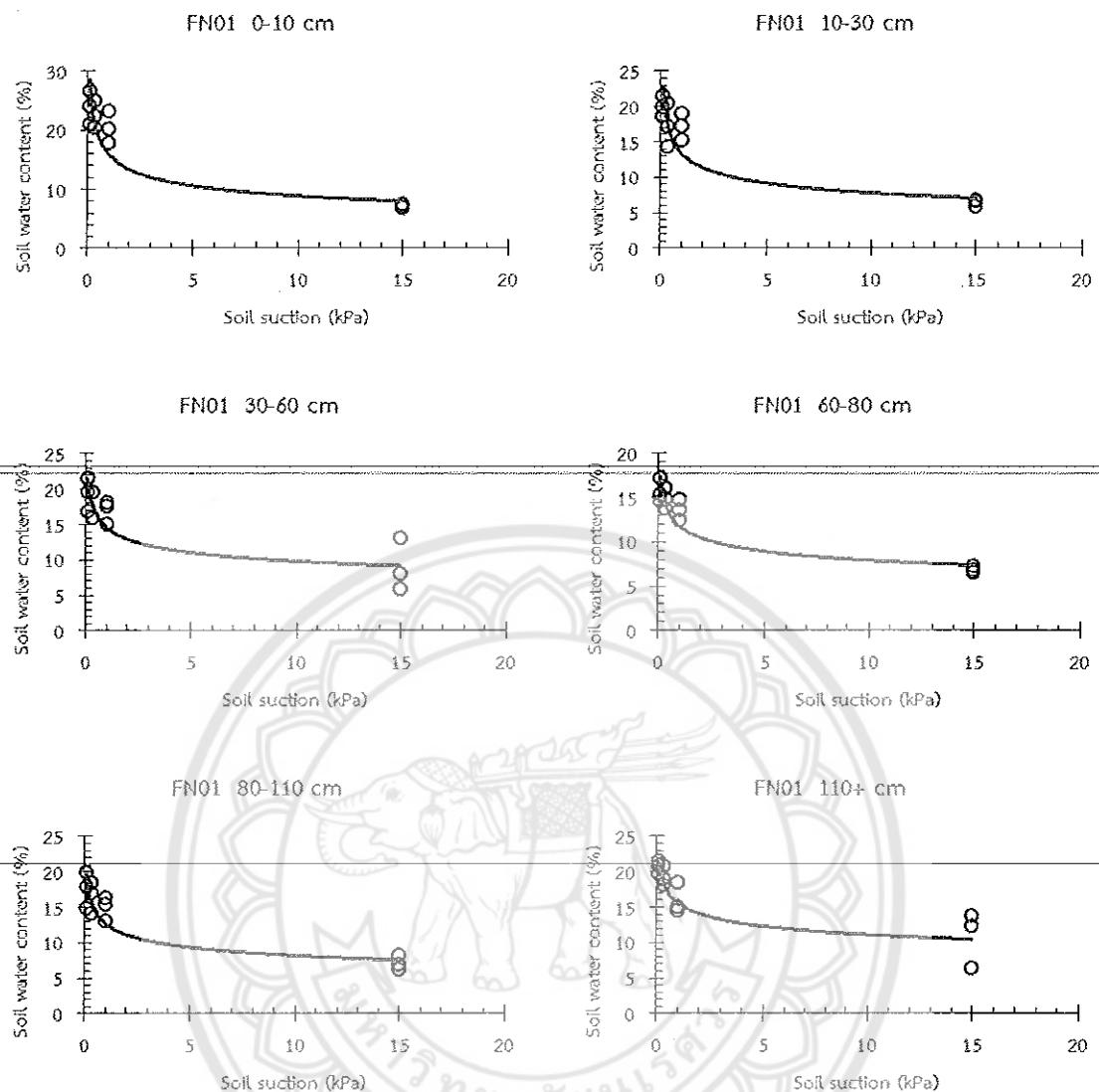
ภาพ 4.11 อัตถลักษณ์น้ำในดินตามความลึกดินในระบบนิเวศส่วนไม้ผลสมเมืองเกษตร



ภาพ 4.12 อัตราการดูดน้ำในดินตามความลึกดินในระบบวิเคราะห์ไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินคลุ่ม

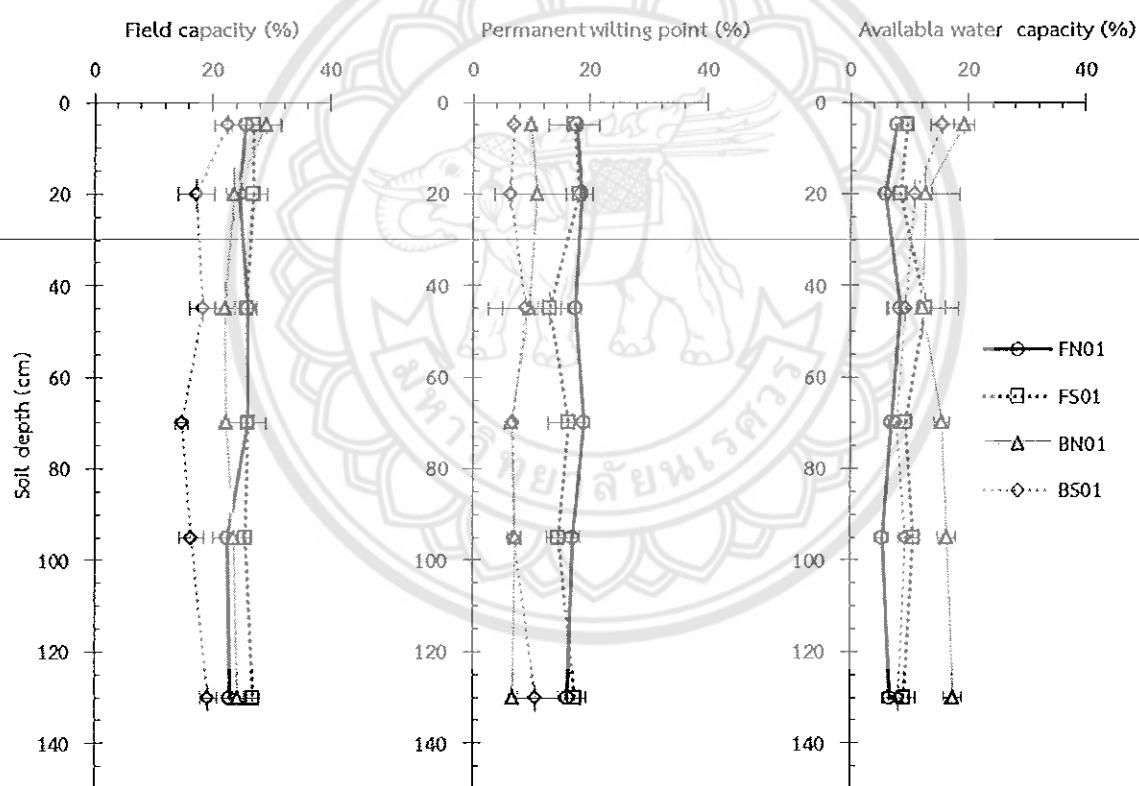


ภาพ 4.13 อัตถลักษณ์น้ำในดินตามความลึกดินในระบบบีเวคป่าเบญจพวรรณผู้



ภาพ 4.14 อัตถลักษณ์น้ำในดินตามความลึกดินในระบบบันเวศป่าเบญจพรรัตน์สม์ไฝที่เกิดดินถล่ม

จากภาพ 4.15 แสดงปริมาณความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินตามระดับชั้นความลึกดินในระบบนิเวศสวนไม้มีผลสมแบบวนเกษตร สวนไม้มีผลสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินคลุ่ม ป่าเบญจพรรณผอมໄผ่ ป่าเบญจพรรณผอมໄผ่ที่เกิดดินคลุ่ม โดยระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผอมໄผ่มีความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินได้ดีที่สุดในทุกระดับความลึก รองลงมาเป็นระบบนิเวศสวนไม้มีผลสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินคลุ่ม (ยกเว้นระดับ 0-10 cm และ 10-30 cm) เนื่องจากพื้นที่สวนไม้มีผลสมส่วนใหญ่อยู่บริเวณลาดคันตอนล่างจึงทำให้พื้นที่สวนไม้มีผลสมแบบวนเกษตรมีการสะสมน้ำดินและมีองค์ประกอบเชิงระบบนิเวศที่คล้ายกับป่าเบญจพรรณผอมໄผ่ อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ความชุกความชื้นสนามและจุดเที่ยวตัวรพ พบว่า ระบบนิเวศสวนไม้มีผลสมแบบวนเกษตรมีปริมาณความชุกความชื้นสนามที่สูงกว่าระบบนิเวศประเภทอื่น อีกทั้งยังมีจุดเที่ยวตัวรพสูงกว่าระบบนิเวศประเภทอื่นในหลายระดับชั้นดิน จึงส่งผลให้ความสามารถในการกักเก็บน้ำที่เป็นประโยชน์น้อยกว่าระบบบินิเวศประเภทอื่น ในทางตรงข้าม ระบบบินิเวศป่าเบญจพรรณผอมໄผ่ที่มีความสามารถในการกักเก็บน้ำที่เป็นประโยชน์สูงที่สุด เนื่องจากระบบบินิเวศทั้ง 2 ประเภท มีค่าความชุกความชื้นสนามใกล้เคียงกัน แต่มีค่าจุดเที่ยวตัวรพแตกต่างกันมาก โดยระบบบินิเวศป่าเบญจพรรณผอมໄผ่เมื่อค่าจุดเที่ยวตัวรพน้อยกว่าในทุกระดับชั้นดิน



ภาพ 4.15 ความชุกความชื้นสนาม จุดเที่ยวตัวรพ และความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินตามระดับชั้นความลึกดินในระบบบินิเวศสวนไม้มีผลสมแบบวนเกษตร (FN01) สวนไม้มีผลสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินคลุ่ม (FS01) ป่าเบญจพรรณผอมໄผ่ (BN01) ป่าเบญจพรรณผอมໄผ่ที่เกิดดินคลุ่ม (BS01)

ตาราง 4.16 หุ้นส่วนปัจจุบันที่นำอนุญาตให้วิธีทางการค้าของประเทศไทยเข้าสู่ตลาดโลก

Ecosystem	Depth	Soil water Characteristic (%)						Infiltration rate (cm/h)				
		0.1 bar	0.33 bar (FC)	Average	SD	Average	SD	1 bar	15 bar (PWP)	AWC	SD	(Unsaturated soil)
ສາງໄຟຟະເລືດສະບັບງາມເນັດ	0-10 cm	26.76	± 1.10	25.49 ab	± 2.34	23.77	± 1.50	17.62 a	± 1.29	7.87 c	± 1.05	0.70
	10-30 cm	25.61	± 0.77	24.50 a	± 1.08	22.60	± 0.54	18.52 a	± 0.46	5.98 b	± 0.65	5.65
	30-60 cm	27.46	± 0.60	26.07 a	± 1.30	23.98	± 0.87	17.40 a	± 1.28	8.67	± 2.49	13.66
	60-80 cm	27.30	± 0.60	26.07 a	± 0.55	23.97	± 0.38	19.08 a	± 0.20	6.99 c	± 0.68	21.43
	80-110 cm	24.16	± 2.17	22.54 a	± 2.50	20.73	± 1.86	17.03 a	± 1.38	5.51 c	± 1.19	9.97
	>110 cm	24.44	± 0.46	23.05 b	± 1.17	20.47	± 0.71	16.17 a	± 0.85	6.88 b	± 1.14	9.72
ສາງໄຟຟະເລືດສະບັບງາມເນັດທີ່ເກີດຕົນຄໍ່ມ	0-10 cm	26.54	± 4.96	26.95 ab	± 4.65	23.73	± 4.94	17.30 a	± 4.41	9.66 c	± 0.58	9.90
	10-30 cm	28.00	± 1.72	26.92 a	± 2.28	24.52	± 2.22	18.25 a	± 2.21	8.66 ab	± 0.65	12.03
	30-60 cm	27.40	± 1.38	25.83 a	± 1.71	25.56	± 4.83	13.17 ab	± 2.03	12.65	± 3.61	12.07
	60-80 cm	27.19	± 2.90	25.92 a	± 3.05	23.67	± 2.39	16.50 a	± 3.55	9.41 b	± 0.52	12.19
	80-110 cm	26.52	± 0.89	25.52 a	± 1.16	23.44	± 0.94	14.75 a	± 1.97	10.77 b	± 0.90	20.09
	>110 cm	28.82	± 0.26	26.89 a	± 0.85	24.64	± 1.35	17.59 a	± 1.83	9.30 b	± 1.00	17.62
ປາບຫຼວງພຣະນຸມຜູ້ເກີດຕົນຄໍ່ມ	0-10 cm	32.75	± 2.42	29.08 a	± 2.37	28.11	± 2.24	9.83 b	± 0.72	19.26 a	± 1.76	7.47
	10-30 cm	27.96	± 2.32	23.65 a	± 1.34	21.62	± 1.40	11.00 b	± 7.10	12.65 a	± 5.96	12.63
	30-60 cm	25.11	± 2.10	22.06 b	± 1.49	19.89	± 1.79	9.72 ab	± 7.12	12.34	± 5.96	10.38
	60-80 cm	24.78	± 1.32	22.20 b	± 0.77	19.86	± 1.20	6.61 b	± 0.60	15.59 a	± 1.32	21.47
	80-110 cm	25.45	± 1.67	23.57 a	± 1.73	21.13	± 2.25	7.18 b	± 1.19	16.39 a	± 1.55	26.55
	>110 cm	25.68	± 0.55	24.35 b	± 1.04	20.72	± 1.80	6.85 b	± 0.76	17.50 a	± 1.49	22.98
ປາບຫຼວງພຣະນຸມຜູ້ເກີດຕົນຄໍ່ມ	0-10 cm	23.92	± 2.76	22.59 a	± 2.28	20.31	± 2.68	7.05 b	± 0.31	15.54 b	± 1.97	5.60
	10-30 cm	19.95	± 1.41	17.26 b	± 3.04	17.06	± 1.86	6.35 b	± 0.44	10.91 ab	± 2.99	10.08
	30-60 cm	19.27	± 2.39	18.32 c	± 2.03	16.87	± 1.57	8.95 b	± 3.74	9.38	± 2.66	6.35
	60-80 cm	15.71	± 1.38	14.86 c	± 1.10	13.57	± 1.13	6.87 b	± 0.36	7.99 bc	± 1.30	8.85
	80-110 cm	17.49	± 2.51	16.53 b	± 2.15	14.87	± 1.66	7.03 b	± 1.06	9.50 b	± 1.23	21.16
	>110 cm	20.70	± 0.94	19.28 c	± 1.43	16.01	± 2.15	10.81 b	± 3.97	8.46 b	± 2.81	11.50

ໜ່າຍເຫດ :

ຕິດຄໍ່ມ ພໍາວາມເສື້ອມໆຮັບຍະດັບ 95 ( $p<0.05$ )

ກາງສົດໃຫຍ້ອັນຄຸນສົມບັດຕິນຕາມຮະຕິປະຈຸບັນວິເວລ ກາຍໃຫ້ສົດານກາຮົນ

### (3) คุณสมบัติด้านเคมี

การศึกษาคุณสมบัติดินตามความลึกทั้งหมด 6 ระดับ ได้แก่ 0-10 10-30 30-60 60-80 80-110 และมากกว่า 110 เซนติเมตร สำหรับระบบนิเวศสวนไม้ผลสมัยโบราณเกษตร และป่าเบญจพรรณผสมไฝ่ ภายใต้สถานการณ์ปกติและเกิดดินถล่ม โดยทำการวิเคราะห์คุณสมบัติดินด้านเคมี พบว่า ในระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไฝ่ไม่เกิดดินถล่มมีปริมาณอินทรีย์ต่ำสุด รองลงมา ได้แก่ ป่าเบญจพรรณผสมไฝ่ที่เกิดดินถล่ม สวนไม้ผลสมัยโบราณเกษตร และสวนไม้ผลสมัยโบราณเกษตรที่เกิดดินถล่ม โดยมีค่าร้อยละ 4.87 3.36 3.05 และ 2.42 ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก พบนากที่สุดในระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไฝ่ รองลงมา ได้แก่ สวนไม้ผลสมัยโบราณเกษตร สวนไม้ผลสมัยโบราณเกษตรที่เกิดดินถล่ม และป่าเบญจพรรณผสมไฝ่ที่เกิดดินถล่ม โดยมีค่า 23.73 20.63 19.39 และ 11.62 เซนติเมตร ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณ ผสมไฝ่ที่ไม่เกิดดินถล่มมีปริมาณอินทรีย์ต่ำสุด รองลงมา ได้แก่ สวนไม้ผลสมัยโบราณเกษตรที่ไม่เกิดดินถล่ม สวนไม้ผลสมัยโบราณเกษตรที่เกิดดินถล่ม ป่าเบญจพรรณผสมไฝ่ โดยมีค่าร้อยละ 3.95 2.04 1.71 และ 1.69 ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกพบนากที่สุดในระบบนิเวศสวนไม้ผลสมัย วนเกษตรที่เกิดดินถล่ม รองลงมา ได้แก่ ป่าเบญจพรรณผสมไฝ่ สวนไม้ผลสมัยโบราณเกษตร และป่าเบญจพรรณผสมไฝ่ที่เกิดดินถล่ม โดยมีค่า 16.93 15.11 13.97 10.03 เซนติเมตร ตามลำดับ ในระดับความลึก 30-60 เซนติเมตร ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไฝ่มีปริมาณอินทรีย์ต่ำสุด รองลงมา ได้แก่ สวนไม้ผลสมัยโบราณเกษตรที่เกิดดินถล่ม และป่าเบญจพรรณผสมไฝ่ที่เกิดดินถล่ม โดยมีค่าร้อยละ 1.86 1.62 1.48 และ 1.31 ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก พบนากที่สุดในระบบนิเวศสวนไม้ผลสมัยโบราณเกษตร รองลงมา ได้แก่ ป่าเบญจพรรณผสมไฝ่ สวนไม้ผลสมัย แบบนิเวศที่เกิดดินถล่ม และป่าเบญจพรรณผสมไฝ่ที่เกิดดินถล่ม มีค่า 14.73 13.11 12.75 และ 10.23 เซนติเมตร ตามลำดับ ในระดับความลึก 60-80 เซนติเมตร ระบบนิเวศสวนไม้ผลสมัยโบราณเกษตร มีปริมาณอินทรีย์ต่ำสุด รองลงมา ได้แก่ สวนไม้ผลสมัยโบราณเกษตรที่เกิดดินถล่ม ป่าเบญจพรรณผสมไฝ่ และป่าเบญจพรรณผสมไฝ่ที่เกิดดินถล่ม โดยมีค่าร้อยละ 1.53 1.31 1.26 และ 0.73 ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกพบนากที่สุดในระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไฝ่ รองลงมา ได้แก่ สวนไม้ผลสมัยโบราณเกษตรที่เกิดดินถล่ม และป่าเบญจพรรณผสมไฝ่ที่เกิดดินถล่ม โดยมีค่า 14.60 14.12.61 และ 10.46 เซนติเมตร ตามลำดับ ในระดับความลึก 80-110 เซนติเมตร ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไฝ่มีปริมาณอินทรีย์ต่ำสุด รองลงมา ได้แก่ สวนไม้ผลสมัย วนเกษตร ป่าเบญจพรรณผสมไฝ่ที่เกิดดินถล่ม และสวนไม้ผลสมัยโบราณเกษตรที่เกิดดินถล่ม โดยมีค่าร้อยละ 13.11 12.35 11.14 และ 10.44 ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกพบนากที่สุดในระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไฝ่ รองลงมา ได้แก่ สวนไม้ผลสมัยโบราณเกษตรที่ไม่เกิดดินถล่ม ป่าเบญจพรรณผสมไฝ่ และสวนไม้ผลสมัยโบราณเกษตรที่เกิดดินถล่ม โดยมีค่า 13.11 12.35 11.14 และ 10.44 เซนติเมตร ตามลำดับ ในระดับความลึกมากกว่า 110 เซนติเมตร ระบบนิเวศสวนไม้ผลสมัย วนเกษตรมีปริมาณอินทรีย์ต่ำสุด รองลงมา ได้แก่ สวนไม้ผลสมัยโบราณเกษตรที่เกิดดินถล่ม ป่าเบญจพรรณผสมไฝ่ และป่าเบญจพรรณผสมไฝ่ที่เกิดดินถล่ม โดยมีค่าร้อยละ 1.14 0.75 0.58 และ 0.23 ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกพบนากที่สุดในระบบนิเวศสวนไม้ผลสมัย วนเกษตรที่เกิดดินถล่ม รองลงมา ได้แก่ สวนไม้ผลสมัยโบราณเกษตร ป่าเบญจพรรณผสมไฝ่ที่เกิดดินถล่ม และป่าเบญจพรรณ ผสมไฝ่โดยมีค่า 13.06 12.83 11.31 และ 11.09 เซนติเมตร ตามลำดับ ดังตาราง 4.17

ตาราง 4.17 คุณสมบัติด้านเคมีของระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรและป่าเบญจพรรณผสมไฟ ภายใต้สถานการณ์ดินถล่ม

Ecosystem	Depth	Organic matter (%)		pH		Cation exchange capacity (cmol/kg)	
		Average	SD	Average	SD	Average	SD
สวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร	0-10 cm	3.05	± 0.03	5.3	± 0.10	20.63	± 6.01
	10-30 cm	2.04	± 0.66	5.2	± 0.02	13.97	± 1.08
	30-60 cm	1.62	± 0.72	5.2	± 0.04	14.73	± 2.06
	60-80 cm	1.53	± 0.89	5.2	± 0.03	14.00	± 0.82
	80-110 cm	1.41	± 0.65	5.2	± 0.01	12.35	± 1.34
	>110 cm	1.14	± 0.56	5.2	± 0.01	12.83	± 1.27
สวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินถล่ม	0-10 cm	2.42	± 0.30	5.9	± 0.07	19.39	± 2.63
	10-30 cm	1.71	± 0.86	5.3	± 0.26	16.93	± 2.45
	30-60 cm	1.48	± 0.75	5.1	± 0.04	12.75	± 2.53
	60-80 cm	1.31	± 0.59	5.0	± 0.05	12.61	± 2.34
	80-110 cm	0.41	± 0.11	6.5	± 2.12	10.44	± 5.72
	>110 cm	0.75	± 0.11	4.9	± 0.01	13.06	± 7.14
ป่าเบญจพรรณผสมไฟ	0-10 cm	4.87	± 0.41	6.5	± 0.01	23.73	± 9.54
	10-30 cm	3.95	± 0.61	6.2	± 0.13	15.11	± 7.19
	30-60 cm	1.86	± 1.31	5.8	± 0.00	13.11	± 5.07
	60-80 cm	1.26	± 1.56	5.4	± 0.00	14.60	± 2.29
	80-110 cm	1.63	± 0.98	5.5	± 0.01	13.11	± 6.10
	>110 cm	0.58	± 0.12	5.7	± 0.01	11.09	± 0.58
ป่าเบญจพรรณผสมไฟที่เกิดดินถล่ม	0-10 cm	3.36	± 1.62	5.5	± 0.01	11.62	± 3.30
	10-30 cm	1.69	± 0.88	5.4	± 0.05	10.03	± 1.41
	30-60 cm	1.31	± 0.97	5.7	± 0.02	10.23	± 1.27
	60-80 cm	0.73	± 0.32	6.0	± 0.01	10.46	± 0.76
	80-110 cm	0.55	± 0.08	6.2	± 0.12	11.14	± 0.19
	>110 cm	0.23	± 0.11	6.2	± 0.01	11.31	± 0.34

หมายเหตุ : วิเคราะห์ความแตกต่างของคุณสมบัติดินตามระดับชั้นระหว่างระบบนิเวศ ภายใต้สถานการณ์ดินถล่ม ( $p<0.05$ )

#### 4.5.3 การศึกษาความสัมพันธ์ในการกักเก็บน้ำในดินของระบบนิเวศ

การศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรคุณสมบัติดินต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน โดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์จำแนกระบบนิเวศและระดับความลึกของชั้นดินภายใต้สถานการณ์ปกติและที่เกิดติน กล่าว ด้วยวิธีวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation เพื่อปั่งชี้คุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยทำการวิเคราะห์ในรูปแบบต่าง 3 รูปแบบ คือ (1) การวิเคราะห์ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินโดยทั่วไป ซึ่งเป็นการนำข้อมูลคุณสมบัติดินของทุกระบบนิเวศ และสถานการณ์ รวมถึงข้อมูลทุกระดับชั้นดินมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์โดยทั่วไปของคุณสมบัติดินด้านต่างๆ กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน (2) การวิเคราะห์ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในแต่ละระบบบานิเวศ โดยการจัดกลุ่มการวิเคราะห์ตามระบบบานิเวศ และสถานการณ์ ได้แก่ สวนไม้ผลสมบูรณ์เกษตร สวนไม้ผลสมบูรณ์เกษตรที่เคยเกิดดินกล่าว ป่าเบญจพารณ์สมไม่ร่วง และป่าเบญจพารณ์สมไม่ร่วงที่เคยเกิดดินกล่าว เพื่อปั่งชี้ความสัมพันธ์ของตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินในแต่ละระบบบานิเวศ (3) การวิเคราะห์ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในแต่ละระดับความลึก ซึ่งใช้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ตามความลึกระดับต่างๆ ได้แก่ 0-10 10-30 30-60 60-80 80-110 และมากกว่า 110 เซนติเมตร โดยไม่แยกระบบบานิเวศ และสถานการณ์ดินกล่าว โดยตัวแปรคุณสมบัติดินที่นำมาเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน ประกอบด้วย องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็ง (Soil solid : SVol.) องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ (Water volume : WVol.) และองค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ (Air volume : AVol.) ความหนาแน่นรวม (Bulk density : BD) ความหนาแน่นอนุภาค (Particle density : PD) ความพรุน (Porosity) อัตราลักษณ์น้ำในดินที่ระดับแรงดึงบรรยายกาศ 0.33 บาร์ (Field capacity : FC) และ 15 บาร์ (Permanent wilting point : PWP) ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน หรือน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available water capacity : AWC) อัตราการซึมน้ำของดิน (Infiltration : K) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) อินทรีย์ตุ่นในดิน (Organic matter : OM) เนื้อดินที่มีสัดส่วนของปริมาณอนุภาคทราย (Sand) ปริมาณอนุภาคทรายแบ่ง (Silt) ปริมาณอนุภาคดินเหนียว (Clay) และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation exchange capacity : CEC)

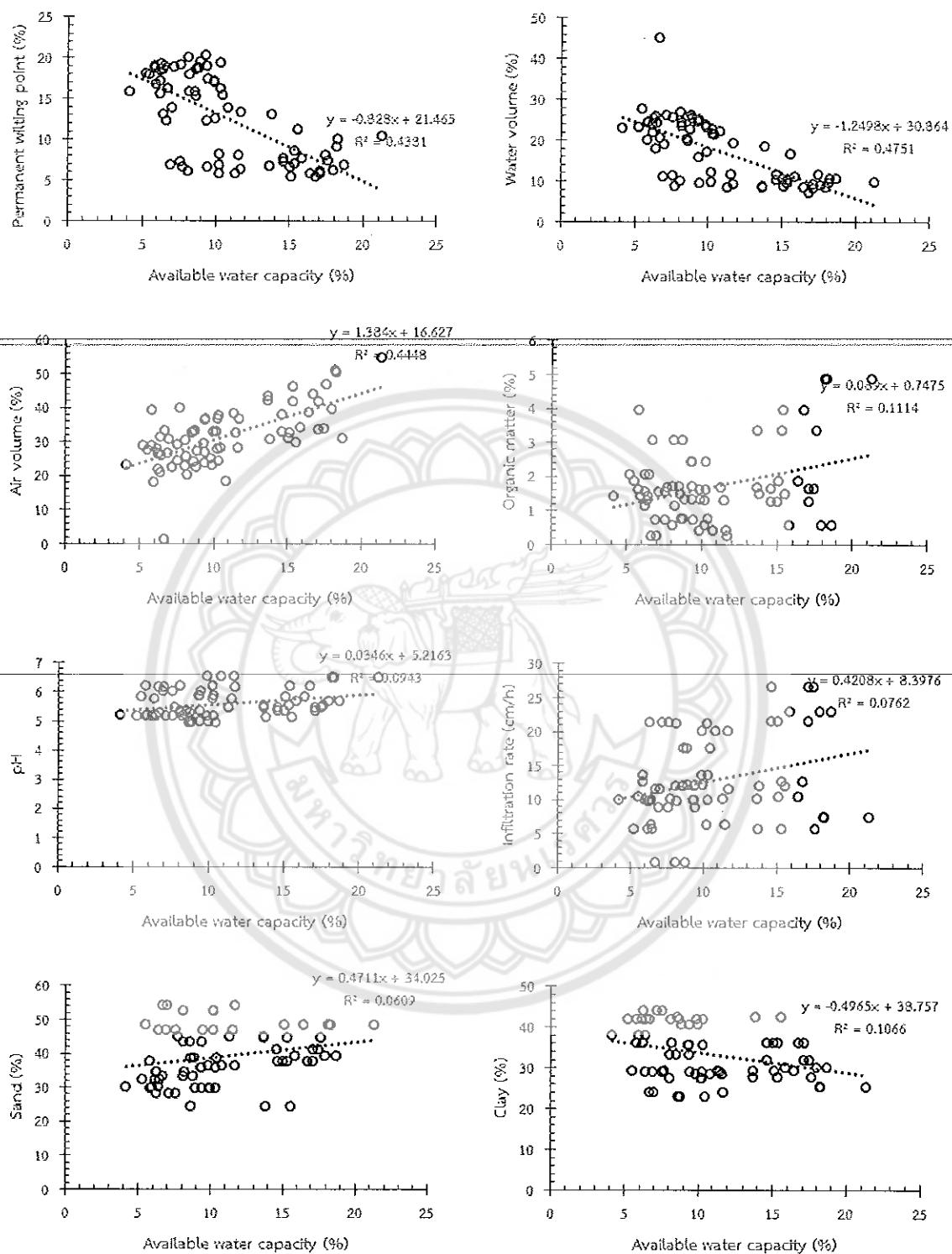
#### 4.5.3.1 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินโดยทั่วไป

การวิเคราะห์ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินโดยทั่วไป ซึ่งเป็นการนำข้อมูลคุณสมบัติดินของทุกระบบนิเวศ และสถานการณ์ รวมถึงข้อมูลทุกระดับขั้นดินมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์โดยทั่วไปของคุณสมบัติดินด้านต่างๆ กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินพบว่า ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $p<0.01$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ ความจุความชื้นสนาม ( $p<0.001$ ) องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ ( $p<0.001$ ) องค์ประกอบส่วนที่เป็นอากาศ ( $p<0.001$ ) อินทรีย์วัตถุ ( $p=0.004$ ) ความเป็นกรด-ด่าง ( $p=0.009$ ) ปริมาณอนุภาคดินเหนียว ( $p=0.005$ ) ปริมาณรากพืช ( $p<0.01$ ) และตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p<0.05$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ อัตราการซึมน้ำ ( $p=0.019$ ) ปริมาณอนุภาคทรัพย์ ( $p=0.037$ )

ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน มีการวิเคราะห์มาจากส่วนต่างของความจุความชื้นสนาม และความชื้น ณ จุดเที่ยวถาวร โดยเป็นตัวแปรคุณสมบัติดินที่สำคัญในการบ่งชี้น้ำที่สามารถกักเก็บไว้ได้ในดินและพืชสามารถใช้ประโยชน์จากน้ำส่วนนี้ได้ ดังนั้น จึงควรวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรคุณสมบัติดินอื่นๆ ต่อความสามารถชื้นสนาม และความชื้น ณ จุดเที่ยวถาวร โดยพบว่า

ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความจุความชื้นสนามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $p<0.01$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ จุดเที่ยวถาวร องค์ประกอบส่วนที่เป็นของแข็ง องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ ความหนาแน่นรวม ความพรุน อินทรีย์วัตถุ ปริมาณอนุภาคทรัพย์ ปริมาณอนุภาคทรัพย์แบ่ง ปริมาณอนุภาคดินเหนียว ปริมาณหิน ปริมาณดิน และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก และตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชื้น ณ จุดเที่ยวถาวร ได้แก่ ความจุความชื้นสนาม ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน องค์ประกอบส่วนที่เป็นของแข็ง องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ องค์ประกอบส่วนที่เป็นอากาศ ความหนาแน่นรวม ความพรุน ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอนุภาคทรัพย์ ปริมาณอนุภาคทรัพย์แบ่ง ปริมาณอนุภาคดินเหนียว ปริมาณหิน ปริมาณดิน และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก

ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความจุความชื้นสนามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p<0.05$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง และตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชื้น ณ จุดเที่ยวถาวร ได้แก่ ปริมาณรากพืช ดังภาพ 4.16 และตาราง 4.18



ภาพ 4.16 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อกำลังความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินโดยทั่วไป

ตาราง 4.18 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินบริเวณพื้นที่ตำบลแม่พูล อำเภอลับ

	FC	PWP	AWC	SVol.	WVol.	AVol.	BD	PD	Porosity	OM	pH	K	Sand	Silt
FC	1	.618**	.180	-.579**	.423**	-.015	-.567**	.114	.579**	.367**	-.232	.038	-.516**	.469**
PWP	.618**	1	-.662**	-.357**	.874**	-.545**	-.363**	.025	.357**	.013	-.421**	-.191	-.591**	.343**
AWC	.180	-.662**	1	-.105	-.689**	.667**	-.086	.077	.105	.334**	.307**	.276	.247	.018
SVol.	-.579**	-.357**	-.105	1	-.130	-.499**	.978**	-.193	-1.000**	-.729**	-.082	.348**	.098	-.013
WVol.	.423**	.874**	-.689**	-.130	1	-.794**	-.120	.071	.130	-.205	-.351**	-.117	-.438**	.276
AVol.	-.015	-.545**	.667**	-.499**	-.794**	1	-.494**	.057	.499**	.625**	.357**	-.111	.323**	-.233
BD	-.567**	-.363**	-.086	.978**	-.120	-.494**	1	.014	-.978**	-.753**	-.082	.383**	.111	.004
PD	.114	.025	.077	-.193	.071	.057	.014	1	.193	-.047	-.026	.103	.028	.098
Porosity	.579**	.357**	.105	-1.000**	.130	.499**	-.978**	.193	1	.729**	.082	-.348**	-.098	.013
OM	.367**	.013	.334**	-.729**	-.205	.625**	-.753**	-.047	.729**	1	.159	-.477**	-.024	-.153
pH	.232	.421**	.307**	-.082	.351**	.357**	.082	.026	.082	.159	1	.048	.636**	-.347**
K	.038	-.191	.276	.348**	-.117	-.111	.383**	.103	-.348**	-.477**	.048	1	-.034	.235
Sand	-.516**	-.591**	.247	.098	-.438**	.323**	.111	.028	-.098	-.024	.636**	-.034	1	-.608**
Silt	.469**	.343**	.018	-.013	.276	-.233	.004	.098	.013	-.153	-.347**	.235	-.608**	1
Clay	.334**	.515**	-.326**	-.115	.368	-.252	-.142	-.095	.114	.128	-.573**	-.113	-.854**	.108
RockF	-.497**	-.445**	.083	.545**	-.210	-.151	.536**	-.102	-.545**	-.484**	.024	.360**	.239	-.142
RootF	.232	-.252	.536**	-.627**	-.373**	.710**	-.630	.042	.627**	.792**	.379**	-.390**	.319**	-.134
SoilF	.469**	.519**	-.202	-.446**	.295	.016	-.438**	.093	.446	.352**	-.125	-.306**	-.317**	.162
CEC	.590**	.316**	.166	-.686**	.115	.320**	-.686**	.058	.686**	.723**	.069	-.308**	-.133	-.096

\*\*. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

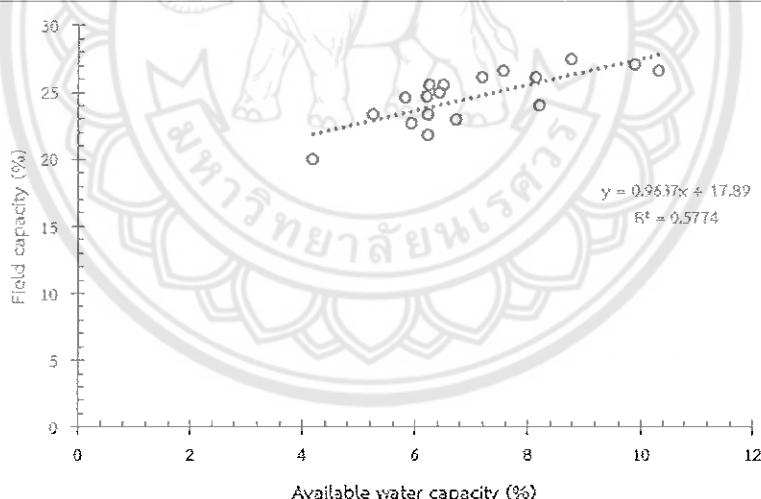
\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

หมายเหตุ : Ecosystem: FN, สวนไม้ผลสมบูรณ์; FS, สวนไม้ผลสมบูรณ์แบบเกษตรริมแม่น้ำ; BN, ป่าเบญจพรรณผสมไม้ผลต้น; factor: 0.1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยากาศ 0.1 บาร์; FC, ความชื้นที่แรงดึงบรรยากาศ 0.33 บาร์ หรือความชื้นที่ความชื้นสูงสุด; 1 ความชื้นที่แรงดึง 15 บาร์ หรือความชื้นที่จุดเที่ยงเวลา; AWC, ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน; SVol., องค์ประกอบดินส่วนน้ำ; AVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ; BD, ความหนาแน่นรวม; PD, ความหนาแน่นอนุภาค; Porosity, ความพรุน; OM, อัตราการซึมน้ำของดินขณะไม้อืดตัว; Sand, ปริมาณอนุภาคทราย; Silt, ปริมาณอนุภาคทรายละเอียด; Clay, ปริมาณอนุภาคดินเนื้อนาก. RockF, ปริมาณสัดส่วนของหิน; RootF, ปริมาณสัดส่วนของรากพืช; SoilF, ปริมาณสัดส่วนของดิน.

**4.5.3.2 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในแต่ละระบบนิเวศ การวิเคราะห์ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในแต่ละระบบนิเวศ โดยการจัดกลุ่มการวิเคราะห์ตามระบบนิเวศ และสถานการณ์ ได้แก่ สวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร สวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เคยเกิดดินถล่ม ป่าเบญจพรรณผสมไผ่ และป่าเบญจพรรณผสมไผ่ที่เคยเกิดดินถล่ม เพื่อปัจจัยความสัมพันธ์ของตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน ในแต่ละระบบนิเวศ**

#### (1) ระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร

การวิเคราะห์ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินถล่ม พบว่า ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $p<0.01$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation มีตัวแปรคุณสมบัติดินเพียง 1 ตัวแปร ที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน คือ ความชุกความชื้นสนาม ( $p<0.001$ ) เนื่องจากในระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรได้รับอิทธิพลจากสภาพพื้นที่ตั้ง ซึ่งเป็นบริเวณลาดดินตอนล่าง และได้รับผลกระทบจากการชะล้างพังทลายจากภาคดินตอนบน และตอนกลาง รวมถึงการเข้าปรับปรุงพื้นที่ ทำถนน และการเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งอาจทำให้เกิดการระบกวนจากสภาพปกติ ส่งผลให้คุณสมบัติดินเปลี่ยนแปลง ซึ่งทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคุณสมบัติดินต่อการกักเก็บน้ำของดินมีเพียงแค่ความชุกความชื้นสนาม



ภาพ 4.17 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน ในระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร

ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน มีการวิเคราะห์มาจากการส่วนต่างของความชุกความชื้นสนาม และความชื้น ณ จุดเที่ยวถาวร โดยเป็นตัวแปรคุณสมบัติดินที่สำคัญในการบ่งชี้น้ำที่สามารถกักเก็บไว้ได้ในดิน และพืชสามารถใช้ประโยชน์จากน้ำส่วนนี้ได้ ดังนั้น จึงควรวิเคราะห์ความสามารถสัมพันธ์ของตัวแปรคุณสมบัติดินอีกหนึ่ง ต่อความสามารถชื้นสนาม และความชื้น ณ จุดเที่ยวถาวร โดยพบว่า

ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความจุความชื้นสนามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $p<0.01$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ จุดเหี้ยwalker ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน และปริมาณอนุภาคดินเหนียว และตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชื้น ณ จุดเหี้ยwalker ได้แก่ ความจุความชื้นสนาม องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ ความหนาแน่นรวม และปริมาณอนุภาคดินเหนียว

ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความจุความชื้นสนามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $p<0.01$ ) ได้แก่ ปริมาณหิน ปริมาณดิน และตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชื้น ณ จุดเหี้ยwalker ได้แก่ องค์ประกอบส่วนที่เป็นของแข็ง ปริมาณหิน ปริมาณดิน และความพรุน ดังภาพ 4.17 และตาราง 4.19



ตาราง 4.19 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินของระบบนิเวศสวนไม้ผลสมบูรณ์

	FC	PWP	AWC	SVol.	WVol.	AVol.	BD	PD	Porosity	OM	pH	K	Sand	Silt	C
FC	1	.616**	.760**	-.317	.357	.150	-.430	-.074	.317	.312	-.075	.197	-.270	-.494**	.6
PWP	.616**	1	-.043	-.531	.671**	.225	-.588	.131	.531	.223	-.115	.254	-.408	-.407	.6
AWC	.760**	-.043	1	.036	-.101	.004	-.060	-.202	-.036	.212	-.001	.041	-.006	-.290	.6
SVol.	-.317	-.531	.036	1	.216	-.940**	.939**	-.659**	-1.000**	-.697**	-.502	.262	-.054	.784**	.6
WVol.	.357	.671**	-.101	.216	1	-.536	.202	-.169	-.216	-.370	-.517**	.615**	-.604**	.277	.6
AVol.	.150	.225	.004	-.940**	-.536	1	-.883**	.629**	.940**	.732**	.615**	-.441	.258	-.775**	.6
BD	-.430	-.588	-.060	.939**	.202	-.883**	1	-.363	-.939**	-.711**	-.426	.332	-.114	.848**	.6
PD	-.074	.131	-.202	-.659**	-.169	.629**	-.363	1	.659**	.357	.478	-.004	-.079	-.276	.6
Porosity	.317	.531	-.036	-1.000**	-.216	.940**	-.939**	-.659**	1	.697**	.502	-.262	.054	.784**	.6
OM	.312	.223	.212	-.697**	-.370	.732**	-.711**	.357	.697**	1	.816**	-.675**	.294	-.819**	.6
pH	.075	-.115	-.001	.502	-.517	.615**	-.426	.478	.502	.816**	1	.745**	.469	-.459	.6
K	.197	.254	.041	.262	.615**	-.441	.332	-.004	-.262	-.675**	-.745**	1	-.788**	.429	.6
Sand	-.270	-.408	-.006	-.054	-.604**	.258	-.114	-.079	.054	.294	.469	-.788**	1	-.281	.6
Silt	-.494**	-.407	-.290	.784**	.277	-.775**	.848**	-.276	-.784**	-.819**	-.459	.429	-.281	1	.6
Clay	.645**	.678**	.259	-.643**	.234	.475	-.652**	.304	.643**	.485	.032	.246	-.543	-.654**	.6
RockF	-.559	-.477	-.315	.731	.157	-.687**	.808	-.210	-.731	-.752**	-.322	.266	.105	.857**	.6
RootF	.225	.090	.210	-.628	-.451	.701**	-.627**	.366	.628**	.974**	.887**	-.746**	.454	-.765**	.6
SoilF	.565	.488	.314	-.720**	-.136	.670**	-.800**	.196	.720**	.722**	.282	-.232	-.135	-.842**	.6
CEC	.379	.116	.385	-.648**	-.411	.704**	-.621	.441	.648**	.936**	.833**	-.559	.298	-.765**	.6

\*\*. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

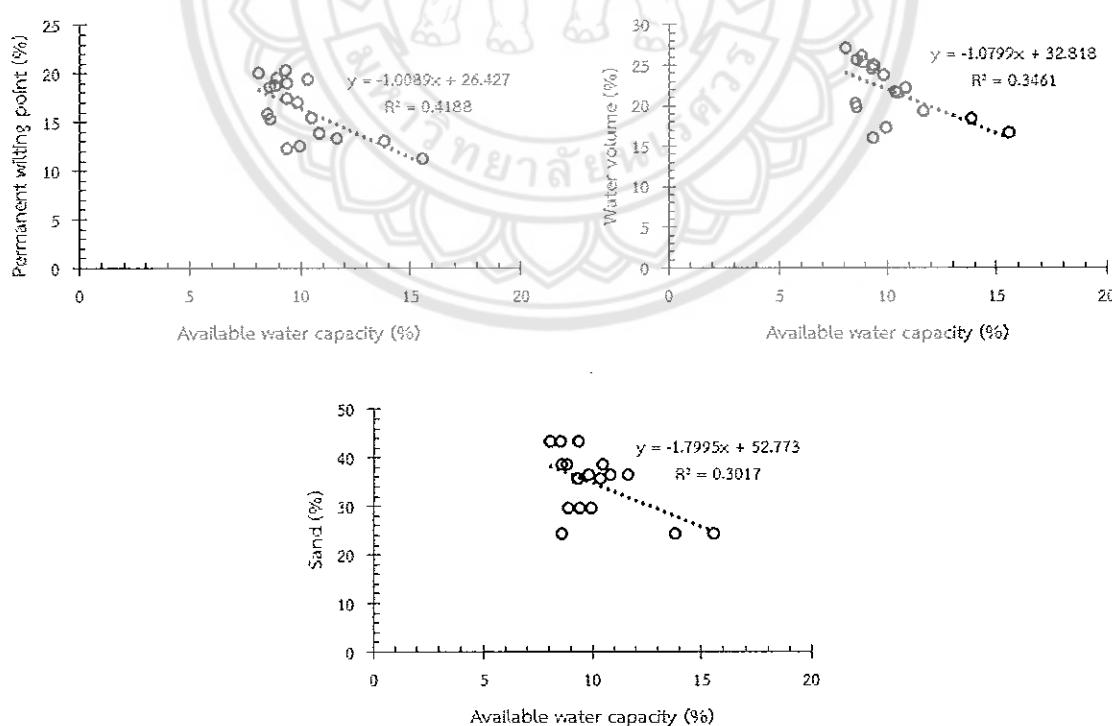
\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

หมายเหตุ : Ecosystem: FN, สวนไม้ผลสมบูรณ์แบบเกษตร; FS, สวนไม้ผลสมบูรณ์แบบเกษตรที่เคยเกิดดินคล่อง; BN, ป่าเบญจพรรณไม้ factor: 0.1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.1 บาร์; FC, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.33 บาร์ หรือความจุความชื้นสูงสุด ความชื้นที่แรงดึง 15 บาร์ หรือความชื้นที่จุดเหลวถาวร; AWC, ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน; SVol., องค์ประกอบดินส่วนน้ำ; AVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ; BD, ความหนาแน่นรวม; PD, ความหนาแน่นอนุภาค; Porosity, ความพรุน; C อัตราการซึมน้ำของดินขณะไม่มีอิมตัว; Sand, ปริมาณอนุภาคทราย; Silt, ปริมาณอนุภาคทรายแป้ง; Clay, ปริมาณอนุภาคดินบวก. RockF, ปริมาณสัดสวนของหิน; RootF, ปริมาณสัดสวนของรากพืช; SoilF, ปริมาณสัดสวนของดิน.

## (2) ระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เคยเกิดดินถล่ม

การวิเคราะห์ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เคยเกิดดินถล่ม พบว่า ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $p<0.01$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ จุดเที่ยวถาวร ( $p=0.004$ ) และตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p<0.05$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ ( $p=0.010$ ) ปริมาณอนุภาคทรัพย์ ( $p=0.018$ ) ปริมาณสัดส่วนของหิน ( $p=0.018$ ) และปริมาณสัดส่วนของดิน ( $p=0.010$ )

ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน คำนวณจากส่วนต่างของความชุกความชื้นสนามและความชื้น ณ จุดเที่ยวถาวร โดยเป็นตัวแปรทางอุทกวิทยาที่สำคัญของคุณสมบัติดินเพื่อบ่งชี้ปริมาณน้ำที่สามารถกักเก็บได้ในดิน และพิษสามารถใช้ประโยชน์จากน้ำส่วนนี้ได้ ดังนั้น จึงควรวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรคุณสมบัติดินอื่นๆ ต่อความชุกความชื้นสนาม และความชื้น ณ จุดเที่ยวถาวร โดยพบว่า ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชุกความชื้นสนามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $p<0.01$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ จุดเที่ยวถาวร องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ และตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชื้น ณ จุดเที่ยวถาวร ได้แก่ ความชุกความชื้นสนาม ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ ส่วนตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชื้น ณ จุดเที่ยวถาวร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p<0.05$ ) ได้แก่ ความหนาแน่นรวม ปริมาณอนุภาคทรัพย์ และปริมาณสัดส่วนของดิน ดังภาพ 4.18 และตาราง 4.20



ภาพ 4.18 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน ในระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เคยเกิดดินถล่ม

ตาราง 4.20 ตัวแปรคุณสมบัติในพื้นดินต่อต้านการกรังส์โดยการรักษาในต้นไม้และส่วนประกอบของรากที่เกิดต้นกลับ (N=18)

	FC	PWP	AWC	SVol.	WVol.	AVol.	BD	PD	Porosity	OM	pH	K	Sand	Silt	Clay	RockF	RootF	SoilF	CEC	
FC	1	.767 <sup>**</sup>	-.008	-.293	.691 <sup>**</sup>	-.259	-.327	-.227	.294	.146	-.069	-.103	.175	-.079	-.096	-.148	.140	.154	.216	
PWP	.767 <sup>**</sup>	1	-.647 <sup>**</sup>	-.461	.904 <sup>**</sup>	-.461	-.517 <sup>*</sup>	-.303	.461	.179	-.109	-.112	.483 <sup>*</sup>	-.236	-.269	-.468	.120	.496 <sup>*</sup>	.362	
AWC	-.008	-.647 <sup>**</sup>	1	.372	-.588 <sup>*</sup>	.128	.418	.200	-.372	-.107	.090	.053	-.544 <sup>*</sup>	.274	.303	.552 <sup>*</sup>	-.020	-.589 <sup>*</sup>	-.309	
SVol.	-.293	-.461	.372	1	-.055	-.719 <sup>**</sup>	.988 <sup>*</sup>	-.058	-.1000	-.725 <sup>**</sup>	.172	.654 <sup>**</sup>	-.105	.446	-.239	.189	-.558 <sup>*</sup>	-.186	-.725 <sup>**</sup>	
WVol.	.691 <sup>**</sup>	.904 <sup>**</sup>	-.588 <sup>*</sup>	-.055	1	-.654 <sup>**</sup>	-.109	-.273	.055	-.178	-.099	.202	.495 <sup>*</sup>	-.039	.430	-.418	-.165	.459	.030	
AVol.	-.259	-.280	.128	-.719 <sup>**</sup>	-.654 <sup>**</sup>	1	-.672 <sup>**</sup>	.234	.719 <sup>**</sup>	.673 <sup>*</sup>	-.062	-.636 <sup>**</sup>	-.265	.311	.480 <sup>*</sup>	.148	.537 <sup>*</sup>	.179	.528 <sup>*</sup>	
BD	-.327	-.517 <sup>*</sup>	.418	.988 <sup>**</sup>	-.109	-.672 <sup>**</sup>	1	.095	-.988 <sup>**</sup>	-.768 <sup>**</sup>	.119	.673 <sup>**</sup>	-.156	.487 <sup>*</sup>	-.221	.255	-.604 <sup>**</sup>	-.246	-.787 <sup>**</sup>	
PD	-.227	-.303	.200	-.058	-.273	.234	.095	1	.058	-.296	-.330	.135	-.293	.228	.105	.413	-.271	.382	-.404	
Porosity	.294	.461	-.372	-.1000 <sup>**</sup>	.055	.719 <sup>**</sup>	-.988 <sup>**</sup>	.058	.058	1	.725 <sup>**</sup>	-.172	-.654 <sup>**</sup>	-.105	.446	.239	-.189	.558 <sup>*</sup>	.186	.725 <sup>*</sup>
OM	.146	.179	-.107	-.725 <sup>**</sup>	-.178	.673 <sup>**</sup>	-.768 <sup>**</sup>	-.296	.725 <sup>**</sup>	1	.134	.937 <sup>**</sup>	-.035	.691 <sup>**</sup>	.532	-.070	.858 <sup>**</sup>	.032	.904 <sup>*</sup>	
pH	-.069	-.109 <sup>*</sup>	.090	.172	-.099	-.062	.119	-.330	-.172	-.134	1	.371	.229	.005	.217	-.459	-.017	.374	-.028	
K	-.103	-.112	.053	.654 <sup>**</sup>	.202	-.636 <sup>**</sup>	.673 <sup>**</sup>	.135	-.654 <sup>**</sup>	.937 <sup>**</sup>	.371	1	.241	.706 <sup>**</sup>	.730	-.186	-.763 <sup>**</sup>	.205	-.737 <sup>**</sup>	
Sand	.175	.483	-.544 <sup>*</sup>	-.105	.495 <sup>*</sup>	-.265	-.156	-.293	.105	-.035	.229	.241	1	.257	.730	.917 <sup>**</sup>	.137	.915 <sup>**</sup>	.373	
Silt	-.079	-.236	.274	.446	-.039	-.311	.487 <sup>*</sup>	.228	-.446	-.691 <sup>**</sup>	.005	.706 <sup>**</sup>	-.257	1	.470	.261	-.738 <sup>**</sup>	-.207	-.650 <sup>*</sup>	
Clay	-.096	-.269	.303	-.239	-.430	.480 <sup>*</sup>	-.221	.105	.239	.532 <sup>*</sup>	-.217	-.730 <sup>**</sup>	-.470	1	.645 <sup>**</sup>	.393	-.679 <sup>**</sup>	.132		
RockF	-.148	-.468	.552 <sup>*</sup>	.189	-.418	.148	.255	.413	-.189	-.070	-.459	-.186	-.917 <sup>**</sup>	.261	.645 <sup>*</sup>	1	-.099	-.992 <sup>**</sup>	-.443	
RootF	.140	.120	-.020	-.558 <sup>*</sup>	-.165	.537 <sup>*</sup>	-.604 <sup>**</sup>	-.271	.558 <sup>*</sup>	.858 <sup>**</sup>	-.017	.763 <sup>**</sup>	-.137	.738 <sup>**</sup>	.393	-.099	1	.021	.832 <sup>*</sup>	
SoilF	.154	.496 <sup>*</sup>	.589 <sup>*</sup>	-.186	.459	-.179	-.246	-.382	.186	.032	.374	.205	.915 <sup>**</sup>	-.207	.679	-.992 <sup>**</sup>	.021	1	.411	
CEC	.216	.362	-.309	-.725 <sup>**</sup>	.030	.528 <sup>*</sup>	-.787 <sup>**</sup>	-.404	.725	.904 <sup>**</sup>	-.028	-.737 <sup>**</sup>	.373	.650 <sup>**</sup>	.132	-.443	.832 <sup>**</sup>	.411	1	

\*\*. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

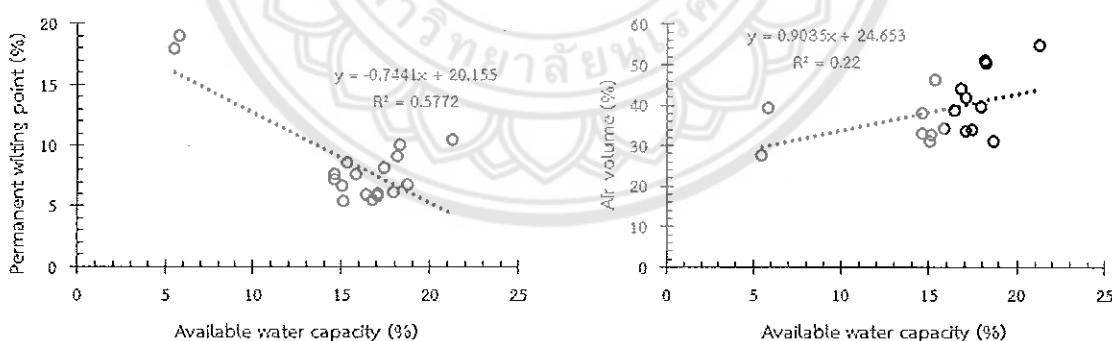
หมายเหตุ : Ecosystem: FN, สวนไม้ผลสมบูรณ์; FS, สวนไม้ผลสมบูรณ์ตามเกณฑ์ตัดต้นกลับ; BN, ป่าเบญจพรรณผืนที่เคยเป็นป่า; BS, ป่าเบญจพรรณผืนที่เคยเป็นป่าสน杉; 1Bar, ความชื้นที่แรงดึงดูดระบายน้ำ 0.1 Bar; FC, ความชื้นที่เม็ดน้ำที่ถูกดูดซึมน้ำที่อยู่ในราก 0.33 Bar หรือความชื้นที่แรงดึงดูดระบายน้ำ 1 Bar; PWP, ความชื้นที่แรงดึงดูด 15 Bar หรือความชื้นที่เม็ดน้ำที่ถูกดูดซึมน้ำที่อยู่ในราก 0.33 Bar หรือความชื้นที่แรงดึงดูดระบายน้ำ 15 Bar; AWC, ความชื้นสามารถดูดซึมน้ำได้มากที่สุดที่ไม่เสียหาย; SVOL, ยังคงรักษารากติดตันส่วนที่เป็นหิน; OM, อนทริบิวต์อินทร์; Porosity, ความพร่อง; PD, ความหนาแน่นราก; BD, ความหนาแน่นของราก; CEC, ความลักษณะทางเคมีของราก; pH, ความเป็นกรด-ด่าง; K, อัตราการซึมเข้าของต้นไม้ตามอัตราการซึมเข้า; Sand, บริเวณรอบรากที่รายละเอียด; Silt, บริเวณรอบรากที่รายละเอียด; Clay, บริเวณรอบรากที่รายละเอียด; RockF, บริเวณรากที่ติดตันหิน; RootF, บริเวณรากที่ติดตันหิน; SoilF, บริเวณรากที่ติดตันหิน.

### (3) ระบบนิเวศป่าเบญจพรพรรณสมไม้

การวิเคราะห์ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินในระบบนิเวศป่าเบญจพรพรรณสมไม้ พบว่า ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $p<0.01$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ จุดเหี่ยวน้ำ ( $p=$ ) องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ ( $p<0.001$ ) และตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p<0.05$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ องค์ประกอบส่วนที่เป็นอากาศ ( $p=0.050$ )

ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน มีการวิเคราะห์มาจากการส่วนต่างของความชุกความชื้นสนาม และความชื้น ณ จุดเหี่ยวน้ำ โดยเป็นตัวแปรคุณสมบัติดินที่สำคัญในการบ่งชี้น้ำที่สามารถกักเก็บไว้ได้ในดิน และที่สามารถใช้ประโยชน์จากน้ำส่วนนี้ได้ ดังนั้น จึงควรวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรคุณสมบัติดินอื่นๆ ต่อความชุกความชื้นสนาม และความชื้น ณ จุดเหี่ยวน้ำ โดยพบว่า

ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชุกความชื้นสนามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $p<0.01$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ องค์ประกอบส่วนที่เป็นของแข็ง องค์ประกอบส่วนที่เป็นอากาศ ความหนาแน่นรวม ความพรุน อินทรีย์วัตถุ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอนุภาคดินเหนียว ปริมาณรากพืช ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก และตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชื้น ณ จุดเหี่ยวน้ำ ได้แก่ ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน องค์ประกอบส่วนที่เป็นของแข็ง องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ ความหนาแน่นรวม ความพรุน ดังภาพ 4.19 และตาราง 4.21



ภาพ 4.19 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน ในระบบนิเวศป่าเบญจพรพรรณสมไม้

ตารางที่ 4.21 ตัวแปรอุปกรณ์ทางกายภาพที่มีผลต่อการก้าวกระโดดในเด็กชาย (N=18)

	FC	PWP	AWC	SVol.	WVol.	AVol.	BD	PD	Porosity	OM	pH	K	Sand	Silt	Clay	RockF	RootF	SoilF	SoilF	CEC
FC	1	.320	.373	*.733	*.038	.686**	-.744**	-.354	.733**	.608**	.659**	-.389	.392	.228	-.616**	-.383	.831**	.153	.740**	
PWP	.320	1	-.760**	-.596**	.903**	.002	-.594**	-.167	.596**	.364	.379	-.387	.185	-.215	-.071	-.372	.233	.368	.208	
AWC	.373	-.760**	1	.081	-.858**	.469*	.071	-.080	.061	.081	.112	.088	.367	-.354	.102	.342	-.255	.305		
SVol.	-.733**	-.596**	.081	1	-.280	-.791**	.995**	.227	-1.000	-.852**	-.832**	.722**	-.361	.160	.337	.774**	-.800**	-.646**	-.795**	
WVol.	.038	.903**	-.858**	-.280	1	-.367	-.266	.063	.280	.029	.067	-.182	.162	-.267	-.004	-.110	-.076	.164	-.098	
AVol.	.686**	.002	.469*	-.791**	-.367	1	-.794**	-.260	.791**	.807**	.763**	-.583**	.247	.015	-.323	-.680**	.824**	.521**	.833**	
BD	-.744**	-.594**	.071	.995**	-.266	-.794**	1	.322	-.995**	-.844**	-.834**	.699**	-.320	.110	.320	.761**	-.798**	-.630**	-.777**	
PD	-.354**	-.167	-.080	.227	.063	-.260	.322	1	-.226	-.205	-.267	-.002	.262	-.393	-.060	.096	-.221	-.034	-.086	
Porosity	.733**	.596**	-.081	-.1000**	.280	.791**	-.995**	-.226	1	.852**	.832**	-.722**	.361	-.160	-.336	-.774**	.800**	.646**	.795**	
OM	.608**	.364	.061	-.852**	.029	.807**	-.844**	-.205	.852**	1	.902**	-.772**	.389	-.290	-.290	-.818**	.807**	.696**	.856**	
pH	.659**	.379	.081	-.832**	.067	.763**	-.834**	-.267	.832**	.902	1	-.840**	.480**	-.142	-.496	-.828**	.891**	.678**	.746**	
K	.389	-.387	.112	.722**	-.182	-.583	.699**	-.002	-.722	-.772**	-.840**	-.1**	.663**	.578**	.440	.944**	-.706**	-.890**	-.664**	
Sand	.392	.185	.088	-.361	.162	.247	-.320	.262	.361	.389	.480*	-.663**	1	-.569	-.849**	-.409	.545**	.295	.514**	
Silt	.228	-.215	.367	.160	-.267	.015	.110	-.393	-.160	-.290	-.142	.578	-.569	1	.053	.452	.030	-.567	-.194	
Clay	-.616**	-.071	-.354	.337	-.004	-.323	.320	-.060	-.336	-.290	-.496	.440	-.849	1	.214	-.686	-.001	.504		
RockF	-.383	-.372	.102	.774**	-.110	-.680	.761	.096	-.774	-.818**	-.828	.944**	-.409	.452	.214	1	-.698	-.962	-.700	
RootF	.831**	.233	.342	-.800	-.076	.824**	-.798**	-.221	.800	.807**	.891*	-.706	.545*	.030	-.636	-.698	1	.476	.892	
SoilF	.153	.368	-.255	.7646**	.164	.521	.630	-.034	.646	.696	.678	-.890	.295	.567	-.001	-.962	.476	1	.520	
CEC	.740**	.208	.305	-.795**	-.098	.833	-.777**	-.086	.795**	.856**	.746**	-.664**	.514*	-.194	-.504	-.700**	.892**	.520	1	

\*\*. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

หมายเหตุ : Ecosystem: FN, สวนป่าดิบแล้งแบบป่าแห้งชั่วคราว; FS, สวนป่าดิบแล้งแบบป่าแห้งชั่วคราวที่เคยเกิดต้นไม้; BN, บำรุงพืชพรรณแม่น้ำที่เคยเกิดต้นไม้; Soil factor: 0.1Bar, ความชื้นที่เริ่มต้นที่จะปรับเปลี่ยนจาก 0.1 บาร์; FC, ความชื้นที่จะร่องรอยจาก 0.33 บาร์ หรือความชื้นตามคุณสมบัติของทางการ 1 Bar, ความชื้นที่แบ่งออกตามคุณสมบัติของทางการ 1 Bar; PVWP, ความชื้นที่แบ่งออกตามคุณสมบัติของทางการ 0.33 บาร์; SVol., อัตราปรับเคลื่อนไหวของอัตราปรับเปลี่ยนที่เป็นมาตรฐาน; WVOL, อัตราปรับเคลื่อนไหวของอัตราปรับเปลี่ยนที่เป็นมาตรฐานที่เป็นมาตรฐาน; pH, ความเป็นกรด-ด่าง; K+, อะบอร์บิกและ anaerobic; AWC, ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน; Porosity, Porosity; OM, อินทรีย์วัสดุในดิน; CEC, ความสามารถดูดซึมน้ำของดิน; Clay, ปริมาณอุบลภาระแปรปูน; Silt, ปริมาณอุบลภาระทราย; Sand, ปริมาณอุบลภาระทราย; SoilF, ปริมาณสัดส่วนของรากพืช; RootF, ปริมาณสัดส่วนของรากหิน; RockF, ปริมาณสัดส่วนของหิน.

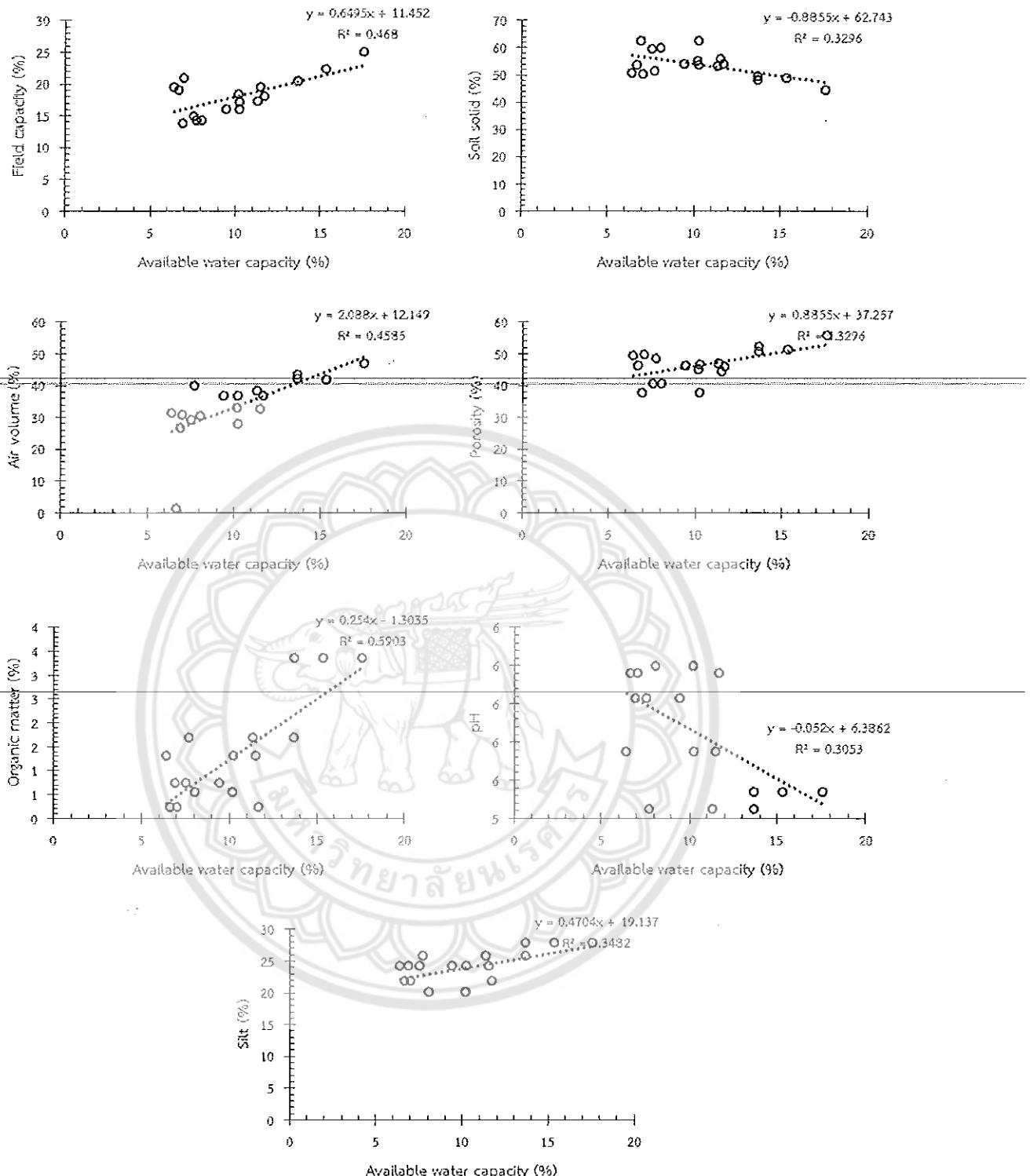
#### (4)ระบบ呢เวคป้าเบญจพรรณสมໄไฟที่เคยเกิดดินถล่ม

การวิเคราะห์ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระบบ呢เวคป้าเบญจพรรณสมໄไฟที่เคยเกิดดินถล่ม พบว่า ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $p<0.01$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ ความจุความชื้นสนาม ( $p=0.002$ ) องค์ประกอบส่วนที่เป็นอากาศ ( $p=0.002$ ) ความหนาแน่นรวม ( $p=0.016$ ) อินทรียวัตถุ ( $p<0.001$ ) ปริมาณอนุภาคทราย ( $p=0.010$ ) ปริมาณรากพืช ( $p<0.001$ ) และตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p<0.05$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ องค์ประกอบส่วนที่เป็นของแข็ง ( $p=0.013$ ) ความพุด ( $p=0.013$ ) ความเป็นกรด-ด่าง ( $p=0.017$ ) ปริมาณหิน ( $p=0.04$ )

ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน มีการวิเคราะห์มาจากส่วนต่างของความจุความชื้นสนาม และความชื้น ณ จุดเที่ยวถาวร โดยเป็นตัวแปรคุณสมบัติดินที่สำคัญในการบ่งชี้น้ำที่สามารถกักเก็บไว้ได้ในดิน และพืชสามารถใช้ประโยชน์จากน้ำส่วนนี้ได้ ดังนั้น จึงควรวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรคุณสมบัติดินอื่นๆ ต่อความจุความชื้นสนาม และความชื้น ณ จุดเที่ยวถาวร โดยพบว่า

ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความจุความชื้นสนามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $p<0.01$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน องค์ประกอบส่วนที่เป็นของแข็ง ความหนาแน่นรวม ความพุด ปริมาณรากพืช และตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชื้น ณ จุดเที่ยวถาวร ได้แก่ องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ

ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความจุความชื้นสนามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p<0.05$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ อินทรียวัตถุ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก และตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชื้น ณ จุดเที่ยวถาวร ได้แก่ องค์ประกอบส่วนที่เป็นอากาศ ปริมาณอนุภาคดินเหนียว ดังภาพ 4.20 และตาราง 4.22



ภาพ 4.20 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน ในระบบนิเวศป่า  
เบญจพรผลผสมไผ่ที่เกิดต้นกลม

ตาราง 4.22 ตัวแปรคุณสมบัติพื้นดินที่มีความสัมพันธ์กับการลดลงของพารามิเตอร์ทางเคมีในดินชุมชนป่าเบญจพรรณและไม้เข็มต้นในประเทศไทย (N=18)

	FC	PWP	AWC	SVol.	WVol.	AVol.	BD	PD	Porosity	OM	pH	K	Sand	Silt	Clay	RockF	RootF	SoilF	CEC
FC	1	.342	.684**	-.811**	.114	.307	-.759**	.403	.812**	.580*	-.334	-.358	-.152	.416	-.249	-.189	.671**	.011	.512*
PWP	.342**	1	-.451	-.253	.718**	-.497*	-.200	.224	.253	-.279	.276	-.056	.396	-.246	-.430*	.398	-.193	-.404	.168
AWC	.684**	-.451	1	-.574*	-.449	.677**	-.566*	.209	.574*	.768**	-.532*	-.296	-.452	.587*	.136	-.489*	.787**	.325	.355
SVol.	-.811**	-.253	-.574*	1	-.006	-.495*	.970**	-.328	-.1000**	-.609**	.492*	.264	.249	-.493*	.145	.226	-.697**	-.046	-.387
WVol.	.114	.718**	-.449	-.006	1	-.866**	.062	.218	.005	-.364	.379	.042	.472*	-.298	.563*	.527*	-.256	-.535*	.201
AVol.	.307	-.497*	.677**	-.195*	-.866**	1	-.539*	-.026	.495*	.621**	-.575*	-.169	-.534*	.505*	.417	-.571*	.571*	.488*	.019
BD	-.759**	-.200	-.566*	.970**	.062	-.539*	1	-.092	-.970**	-.613**	.554*	.315	.361	-.558*	.010	.299	-.676**	-.138	-.253
PD	.403	.224	.209	-.328	.218	-.026	-.092	1	.327	.179	.120	.096	.320	-.089	.513*	.181	.293	-.302	.644**
Porosity	.812**	.253	.574*	-.1000**	.005	.495*	.970**	.327	1	.609**	.492*	.264	-.249	.493*	.145	-.226	.698**	.046	.387
OM	.580*	-.279	.768**	-.609**	-.364	.621**	-.613**	-.613**	.179	.609**	1	.817**	-.577*	.766**	.883**	.390	-.782**	.975**	.608**
pH	-.334	.276	-.532*	.492*	.379	-.575*	.554*	.120	-.492*	-.817**	1	.644**	.884**	-.889**	.598*	.849**	-.747**	-.757**	.326
K	-.358	-.056	-.296	.264	.042	-.169	.315	.096	-.264	-.577*	.644**	1	.701**	-.822**	.312	.526*	-.547*	.444	.185
Sand	-.152	.396	-.452	.249	.472	-.534*	.361	.320	-.249	-.766**	.884**	.701**	1	-.898**	.817**	.913**	-.636**	-.866**	.411
Silt	.416	-.246	.587*	-.493*	.298	.505*	-.558	-.089	.493*	.883**	.889**	-.822**	-.898*	1	.485*	-.753*	.844**	.615**	-.087
Clay	-.249	-.480*	.136	.145	-.563*	.417	.010	-.513*	-.145	.390	-.598**	-.312	-.817**	.485*	1	.844**	.182	.927**	-.676*
RockF	-.189	.398	-.489*	.226	.527*	-.571*	.299	.181	-.226	-.782**	.849**	.526*	.913**	-.753**	.844**	1	-.628**	-.970**	.361
RootF	.671**	-.193	.787**	-.697**	-.256	.571*	-.676**	.293	.698*	.975**	-.747**	.547*	-.636**	.844**	.182	-.628**	1	.421	.371
SoilF	.011	-.404	.325	-.046	-.535*	.488*	-.138	-.302	.046	.608**	-.757**	-.444	-.866**	.615**	.927**	-.970**	.421	1	-.537*
CEC	.512*	.168	.355	-.387	.201	.019	-.253	.644**	.387	.212	.326	.185	.411	-.087	-.676**	.361	.371	-.537*	1

\*\*. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

หมายเหตุ : Ecosystem: FN, สวนมีผักผลไม้แบบบางเกษตร; FS, สวนมีผักผลไม้แบบบางเกษตรที่เคยเก็บต้นไม้; BN, บำรุงดินเพื่อขยายพืชต้นไม้; BS, บำรุงดินเพื่อขยายพืชต้นไม้; PWP, factor: 0.1Bar, ความชื้นที่ในร่องตื้น 0.1 Bar; FC, ความชื้นที่ในร่องตื้น 0.33 Bar หรือความชื้นที่ในร่องตื้น 0.33 Bar; AWC, ความชื้นที่ในร่องตื้น 0.33 Bar หรือความชื้นที่ในร่องตื้น 0.33 Bar; OM, องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอินทรีย์; SVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอินทรีย์; WVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอินทรีย์; PD, ความหนาแน่นอนุภาวดี; Porosity, ความพรุน; pH, อัตราที่รีบด้วยวัสดุในดิน; CEC, ความต้านทานต่อกรด-ด่าง; K, อัตราการซึมซึบของตินดินและเมล็ดเมล็ด; Sand, ปริมาณอนุภาวดี; Silt, ปริมาณอนุภาวดี; Clay, ปริมาณอนุภาวดี; SoilF, ปริมาณสัดส่วนของรากพืช; RootF, ปริมาณสัดส่วนของรากพืช; RockF, ปริมาณสัดส่วนของหินดิน;

#### 4.5.3.3 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในแต่ละระดับความลึก

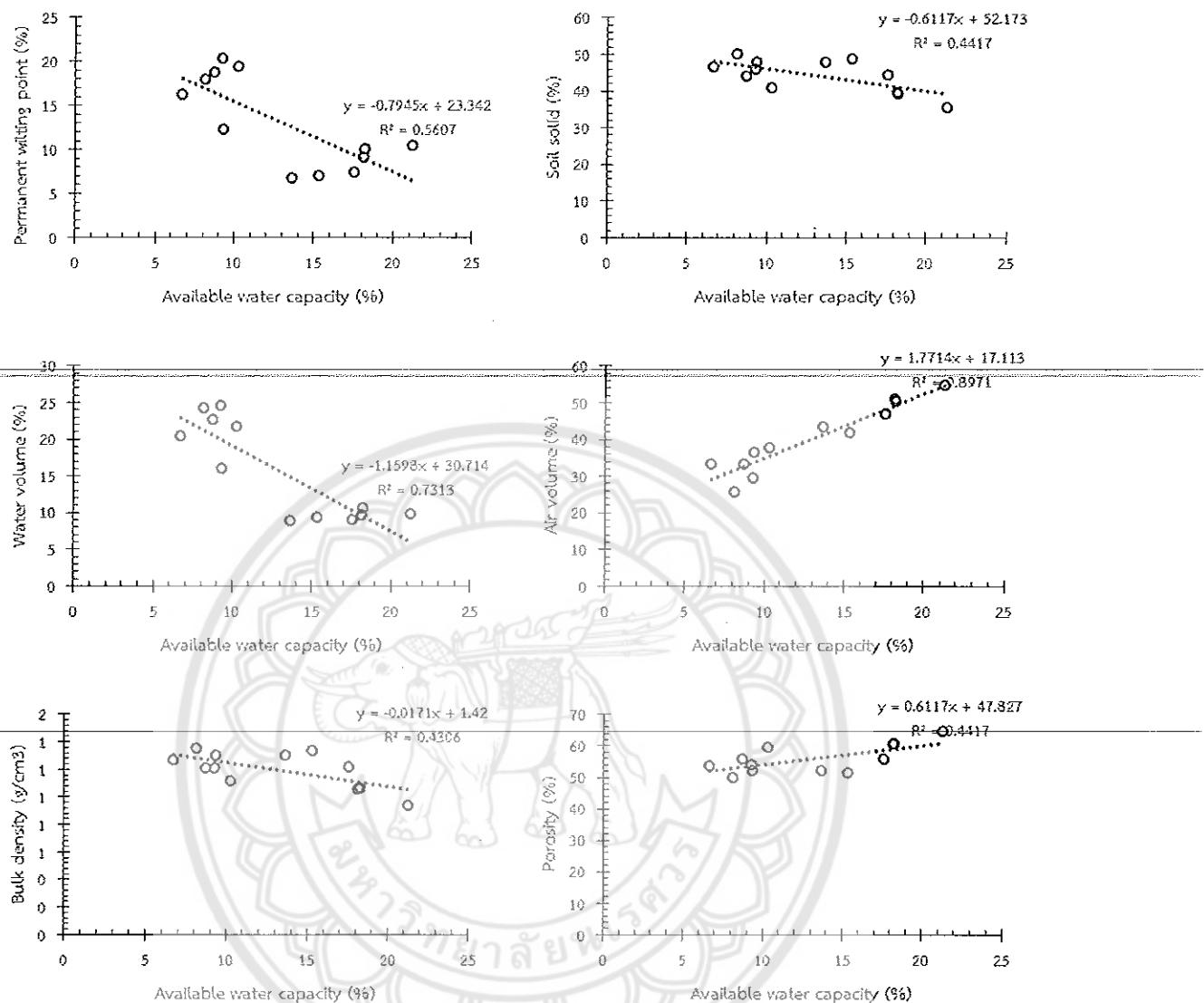
การวิเคราะห์ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในแต่ละระดับความลึก ซึ่งใช้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ตามความลึกระดับต่างๆ ได้แก่ 0-10 10-30 30-60 60-80 80-110 และมากกว่า 110 เซนติเมตร โดยไม่แยกระบบนิเวศ และสถานการณ์ดินคลุ่ม โดยตัวแปรคุณสมบัติดินที่นำมาเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน

##### (1) ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ (*Pearson's correlation*) ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินในระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร

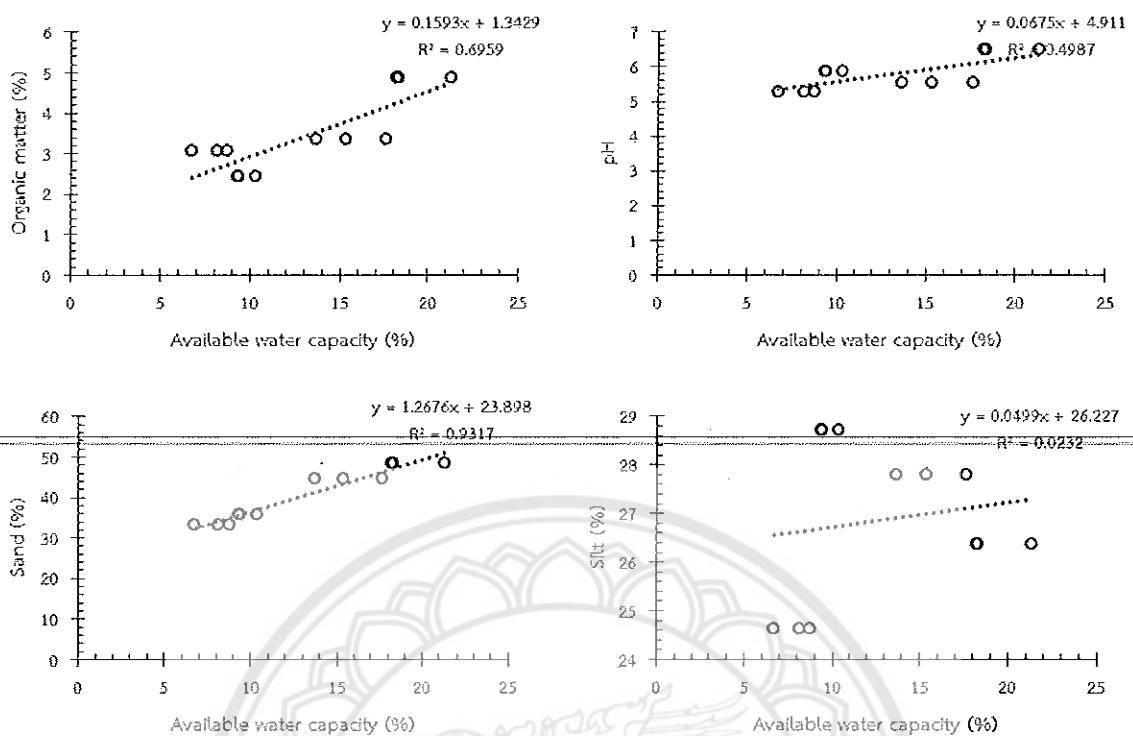
การวิเคราะห์ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร พบว่า ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $p<0.01$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson's correlation ได้แก่ จุดเดียวกัน ( $p=0.005$ ) องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ ( $p<0.001$ ) องค์ประกอบส่วนที่เป็นอากาศ ( $p<0.001$ ) อินทรีย์วัตถุ ( $p=0.001$ ) ปริมาณอนุภาคทราย ( $p<0.001$ ) ปริมาณอนุภาคดินเนื้ียว ( $p<0.001$ ) ปริมาณรากพืช ( $p<0.001$ ) ปริมาณดิน ( $p=0.002$ ) และตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p<0.05$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson's correlation ได้แก่ องค์ประกอบส่วนที่เป็นของแข็ง ( $p=0.018$ ) ความหนาแน่นรวม ( $p=0.020$ ) ความพรุน ( $p=0.018$ ) ความเป็นกรด-ด่าง ( $p=0.010$ )

ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน มีการวิเคราะห์มาจากการส่วนต่างของความชุกความชื้นสนาม และความชื้น ณ จุดเดียวกัน โดยเป็นตัวแปรคุณสมบัติดินที่สำคัญในการบ่งชี้น้ำที่สามารถกักเก็บไว้ได้ในดิน และพืชสามารถใช้ประโยชน์จากน้ำส่วนนี้ได้ ดังนั้น จึงควรวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรคุณสมบัติดินอื่นๆ ต่อความสามารถชุกความชื้นสนาม และความชื้น ณ จุดเดียวกัน โดยพบว่า ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชุกความชื้นสนามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $p<0.01$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson's correlation ได้แก่ องค์ประกอบส่วนที่เป็นของแข็ง ความหนาแน่นรวม และความพรุน และตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชื้น ณ จุดเดียวกัน ได้แก่ ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ องค์ประกอบส่วนที่เป็นอากาศ ปริมาณอนุภาคทราย ปริมาณหิน ปริมาณรากพืช ปริมาณดิน และปริมาณอนุภาคดินเนื้ียว

ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชุกความชื้นสนามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p<0.05$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson's correlation ได้แก่ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ดังภาพ 4.21 และตาราง 4.23



ภาพ 4.21 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อกลไนต์ในการกักเก็บน้ำในดินในระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร



ภาพ 4.21 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระดับความลึก 0-10

เซนติเมตร (ต่อ)

ตาราง 4.23 ตัวแปรคุณสมบัติที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำในระบบท่ำดินตามลึก 0-10 เซนติเมตร ( $N=12$ )

	FC	PWP	AWC	SVol.	WVol.	AVol.	BD	Porosity	OM	pH	K	Sand	Silt	Clay	RockF	RootF	SoilF	CEC	
FC	1	.426	.280	-.742**	.244	.188	-.774**	-.559	.742**	.315	.546	.264	.108	-.112	-.086	-.479	.190	.245	.639
PWP	.426	1	-.749**	.114	.975**	-.763**	.090	-.154	-.114	-.570	-.282	-.149	-.834**	-.168	.825**	-.811**	-.774**	.921**	.427
AWC	.280	-.749**	1	-.664*	.855**	.947**	-.662*	-.247	.665*	.835**	.700*	.351	.964**	.096	.939**	.510	.961**	.798**	.015
SVol.	-.742**	.114	-.664*	1	.325	-.728**	.993**	.367	-1.000**	-.685**	-.804*	-.372	-.550	.061	.511	.181	-.625**	.163	-.577
WVol.	.244	.975**	-.855**	.325	1	-.885**	.300	-.068	-.325	-.669*	-.446	-.256	-.916**	-.193	.907**	-.748**	-.867**	.921**	.307
AVol.	.188	-.763**	.947**	-.728**	-.885**	1	-.706*	-.131	.728**	.822**	.719**	.369	.935**	.110	.909**	.453	.937**	.748**	.061
BD	-.774**	.090	-.662*	.993**	.300	-.706*	1	.472	-.993**	-.694	-.835**	-.396	-.550	.060	.514	.211	-.630*	.144	-.611
PD	-.559	-.154	-.247	.367	-.068	-.131	.472	1	-.367	-.346	-.594*	-.374	-.221	.001	.283	.344	-.286	-.107	-.535
Porosity	.742**	-.114	.665*	-.1000**	-.325	.728**	-.993**	.367	1	.685*	.804**	.372	.550	.061	.511	.181	.625*	.163	.576*
OM	.315	.570	.835**	.685*	-.669*	.822**	-.694*	.685*	1	.685*	.018	.826**	-.381	-.714**	.192	.917**	.557	.393	
pH	.546	-.282	.700	-.804**	-.446	.719**	-.835**	-.594*	-.804**	-.685*	1	.684*	.668*	.194	.692*	.142	.719**	.233	.553
K	.264	-.149	.351	-.372	-.256	.369	-.396	-.374	.372	.018	.684*	1	.355	.830**	.517	.006	.278	-.132	.045
Sand	.108	-.834**	.964**	-.550	-.916**	.935**	-.550	-.221	.550	.826**	.668*	.355	1	.142	.978**	.599	.982**	.870**	.074
Silt	-.112	-.168	.096	.061	-.193	.110	.060	.001	-.061	-.381	.194	.830**	-.142	1	.353	.303	-.015	-.203	-.468
Clay	-.086	.825**	-.939**	.511	.907**	-.909**	.514	.233	-.511	-.714**	-.692*	-.517	.978**	-.333	1	.614*	.933**	.858**	.146
RockF	-.479	-.811**	.510	.181	-.748**	.453	.211	-.344	-.181	.192	-.142	.006	.599	.203	.614*	1	.473	.913**	.826**
RootF	.190	-.774**	.961**	-.625*	-.867**	.937**	-.630*	-.286	.625*	.917**	.719**	.278	.982**	-.015	.933**	.473	1	.771**	.093
SoilF	.245	.921**	-.798**	.163	.921**	.748**	.144	-.107	-.163	-.557	.233	-.132	.870	-.203	.858**	.913**	.791**	1	.531
CEC	.639	.427	.015	-.577*	.307	.061	-.611*	-.535	.576	.393	.553	.045	-.074	-.468	.146	-.826**	.093	.531	1

\*\*. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

หมายเหตุ : Ecosystem: FN, สวนไม้ผลผสมแบบสวนเกษตร; FS, สวนไม้ผลผสมแบบสวนเกษตร; BN, ป่าเบญจพรรณผสมผืน; BS, ป่าเบญจพรรณผสมผืน; FC, ความชื้นในท่อระบายน้ำต่ำกว่า 0.1 Bar; FC, ความชื้นในท่อระบายน้ำต่ำกว่า 0.3 Bar หรือความชื้นที่คงต่อไปได้ต่ำกว่า 0.3 Bar; PWP, ความชื้นที่คงต่อไปได้ต่ำกว่า 15 Bar หรือความชื้นที่คงต่อไปได้ต่ำกว่า 1 Bar; AWC, ความสามารถในการกักเก็บน้ำในระบบท่ำดิน; SVol., องค์ประกอบของดินที่เป็นห้องเดียวที่ไม่มีร่องรอย; OM, อินทรีย์วัตถุในดิน; pH, ความกรด-ด่าง; K, วัตถุการซึมเข้าดินของดินที่ไม่มีร่องรอย; PD, ความหนาแน่นราก; Silt, บริเวณอนุภาคทรายละเอียด; Clay, บริเวณอนุภาคทรายละเอียด; RockF, บริเวณต่อกันของหินทราย; RootF, บริเวณต่อกันของหินทรายที่เป็นรากพืช; SoilF, บริเวณต่อกันของดินที่เป็นรากพืช; CEC, ความสามารถดูดซึมน้ำของดิน. Soil factor: 0.1Bar, ความชื้นในท่อระบายน้ำต่ำกว่า 0.1 Bar; FC, ความชื้นในท่อระบายน้ำต่ำกว่า 0.3 Bar หรือความชื้นที่คงต่อไปได้ต่ำกว่า 0.3 Bar; PWP, ความชื้นที่คงต่อไปได้ต่ำกว่า 15 Bar หรือความชื้นที่คงต่อไปได้ต่ำกว่า 1 Bar; AWC, ความสามารถในการกักเก็บน้ำในระบบท่ำดินที่ไม่มีร่องรอย; SVol., องค์ประกอบของดินที่เป็นห้องเดียวที่ไม่มีร่องรอย; OM, อินทรีย์วัตถุในดิน; pH, ความกรด-ด่าง; K, วัตถุการซึมเข้าดินของดินที่ไม่มีร่องรอย; PD, ความหนาแน่นราก; Silt, บริเวณอนุภาคทรายละเอียด; Clay, บริเวณอนุภาคทรายละเอียด; RockF, บริเวณต่อกันของหินทราย; RootF, บริเวณต่อกันของหินทรายที่เป็นรากพืช; SoilF, บริเวณต่อกันของดินที่เป็นรากพืช; CEC, ความสามารถดูดซึมน้ำของดิน.

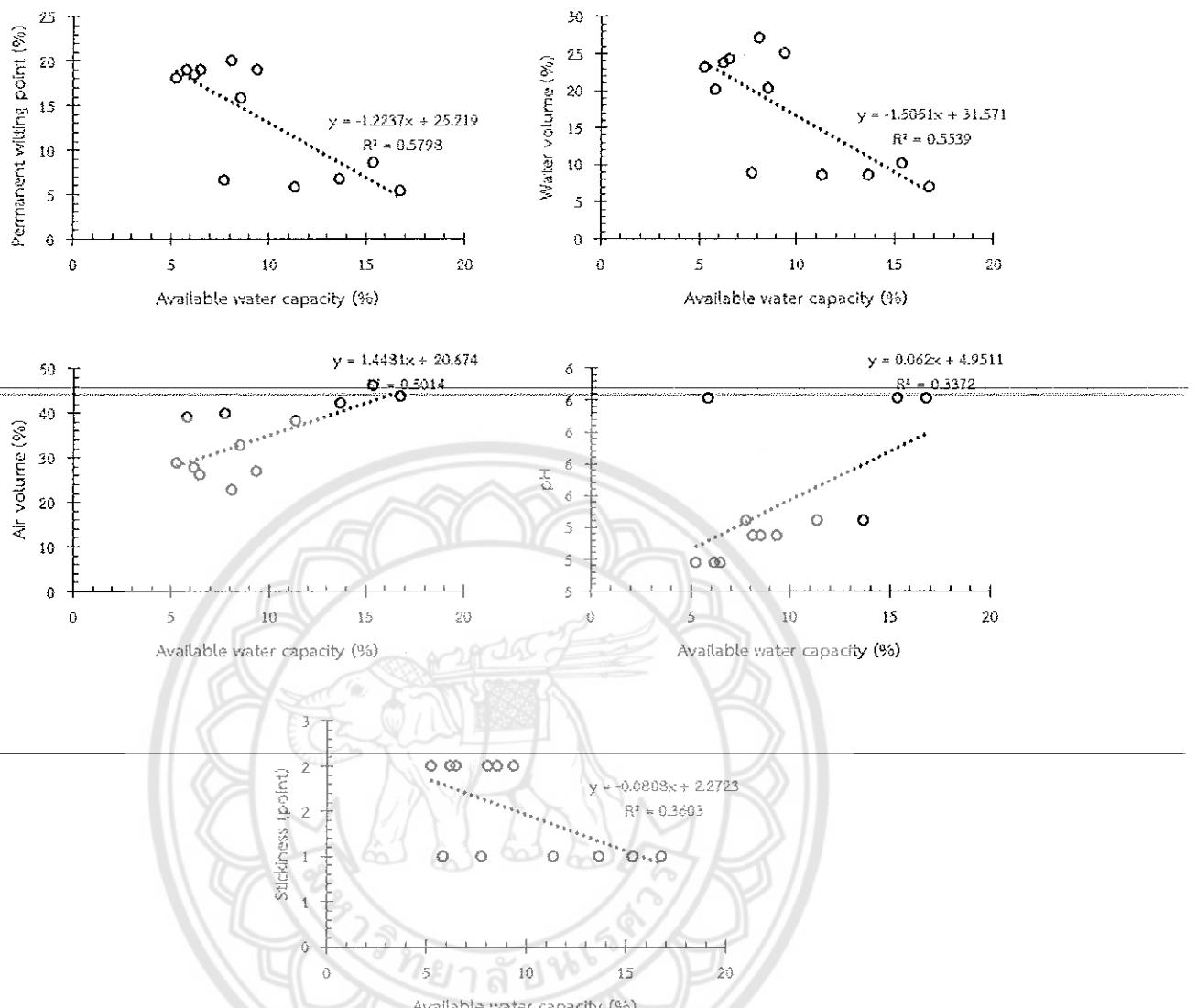
(2) ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ (*Pearson' correlation*) ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินในระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร

การวิเคราะห์ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร พบร่วมกับ ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $p<0.01$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ จุดเหี่ยวน้ำ ( $p=0.004$ ) องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ ( $p=0.006$ ) องค์ประกอบส่วนที่เป็นอากาศ ( $p=0.010$ ) และตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p<0.05$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ( $p=0.048$ ) ปริมาณรากพืช ( $p=0.027$ )

ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน มีการวิเคราะห์มาจากส่วนต่างของความชุความชื้นสนาม และความชื้น ณ จุดเหี่ยวน้ำ โดยเป็นตัวแปรคุณสมบัติดินที่สำคัญในการบ่งชี้น้ำที่สามารถกักเก็บไว้ได้ในดิน และพืชสามารถใช้ประโยชน์จากน้ำส่วนนี้ได้ ดังนั้น จึงควรวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรคุณสมบัติดินอื่นๆ ต่อความสามารถชื้นสนาม และความชื้น ณ จุดเหี่ยวน้ำ โดยพบว่า

ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชุความชื้นสนามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $p<0.01$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ จุดเหี่ยวน้ำ และองค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ ปริมาณพืช ปริมาณดิน และตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชื้น ณ จุดเหี่ยวน้ำ ได้แก่ ความชุความชื้นสนาม ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ ปริมาณพืช ปริมาณดิน และองค์ประกอบส่วนที่เป็นอากาศ

ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชุความชื้นสนามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p<0.05$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ องค์ประกอบส่วนที่เป็นอากาศ และตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชื้น ณ จุดเหี่ยวน้ำ ได้แก่ ปริมาณอนุภาคดินเนินยา และความสามารถในการแตกเปลี่ยนประจุบวก ดังภาพ 4.22 และตาราง 4.24



ภาพ 4.22 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อกำลังความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร

ตาราง 4.24 ตัวแปรครุยส์แบบเบ็ดเตล็ดที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยความสำเร็จทางการศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๖๑ จำนวน 12 รายการ

	FC	PWP	AWC	SVol.	WVol.	AVol.	BD	PD	Porosity	OM	pH	K	Sand	Silt	Clay	RockF	RootF	SoilF	CEC
FC	1	.794**	-.210	-.440	.786**	-.593	-.364	.173	.440	.125	-.033	.061	-.365	-.514	.514	-.874**	-.247	.838**	.874**
PWP	.794**	1	-.761**	-.333	.984**	-.834**	-.301	.033	.333	-.173	-.382	-.296	-.454	-.449	.591	-.841**	-.557	.854**	.653**
AWC	-.210	-.761**	1	.067	-.744**	.708**	.097	.131	-.066	.412	.579*	.541	.341	.174	-.403	.421	.632*	-.479	-.119
SVol.	-.440	-.333	.067	1	-.187	-.236	.943**	.014	-1.000**	-.698	-.605*	-.328	.333	-.158	-.309	.281	-.220	-.225	-.492
WVol.	.786**	.984**	-.744**	-.187	1	-.911**	-.143	.099	.186	-.297	-.496	-.333	-.404	-.538	.560	-.864**	-.603*	.882**	.644*
AVol.	-.593*	-.834**	-.708**	-.236	-.911**	1	-.255	-.103	.236	.587*	.745**	.467	.260	.599*	-.424	.736**	.689	-.778**	-.431
BD	-.364	-.301	.097	.943**	-.143	-.255	1	.346	-.943**	-.697	-.580*	-.187	.416	-.317	-.365	.185	-.133	-.150	-.340
PD	.173	.033	.131	.014	.099	-.103	.346	1	-.013	-.112	-.021	.385	.309	-.527	-.220	.260	.232	.205	.401
Porosity	.440	.333	-.066	-1.000**	.186	.236	-.943**	-.013	1	.698*	.606*	.328	-.333	.158	-.309	-.281	.220	.225	.491
OM	.125	-.173	.412	-.698*	-.297	.587*	-.697*	-.112	.698*	1	.932**	.411	-.348	.515	.254	.030	.416	-.089	.267
pH	-.033	-.382	.579*	-.605*	-.496	.745**	-.580*	-.021	.606*	.932**	1	.662*	.008	.442	-.109	.266	.710**	-.349	.142
K	.061	-.296	.541	-.328	-.333	.467	-.187	.385	.328	.411	.662*	1	.641*	-.276	-.627	.174	.938**	-.298	.314
Sand	-.365	-.454	.341	.333	-.404	.260	.416	.309	-.333	-.348	.008	.641*	1	-.397	-.979*	.508	.707*	-.570	-.249
Silt	-.514	-.449	.174	-.158	-.538	.599*	-.317	-.527	.158	.515	.442	-.276	-.397	1	.206	.565	-.010	-.517	-.596*
Clay	.514	.591*	.403	-.309	.560	-.424	-.365	-.220	.209	.254	-.109	-.627	-.979**	.206	-.667*	-.756**	.723**	.395	
RockF	-.874**	-.841**	.421	.281	-.864**	.736**	.185	-.260	-.281	.030	.266	.174	.508	.565	-.667	1	.501	.992**	-.874**
RootF	-.247	-.557	.632*	-.220	-.603*	.689*	-.133	-.232	.220	.416	.710**	.938**	.707*	-.010	-.756	.501	1	-.607*	-.024
SoilF	.838**	.854**	.479	-.225	.882**	-.778**	-.150	.205	.225	-.089	-.349	-.298	-.570	-.517	.723	-.992**	-.607	1	.806**
CEC	.874**	.653*	-.119	-.492	.644*	-.431	-.340	.401	.491	.267	.142	.314	-.249	-.596	.395	-.874**	-.024	.806**	1

\*\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Ecosystem: FN, ส่วนแม่ลักษณะแบบวัฒนธรรม; FS, ส่วนแม่ลักษณะแบบภูมิศาสตร์; BS, บำรุงด้วยเพลิงไหม้; BN, บำรุงด้วยหินอ่อน; Soil factor: 0.1Bar, ความชื้นที่จำเป็นต่อระบบทาก 0.1 Bar; FC, ความชื้นที่จำเป็นต่อระบบทาก 0.33 Bar หรือความชื้นที่ความดัน 1Bar, ความชื้นที่จำเป็นต่อระบบทาก 1 Bar; PWP, ความชื้นที่จำเป็นต่อระบบทาก 15 Bar หรือความชื้นที่ดูดเทียบราบ; AWC, ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน; SVOL, ออกซิเจนในดิน; AVOL, ออกซิเจนในอากาศ; OM, อินทรีย์อินทรีย์; pH, ความเป็นกรด-ด่าง; K+, น้ำ; AVol., ออกซิเจนในอากาศ; BD, ความหนาแน่นร่วน; PD, ความหนาแน่นร่วน; Porosity, ความสามารถในการดูดซึมน้ำ; Clay, บริเวณอุบลากตินเมล็ด; CEC, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ; RockF, ปริมาณสารต่อส่วนของหิน; RootF, ปริมาณรากต่อส่วนของรากซีด; ScollF, ปริมาณรากต่อส่วนของรากซีด.

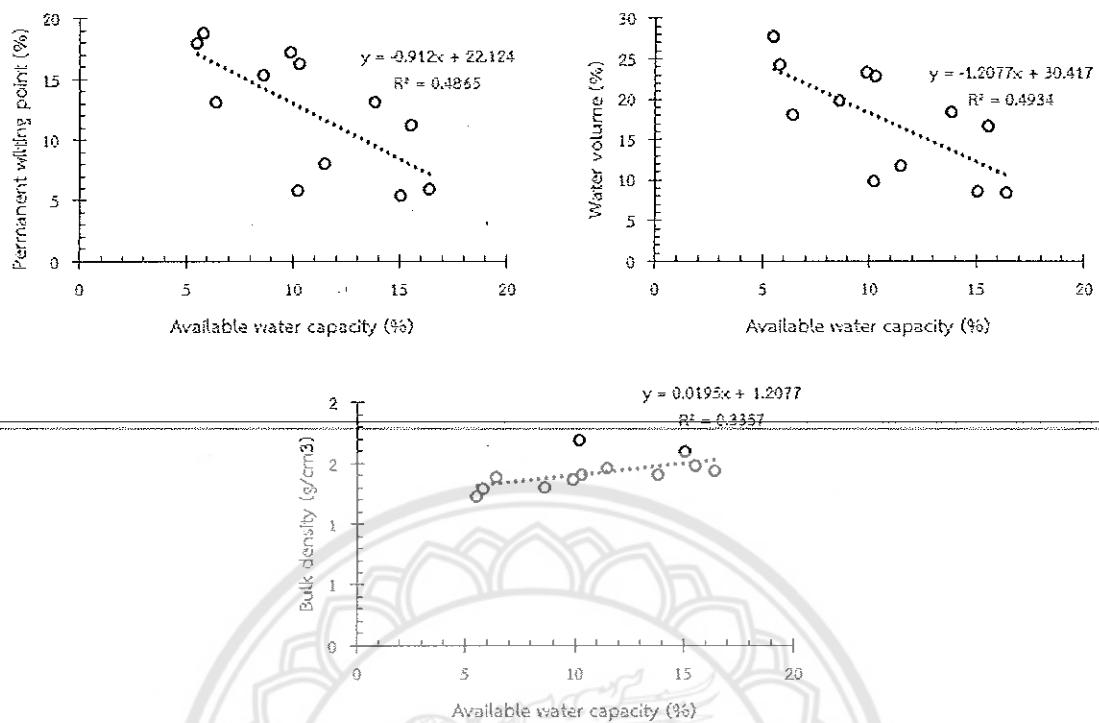
(3) ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ (*Pearson' correlation*) ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินในระดับความลึก 30-60 เซนติเมตร

การวิเคราะห์ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระดับความลึก 30-60 เซนติเมตร พบว่า ไม่มีตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $p<0.01$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ *Pearson' correlation* อย่างไรก็ตาม สามารถพบตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p<0.05$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ *Pearson' correlation* ได้แก่ จุดเที่ยวตัว ( $p=0.012$ ) องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ ( $p=0.011$ ) ความหนาแน่นรวม ( $p=0.048$ )

ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน มีการวิเคราะห์มาจากการส่วนต่างของความชุกความชื้นสนาม และความชื้น ณ จุดเที่ยวตัว โดยเป็นตัวแปรคุณสมบัติดินที่สำคัญในการบ่งชี้น้ำที่สามารถกักเก็บไว้ได้ในดิน และพืชสามารถใช้ประโยชน์จากน้ำส่วนนี้ได้ ดังนั้น จึงควรวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรคุณสมบัติดินอื่นๆ ต่อความชุกความชื้นสนาม และความชื้น ณ จุดเที่ยวตัว โดยพบว่า

ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชื้นสนามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $p<0.01$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ *Pearson' correlation* ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอนุภาคทราย และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก และตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชื้น ณ จุดเที่ยวตัว ได้แก่ องค์ประกอบส่วนที่เป็นของแข็ง องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ และความพรุน

ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชื้นสนามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p<0.05$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ *Pearson' correlation* ได้แก่ จุดเที่ยวตัว องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ และปริมาณอนุภาคทรายเป็น และตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชื้น ณ จุดเที่ยวตัว ได้แก่ ความชุกความชื้นสนาม ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน องค์ประกอบส่วนที่เป็นอากาศ ความเป็นกรด-ด่าง อัตราการซึมน้ำ และปริมาณอนุภาคดินเหนียว ดังภาพ 4.23 และตาราง 4.25



ภาพ 4.23 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระดับความลึก 30-

60 เซนติเมตร

ตาราง 4.25 ตัวแปรคุณสมบัติตามที่ควรสังเขปของความสำเร็จในการก่อเก็บเงินด้านประวัติ 30-60 เดือนต่อไป ( $N=12$ )

	FC	PWP	AWC	SVol.	WVol.	AVol.	BD	PD	Porosity	OM	pH	K	Sand	Silt	Clay	RockF	RootF	SoilF	CEC
FC	1	.649*	.094	-.516	.621	-.366	-.565	-.091	.516	.304	.794**	.896**	-.798**	.679	.836**	-.107	-.397	.135	.790**
PWP	.649*	1	-.697*	-.794**	.984**	-.610*	-.847**	-.036	.794**	.078	.593*	.609*	-.547	.420	.616	-.362	-.547	.381	.571
AWC	.094	-.697*	1	.553	-.702*	.452	.577*	-.038	-.553	.184	.027	.049	-.036	.091	.019	.371	.340	-.371	-.003
SVol.	-.516	-.794**	.553	1	-.778**	.034	.964**	-.329	-1.000**	-.241	.329	-.431	.332	-.269	.357	.008	.135	-.020	-.391
WVol.	.621	.984**	-.702*	-.778**	1	-.655*	-.826**	-.022	.778**	.122	.508	.561	-.469	.352	.537	-.337	-.498	.354	.538
AVol.	-.366	-.610*	.452	.034	-.655*	1	.154	.431	-.034	.095	.412	.374	-.347	-.237	.425	.527	.629*	-.539	-.386
BD	-.565	-.847**	.577*	.964**	-.826**	.154	1	-.066	-.964**	-.228	.354	-.462	.337	-.243	.381	.164	.286	-.176	-.447
PD	-.091	-.036	-.038	-.329	-.022	.431	-.066	1	.329	.075	.023	-.034	-.054	.153	-.013	.552	.510	-.551	-.131
Porosity	.516	.794**	-.553	-.1000**	.778**	-.034	.964**	.329	1	.241	.329	.431	-.332	.269	.356	-.008	-.135	.020	.391
OM	.304	.078	.184	-.241	.122	.095	-.228	.075	.241	1	.197	.484	.174	-.333	.084	-.284	-.252	.283	.661*
pH	-.794**	-.593*	.027	.329	-.508	.412	.354	.023	-.329	.197	1	-.754**	.991**	-.934**	.992	-.003	.339	-.029	-.543
K	.896**	.609*	.049	-.031	.561	-.374	-.462	-.034	.431	.484	.754**	1	-.749**	.572	.825	-.294	-.567	.321	.951**
Sand	-.798**	-.547	-.036	.332	-.469	.347	.337	-.054	-.332	.174	.991**	-.749**	1	-.964**	.987	-.114	.236	.082	-.521
Silt	.679*	.420	.091	-.269	.352	-.237	-.243	.153	.269	-.333	.934**	.572	-.964**	1	.909	.351	.012	-.321	.296
Clay	.836**	.616*	-.019	-.357	.537	-.425	-.381	-.013	.356	-.084	.992**	.825**	-.987**	.909**	1	-.040	-.383	.072	.633
RockF	-.107	-.362	.371	.008	-.337	.527	.164	.552	-.008	-.284	-.003	-.294	-.114	.351	-.040	1	.938**	-.999**	-.512
RootF	-.397	-.547	.340	.135	-.498	.629*	.286	.510	-.135	-.252	.339	-.567	.236	.012	-.383	.938**	1	-.949**	-.704*
SoilF	.135	.381	-.371	-.020	.354	-.539	-.176	.551	.020	.283	-.029	.321	.082	-.321	.072	-.999**	-.949**	1	.533
CEC	.790**	.571	-.003	-.291	.538	-.386	-.447	-.131	.391	.661*	.543	.951**	.521	.296	-.512	-.704*	.533	1	.533

\*\*\*. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

หมายเหตุ : Ecosystem: FN, ส่วนผืนดินและน้ำบนภูเขาต่ำ; FS, ส่วนผืนดินและน้ำบนภูเขาระหว่าง 1,000-1,500 เมตร; ST, ส่วนผืนดินและน้ำบนภูเขาระหว่าง 1,500-2,000 เมตร; MT, ส่วนผืนดินและน้ำบนภูเขาระหว่าง 2,000-2,500 เมตร; HT, ส่วนผืนดินและน้ำบนภูเขาระหว่าง 2,500-3,000 เมตร; BS, ป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่เคยเกิดดินแล้ว. Soil factor: 0.1Bar, ความชื้นที่ต่ำสุดของรากอากาศ 0.1 Bar; FC, ความชื้นที่แม่น้ำจุ่ม 0.33 Bar; ความชื้นที่ในระบบที่สูงกว่า 1Bar, ความชื้นที่ในระบบที่สูงกว่า 1Bar; PWP, ความชื้นที่เมื่อต้องการในการกักกันน้ำที่บังคับต้องดูด; SVOL, จักษุประจุออกบดส่วนของดิน; VVol, จักษุประจุออกบดส่วนของน้ำ; pH, ความเป็นกรด-ด่าง; K+, แคลเซียม; Mg+, แมกนีเซียม; Ca++, บอร์เนียม; Na+, โซเดียม; OM, อินทรีย์วัตถุไดร์ฟิล์ม; Porosity, ความพรุน; Clay, ปริมาณ粘土 minerals; CEC, ความ способดูดซึมน้ำ; SoilF, ปริมาณสัดส่วนของรากพืช; RockF, ปริมาณสัดส่วนของหิน.

**(4) ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ (Pearson' correlation) ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินในระดับความลึก 60-80 เซนติเมตร**

การวิเคราะห์ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระดับความลึก 60-80 เซนติเมตร พบว่า ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $p<0.01$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ องค์ประกอบส่วนที่เป็นอากาศ ( $p=0.003$ ) และตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p<0.05$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ ( $p=0.039$ )

---

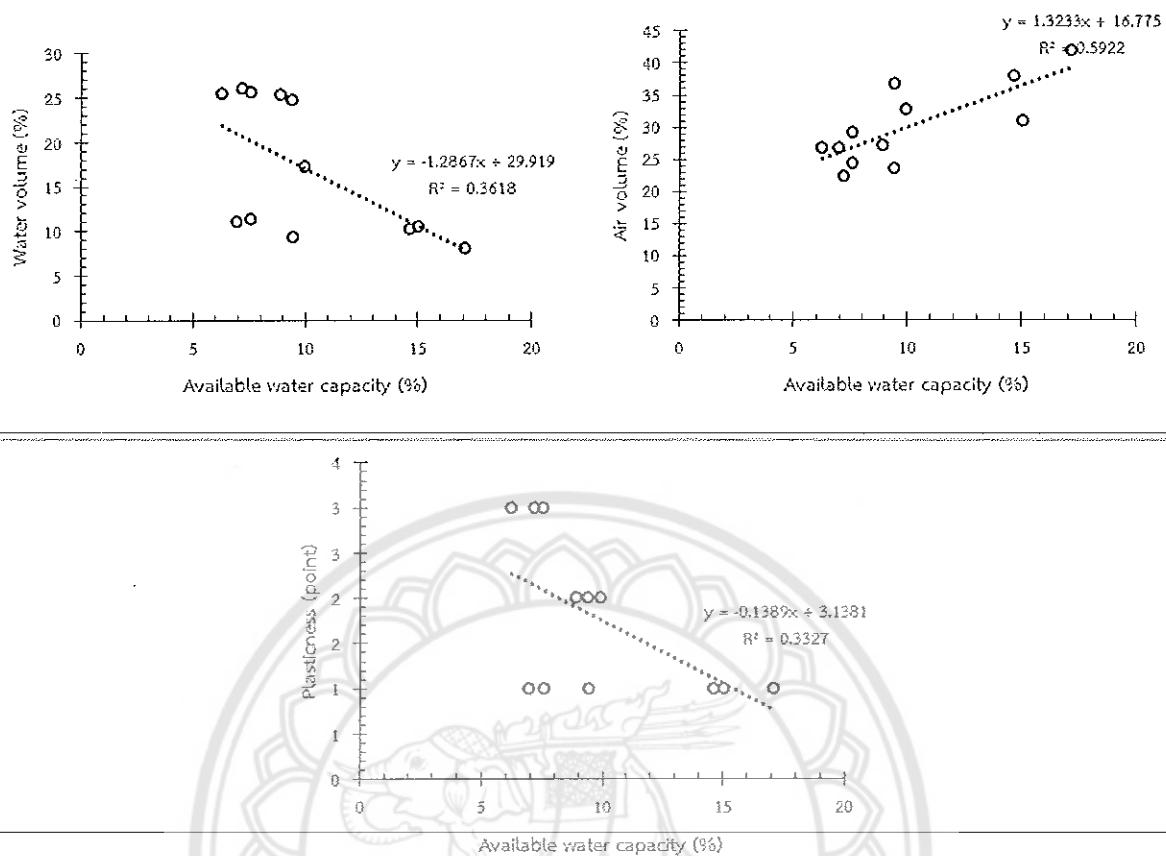
ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน มีการวิเคราะห์มูลค่าส่วนต่างของความชุกความชื้นสนาม และความชื้น ณ จุดเที่ยวถาวร โดยเป็นตัวแปรคุณสมบัติดินที่สำคัญในการบ่งชี้น้ำที่สามารถกักเก็บไว้ได้ในดิน และพืชสามารถใช้ประโยชน์จากน้ำส่วนนี้ได้ ดังนั้น จึงควรวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรคุณสมบัติดินอื่นๆ ต่อความสามารถชื้นสนาม และความชื้น ณ จุดเที่ยวถาวร โดยพบว่า

---

ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชุกความชื้นสนามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $p<0.01$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ จุดเที่ยวถาวร องค์ประกอบส่วนที่เป็นของแข็ง องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ ความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นอนุภาค ความพรุน อินทรีย์วัตถุ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอนุภาคทราย ปริมาณอนุภาคทรายแป้ง ปริมาณหิน ปริมาณรากพืช ปริมาณดิน และปริมาณอนุภาคเดินเหนียว และตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชื้น ณ จุดเที่ยวถาวร ได้แก่ ความชุกความชื้นสนาม องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ องค์ประกอบส่วนที่เป็นอากาศ อินทรีย์วัตถุ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอนุภาคทราย ปริมาณอนุภาคทรายแป้ง ปริมาณหิน ปริมาณหิน และปริมาณอนุภาคเดินเหนียว

---

ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชุกความชื้นสนามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p<0.05$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก และตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชื้น ณ จุดเที่ยวถาวร ได้แก่ องค์ประกอบส่วนที่เป็นของแข็ง ความหนาแน่นรวม และความพรุน ดังภาพ 4.24 และตาราง 4.26



ภาพ 4.24 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระดับความลึก 60-80 เซนติเมตร

ตาราง 4.26 ตัวแปรสำคัญส่วนบุคคลในชั้นดินที่มีความสัมพันธ์กับค่าทางเคมีในการกรอกแบบนิรภัยด้วยตัวบุคคล 60-80 เซนติเมตร ( $N=12$ )

	FC	PWP	AWC	SWL	WVol.	AVol.	BD	PD	Porosity	OM	pH	K	Sand	Silt	Clay	RockF	RootF	SoilF	CEC
FC	1	.804**	.027	-.822**	.778**	-.334**	-.774**	.805**	.822**	.920**	-.944**	.559	-.945**	.873**	.925**	-.871**	-.722**	.879**	.697
PWP	.804**	1	-.573	-.658*	.996**	-.731**	-.658*	.535	.658*	.721**	-.719**	.220	-.865**	.783**	.854**	-.886**	-.402	.886**	.266
AWC	.027	-.573	1	-.027	-.602*	.770**	.038	.209	.027	.055	-.092	.401	.153	-.114	.161	.289	-.319	-.278	.514
SVol.	-.822**	-.658*	-.027	1	-.595*	-.030	.986**	-.827**	-.1000**	-.742**	.769**	-.405	.781**	-.730**	-.770**	.746**	.550	-.752**	-.522
WVol.	.778**	.996**	-.602*	-.595*	1	-.785**	-.592*	.497	.595*	.698*	-.699*	.193	-.849**	.771**	.836**	-.875**	-.375	.875**	.236
AVol.	-.334	-.731**	.770**	-.030	-.785**	1	-.023	.019	.030	-.296	.276	.072	.454	-.396	.446	.513	.042	-.509	.109
BD	-.774**	-.658*	.038	.986**	-.592*	-.023	1	-.723**	-.986**	-.696*	.694*	-.377	.735**	-.661*	.734**	.701*	.511	-.706*	-.462
PD	.805**	.535	.209	-.827**	.497	.019	-.723**	1	.827**	.722**	-.848**	.383	-.760**	.808**	.715**	-.743**	-.535	.748**	.585
Porosity	.822**	.658*	.027	-1.000**	.595*	.030	-.986**	.827**	1	.743**	-.770**	.405	-.781**	.730**	.710**	-.747**	-.550	.752**	.523
OM	.920**	.721**	.055	-.742**	.698*	-.296	-.696*	.722**	.743**	1	-.907**	.770**	-.947**	.781**	.967**	-.786**	-.895**	.801**	.844**
pH	-.944**	-.719**	-.092	.769**	-.699*	.276	.694*	-.848**	-.848**	-.770**	-.907**	1	-.498	.951**	-.934**	.917**	.912**	.678*	-.919**
K	.559	.220	.401	-.405	.193	.072	-.377	.383	.405	.770**	-.498	1	-.526	.231	.601*	-.212	-.973**	.235	.950**
Sand	-.945**	-.865**	.153	.781**	-.849**	.454	.735**	-.760**	-.781**	-.947**	.951**	-.526	1	.919**	-.922**	.941**	.705*	-.949**	-.642
Silt	.873**	.783**	-.114	-.730**	.771**	-.396	-.661*	.808**	.730**	.781**	-.954*	.231	-.919**	1	.862**	-.977**	-.446	.977**	.444
Clay	.925**	.854**	-.161	-.770**	.836**	-.446	-.734**	.715**	.770**	.967**	-.917**	.601*	-.992**	.862**	1	-.898	-.762**	.908**	.682
RockF	-.871**	-.886**	.289	.746**	-.875**	.513	.701*	-.743**	-.747**	-.786**	.912	-.212	.941**	-.977	.893**	1	.429	-.1.000**	-.378
RootF	-.722**	-.402	-.319	.550	-.375	.042	.511	-.535	-.550	-.895**	.678	-.973**	.705**	-.446	-.762**	.429	1	-.451	-.971**
SoilF	.879**	.886**	-.278	-.752**	.875**	-.509	-.706*	.748**	.752	.801**	-.919**	.235	-.949**	.977**	.908**	-.1.000**	-.451	1	.399
CEC	.697	.266	.514	-.522	.236	.109	-.462	.585	.523	.844**	-.689*	.950**	-.642	.444	.682	-.378	-.971**	.399	1

\*\*. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

หมายเหตุ: Ecosystem: FN, สวนไม้ผลและสวนเกษตร; FC, สวนแม่กลองและสวนยางพารา; BN, ป่าเบญจพรรณและป่าดิบเขตร้อน; BS, ป่าเบญจพรรณและป่าดิบเขตร้อน; BS, ป่าเบญจพรรณและป่าดิบเขตร้อน; 1Bar, ความชื้นที่ระดับปริมาณาก 0.1 Bar; FC, ความชื้นที่ระดับปริมาณาก 0.33 Bar หรือความชื้นที่ระดับปริมาณาก 1 Bar, pH, ความเป็นกรด-ด่าง; PWP, ความชื้นที่ระดับ 15 Bar หรือความชื้นที่ระดับปริมาณาก; AWC, ความสามารถดูดซึมน้ำของดิน; SVol., องค์ประกอบของดินที่เป็นอิฐหิน; PD, ความหนาแน่นราก; Porosity, ความพร่อง; OM, อินทรีย์วัตถุในดิน; WVol., ความหนาแน่นอนหลัก; Clay, ความสามารถดูดซึมน้ำของดินที่เป็นตะปูละหุ่ง; CEC, ความสามารถดูดซึมน้ำของดินที่เป็นตะปูละหุ่ง; Clay, ปริมาณอนุภาคดินที่เป็นตะปูละหุ่ง; Silt, ปริมาณอนุภาคดินที่เป็นตะปูละหุ่ง; Sand, ปริมาณอนุภาคดินที่เป็นตะปูละหุ่ง; RootF, ปริมาณต้นรากที่ดินที่เป็นตะปูละหุ่ง; SoilF, ปริมาณต้นรากที่ดินที่เป็นตะปูละหุ่ง; RockF, ปริมาณต้นรากหินที่ดินที่เป็นตะปูละหุ่ง; CEC, ความสามารถดูดซึมน้ำของดินที่เป็นตะปูละหุ่ง.

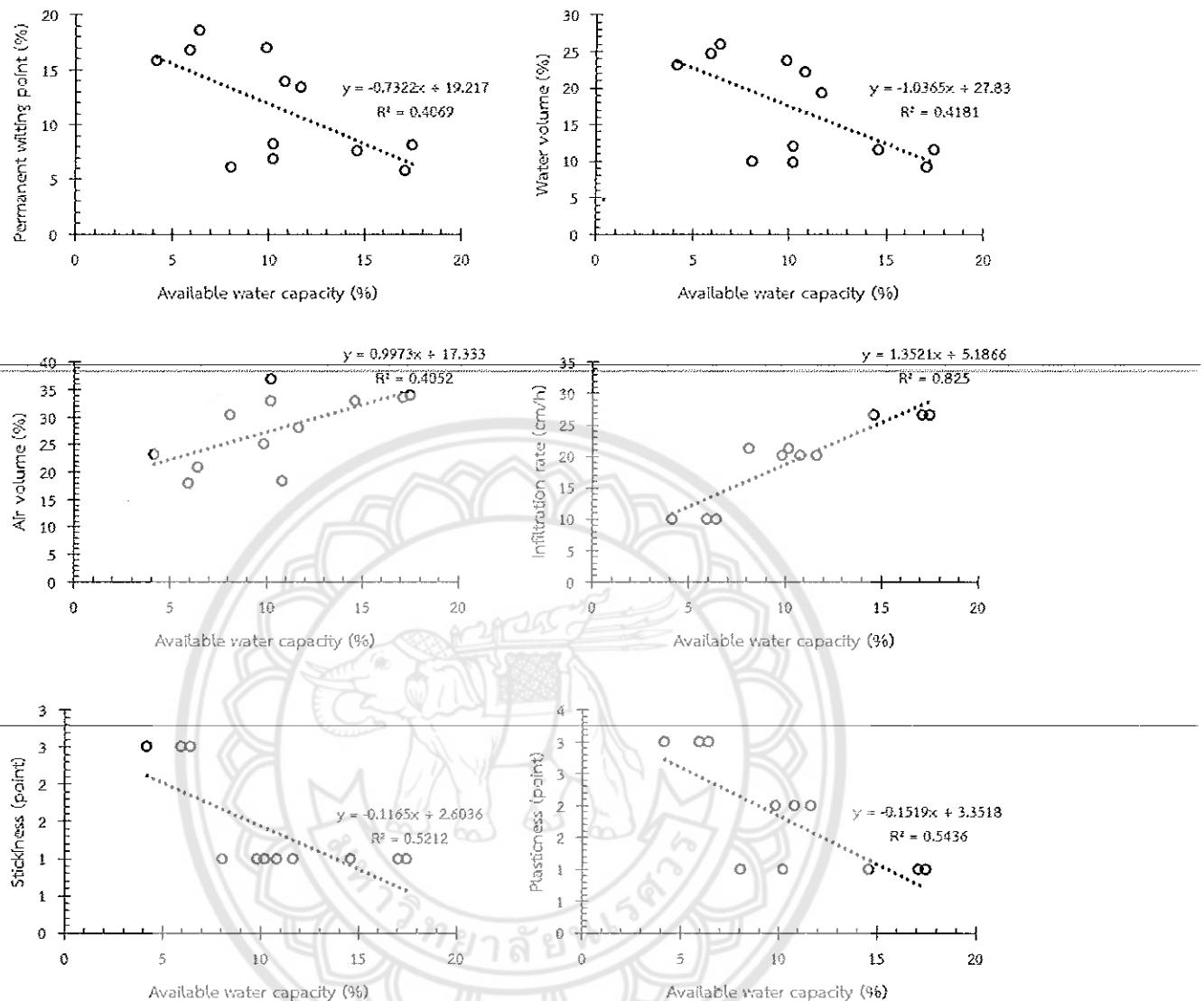
(5) ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ (*Pearson' correlation*) ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินในระดับความลึก 80-110 เซนติเมตร

การวิเคราะห์ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระดับความลึก 80-110 เซนติเมตร พบว่า ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $p<0.01$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ *Pearson' correlation* ได้แก่ อัตราการซึมน้ำ ( $p<0.001$ ) และตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p<0.05$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ *Pearson' correlation* ได้แก่ จุดเที่ยวถาวร ( $p=0.026$ ) องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ ( $p=0.023$ ) องค์ประกอบส่วนที่เป็นอากาศ ( $p=0.026$ )

ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน มีการวิเคราะห์มาจากการส่วนต่างของความชื้นสนาม และความชื้น ณ จุดเที่ยวถาวร โดยเป็นตัวแปรคุณสมบัติดินที่สำคัญในการบ่งชี้น้ำที่สามารถกักเก็บไว้ได้ในดิน และพืชสามารถใช้ประโยชน์จากน้ำส่วนนี้ได้ ดังนั้น จึงควรวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรคุณสมบัติดินอื่นๆ ต่อความชื้นสนาม และความชื้น ณ จุดเที่ยวถาวร โดยพบว่า

ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชื้นสนามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $p<0.01$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ *Pearson' correlation* ได้แก่ ปริมาณอนุภาคทรายแป้ง ปริมาณรากพืช และตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชื้น ณ จุดเที่ยวถาวร ได้แก่ องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ องค์ประกอบส่วนที่เป็นอากาศ อัตราการซึมน้ำ ปริมาณอนุภาคทราย และปริมาณอนุภาคทรายแป้ง

ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชื้นสนามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p<0.05$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ *Pearson' correlation* ได้แก่ ปริมาณอนุภาคทราย และตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชื้น ณ จุดเที่ยวถาวร ได้แก่ ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน ดังภาพ 4.25 และตาราง 4.27



ภาพ 4.25 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระดับความลึก 80-110 เซนติเมตร

ตาราง 4.27 ชั้นประดุจสูญบดดินที่มีความชื้นต่ำสุดในภารโรงในการรักษาในดินปูนประดับครามลึก 80-110 เซนติเมตร (N=12)

	FC	PWP	AWC	SVol.	WVol.	AVol.	BD	PD	Porosity	OM	pH	K	Sand	Silt	Clay	RockF	RootF	SoilF	CEC
FC	1	.552	.290	-.368	.535	-.396	-.454	-.199	.367	.204	-.060	-.012	-.703	.817**	.295	-.374	-.804**	.366	.077
PWP	.552	1	-.638*	-.349	.994**	-.873**	-.507	-.333	.348	-.037	-.135	-.801**	-.837**	.812**	.572	-.489	-.515	.500	-.214
AWC	.290	-.638*	1	.061	-.647*	.636*	.163	.198	-.061	.230	.101	.908**	.312	-.177	.384	.215	-.151	-.236	.316
SVol.	-.368	-.349	.061	1	-.258	-.149	.896**	-.167	-.1000**	.058	-.038	.135	.212	-.2244	-.092	.193	-.144	-.194	.103
WVol.	.535	.994**	-.647*	-.258	1	-.917**	-.420	-.331	.257	-.059	-.112	-.800**	-.841**	.827**	.558	-.516	-.515	.528	-.237
AVol.	-.396	-.873**	.636*	-.149	-.917**	1	.060	.407	.149	.036	.130	.763**	.773**	.746**	.533	.449	.468	.460	.200
BD	-.454	-.507	.163	.896**	-.420	.060	1	.286	-.896**	-.111	.186	.336	.368	-.295	-.336	.072	.252	-.077	-.043
PD	-.199	-.333	.198	-.167	-.331	.407	.286	1	.167	-.421	.538	.432	.346	-.095	.565	-.314	.254	.306	-.373
Porosity	.367	.348	-.061	-.1000**	.257	.149	-.896**	.167	1	-.058	.038	-.135	-.211	.244	.092	.192	-.143	.194	-.103
OM	.204	-.037	.230	.058	-.059	.036	-.111	-.421	-.058	1	-.937**	-.044	-.397	.034	.749**	.779**	.620*	-.781**	.982**
pH	-.060	-.135	.101	-.038	-.112	.130	.186	.538	.038	-.937**	1	.357	.452	-.018	-.881**	-.767**	.514	.762**	-.900**
K	-.012	-.801**	.908**	.135	-.800**	.763**	.336	.432	-.135	-.044	.357	1	.608*	.398**	.676*	.133	.183	-.153	.084
Sand	-.703	-.837**	.312	.212	-.841**	.773**	.368	.346	-.211	-.397	.452	.608*	1	-.892**	.788**	.215	.878**	-.220	-.216
Silt	.817**	.812**	-.177	-.244	.827**	-.746**	-.295	-.095	-.244	.034	-.018	-.398	-.892**	1	.425	-.595*	-.788**	.595*	-.145
Clay	.295	.572	-.384	-.092	.558	-.533	-.336	-.565	.092	.749**	-.881**	-.676	-.788**	.425	1	.380	-.685*	-.370	.631*
RockF	-.374	-.489	.215	.193	-.516	.449	.072	-.314	-.192	.779**	-.767	.133	.215	-.595*	.380	1	.008	-.1000**	.870**
RootF	-.804**	-.515	-.151	.144	-.515	.468	.252	.254	-.143	-.620*	.514	.183	.878**	-.788**	.685	.008	1	-.003	-.482
SoilF	.366	.500	-.236	-.194	.528	-.460	-.077	.306	.194	-.781**	.762**	-.153	-.220	.595*	-.370	-.1000**	-.003	1	-.874**
CEC	.077	-.214	.316	.103	-.237	.200	-.043	-.373	-.103	.982**	-.900**	.084	-.216	-.145	.631*	.870**	-.482	-.874**	1

\*\*. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

หมายเหตุ : Ecosystem: FN, สวนมีแมลงศักดิ์สัตว์; FC, สวนมีแมลงศักดิ์สัตว์และน้ำฝน; F, ดินที่ไม่ระบายน้ำดี; BN, บำรุงดินที่ไม่ระบายน้ำดี; BS, บำรุงดินที่ระบายน้ำดี; PWP, factor: 0.1Bar, ความชื้นเพื่อระบายน้ำ 0.1 Bar; FC, ความชื้นเพื่อระบายน้ำ 0.33 Bar หรือความชื้นเพื่อระบายน้ำ 1 Bar, ความชื้นเพื่อระบายน้ำ 1 Bar; pH, ความกรด-ด่าง 15 บาร์ หรือความชื้นเพื่อระบายน้ำ 0.33 Bar; AWC, ความชื้นสำหรับดินที่ระบายน้ำได้; AVol., องค์ประกอบของดินที่เป็นอนุภาค; SVol., องค์ประกอบของดินที่เป็นอนุภาคที่ไม่สามารถระบายน้ำได้; WVol., ความชื้นสำหรับดินที่ระบายน้ำได้; OM, อัตราเรียกตัวไนโตรเจน; PD, ความหนาแน่นราก; Porosity, ความพรุน; Clay, ปริมาณอนุภาคดินที่ละเอียด; Silt, ปริมาณอนุภาคกลาง; Sand, ปริมาณอนุภาคใหญ่; RockF, ปริมาณหินทรายและหินทราย; SoilF, ปริมาณหินทรายและหินทราย; CEC, ความสามารถดูดซึมน้ำของดิน; Clay, ปริมาณอนุภาคดินที่ละเอียด; RootF, ปริมาณหินทรายและหินทรายที่ระบายน้ำได้; SoilF, ปริมาณหินทรายและหินทรายที่ไม่ระบายน้ำได้; RockF, ปริมาณหินทรายและหินทรายที่ไม่ระบายน้ำได้; CEC, ความสามารถดูดซึมน้ำของดิน.

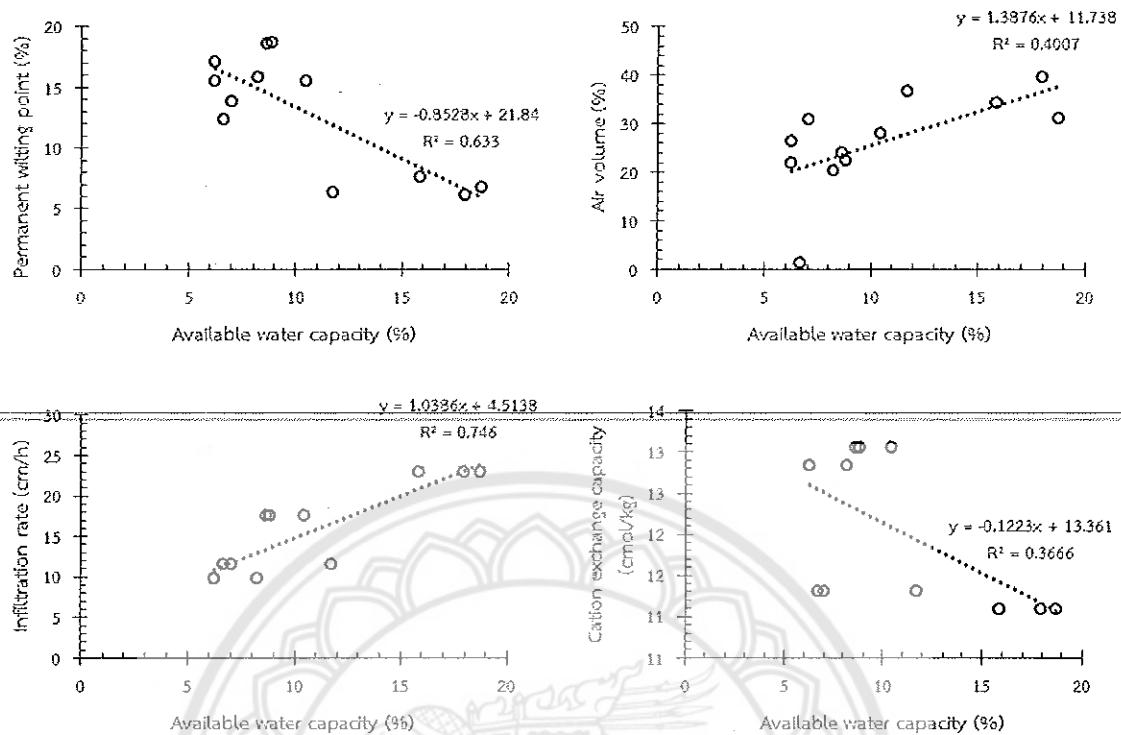
**(6) ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ (Pearson' correlation) ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินในระดับความลึกมากกว่า 110 เซนติเมตร**

การวิเคราะห์ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระดับความลึกมากกว่า 110 เซนติเมตร พบว่า ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $p<0.01$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ จุดเหี่ยวน้ำ ( $p=0.002$ ) องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ ( $p=0.008$ ) อัตราการซึมน้ำ ( $p<0.001$ ) และตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p<0.05$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ องค์ประกอบส่วนที่เป็นอากาศ ( $p=0.027$ ) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ( $p=0.037$ ) ปริมาณรากพืช ( $p<0.001$ )

ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน มีการวิเคราะห์มาจากการส่วนต่างของความชุความชื้นสนาน และความชื้น ณ จุดเหี่ยวน้ำ โดยเป็นตัวแปรคุณสมบัติดินที่สำคัญในการบ่งชี้น้ำที่สามารถกักเก็บไว้ได้ในดิน และพืชสามารถใช้ประโยชน์จากน้ำส่วนนี้ได้ ดังนั้น จึงควรวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรคุณสมบัติดินอื่นๆ ต่อความชุความชื้นสนาน และความชื้น ณ จุดเหี่ยวน้ำ โดยพบว่า

ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชื้นสนานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $p<0.01$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอนุภาคทรัพย์ ปริมาณหิน ปริมาณดิน และปริมาณอนุภาคทรัพย์เบ้า และตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชื้น ณ จุดเหี่ยวน้ำ ได้แก่ ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณรากพืช และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก

ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์กับความชื้น ณ จุดเหี่ยวน้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p<0.05$ ) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson' correlation ได้แก่ องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ ดังภาพ 4.26 และตาราง 4.28



ภาพ 4.26 ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินในระดับความลึกมากกว่า 110 เซนติเมตร

ตาราง 4.28 ตัวแปรอุปสงค์ที่มีผลต่อความสามารถซื้อของผู้บริโภคในศักยภาพการซื้อของผู้บริโภคที่สูงกว่า 110 เซนติเมตร ( $N=12$ )

	FC	FWP	AWC	SVol	WVol	Avol	BD	PD	Porosity	OM	pH	K	Sand	Silt	Clay	RockF	RootF	SoilF	CEC
FC	1	.415	.221	-.117	-.086	.118	-.187	-.058	.118	.486	-.804**	.542	-.705**	.930**	.033	-.832**	-.002	.818**	.529**
PWP	.415	1	-.796**	-.471	.622*	-.518	-.500	.103	.470	.552	-.701**	-.469	-.355	.466	1013	-.473	-.849**	.526	.891**
AWC	.221	-.796**	1	.427	-.723**	.633*	.411	-.149	-.426	-.268	.216	.864**	-.089	.119	1008	-.047	.909**	-.019	-.603*
SVol	-.117	-.471	.427	1	-.217	-.030	.892**	-.521	-1.000**	.103	.238	.105	-.147	-.280	512	.460	.417	-.482	-.364
WVol.	-.086	.622*	-.723**	-.217	1	-.969**	-.121	.238	.217	.055	-.115	-.490	.146	-.027	178	-.081	-.583*	.121	.379
AVol.	.118	-.518	.633*	-.030	-.969**	1	-.100	-.113	.030	-.082	.058	.475	-.113	.098	1053	-.033	.492	-.003	-.296
BD	-.187	-.500	.411	.892**	-.121	-.100	1	-.082	-.891**	-.182	.350	.135	.129	-.301	147	.337	.381	-.359	-.420
PD	-.058	.103	-.149	-.521	.238	-.113	-.082	1	.521	-.540	.103	.051	.523	.086	1833**	-.400	-.188	.407	.026
Porosity	.118	.470	-.426	-1.000**	.217	.030	-.891**	.521	1	-.104	-.238	-.105	.147	.280	1513	-.460	-.417	.482	.364
OM	.486	.552	-.268	.103	.055	-.082	-.182	-.540	-.104	1	-.807**	-.213	-.915**	.524	1720**	-.212	-.420	.239	.745**
pH	-.804**	-.701*	.216	.238	-.115	.058	.350	.103	-.238	-.807**	1	-.060	.828*	-.894**	189	.743**	.476	-.764**	-.896**
K	.542	-.469	.864**	-.105	-.490	.475	.135	.051	-.105	-.213	-.060	1	-.199	.465	1237	-.446	.784**	.382	-.357
Sand	-.705*	-.355	-.089	-.147	.146	-.113	.129	.523	.147	-.915**	.828**	-.199	1	-.711**	131	.388	.092	-.388	-.593*
Silt	.930**	.466	.119	-.280	-.027	.098	-.301	.086	.280	.524	-.894**	.465	-.711**	1	1096	-.922**	-.148	.917**	.660*
Clay	-.033	-.013	-.008	.512	-.178	.053	-.147	-.833**	-.513	.720**	-.189	-.237	-.631*	-.096	1	.467	.025	-.461	.117*
RockF	-.832**	-.473	-.047	.460	-.081	-.033	.337	-.400	-.460	-.212	.743**	-.446	.388	-.922**	467	1	.205	-.997	-.588*
RootF	-.002	-.849**	.909**	.417	-.583*	.492	.381	-.188	-.417	-.420	.476	.784**	.092	-.148	1025	1	-.274	-.816**	-.816**
SoilF	.818**	.526	-.019	-.482	.121	-.003	-.359	.407	.482	.239	-.764**	.382	-.388	.917**	1461	-.997	-.274	1	.637*
CEC	.529	.891**	-.603*	-.364	.379	-.296	-.420	.026	.364	.745**	-.896	-.357	-.593	.660*	117	-.588*	-.816**	.637*	1

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

หมายเหตุ : Ecosystem: FN, ลักษณะทางเคมีของดิน; FS, ส่วนปูนผงผสมและปูนเกลือที่เคลือบดิน; BN, บำรุงพรมสูงไม่เคลือบดิน; BS, บำรุงพรมสูงเคลือบดิน; PWP, factor: 0.1Bar, ความชื้นที่เมื่อต้องการยาการ 0.1 Bar; FC, ความชื้นที่เมื่อต้องการยาการ 0.33 Bar หรือค่าความชื้นตาม 1Bar, ความชื้นที่เมื่อต้องการยาการ 1 Bar, ความชื้นที่เมื่อต้องการยาการ 0.33 Bar; SVOL, ของประจุออกบดสูงที่เป็นของแข็ง; VVol, ของประจุออกบดสูงที่เป็นของเหลว; AVOL, องค์ประกอบดินที่เป็นอากาศ; BD, ความหนาแน่นของดิน; Porosity, OM, อินทรีย์ตัวถังในดิน; pH, ความกรด-ด่าง; K, วัตถุทางเคมีที่มีมากกว่าอิ่มตัว; Sand, ปริมาณของหินทราย; Silt, ปริมาณของหินทรายละเอียด; Clay, ปริมาณของหินทรายละเอียดมาก; CEC, ความสามารถดูดซึมน้ำ; RockF, ปริมาณสัดส่วนของหินทราย; RootF, ปริมาณสัดส่วนของรากหญ้า;

#### 4.5.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของคุณสมบัติดิน (Principle component analysis of influence factor : PCA)

การวิเคราะห์ PCA ในแต่ละระบบนิเวศ โดยวิเคราะห์จากคุณสมบัติดินที่มีความเกี่ยวข้องกับการกักเก็บน้ำของดิน ได้แก่ ความชื้นที่แรงดึง 0.1 บาร์ หรือ 0.1 ปascal (0.1Bar) ความชื้นที่แรงดึง 0.33 บาร์ หรือ 0.33 ปascal หรือความจุความชื้นสนาม (FC) ความชื้นที่แรงดึง 1 บาร์ หรือ 1 ปascal (1Bar) ความชื้นที่แรงดึง 15 บาร์ หรือ 15 ปascal หรือความชื้นที่จุดเที่ยวถ่วง (PWP) ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน หรือน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (AWC) องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็ง (SVol.) องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ (WVol.) องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ (AVol.) ความหนาแน่นรวม (BD) ความหนาแน่อนุภาค (PD) ความพรุน (Porosity) อินทรีย์ตถุในดิน (OM) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) อัตราการซึมน้ำของดินขณะไม่อิ่มตัว (K) ปริมาณอนุภาคดินทราย (Sand) ปริมาณอนุภาคดินทรายแบ่ง (Silt) ปริมาณอนุภาคดินเหนียว (Clay) และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) โดยทำการวิเคราะห์ 2 รูปแบบ คือ (1) การวิเคราะห์ PCA ในแต่ละระบบบินิเวศ เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติดิน และความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างในแต่ละชั้นของระบบบินิเวศ และสถานการณ์นั้นๆ ซึ่งบ่งชี้ได้ถึงความแตกต่างของปัจจัยระหว่างระดับความลึกของชั้นดิน (2) การวิเคราะห์ PCA ของคุณสมบัติดินทุกนิเวศ ในแต่ละระดับความลึกของดิน เพื่อบ่งชี้ถึงความแตกต่าง และความสัมพันธ์ของคุณสมบัติดินระหว่างระบบบินิเวศ และสถานการณ์การเกิดดินถล่ม ในระดับความลึกเดียวกัน ดังนี้

##### 4.5.4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของคุณสมบัติดินจำแนกตามประเภทของระบบบินิเวศ

###### (1) ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติดินภายใต้ระบบบินิเวศส่วนไม้ผลสมแบบวนเกษตร

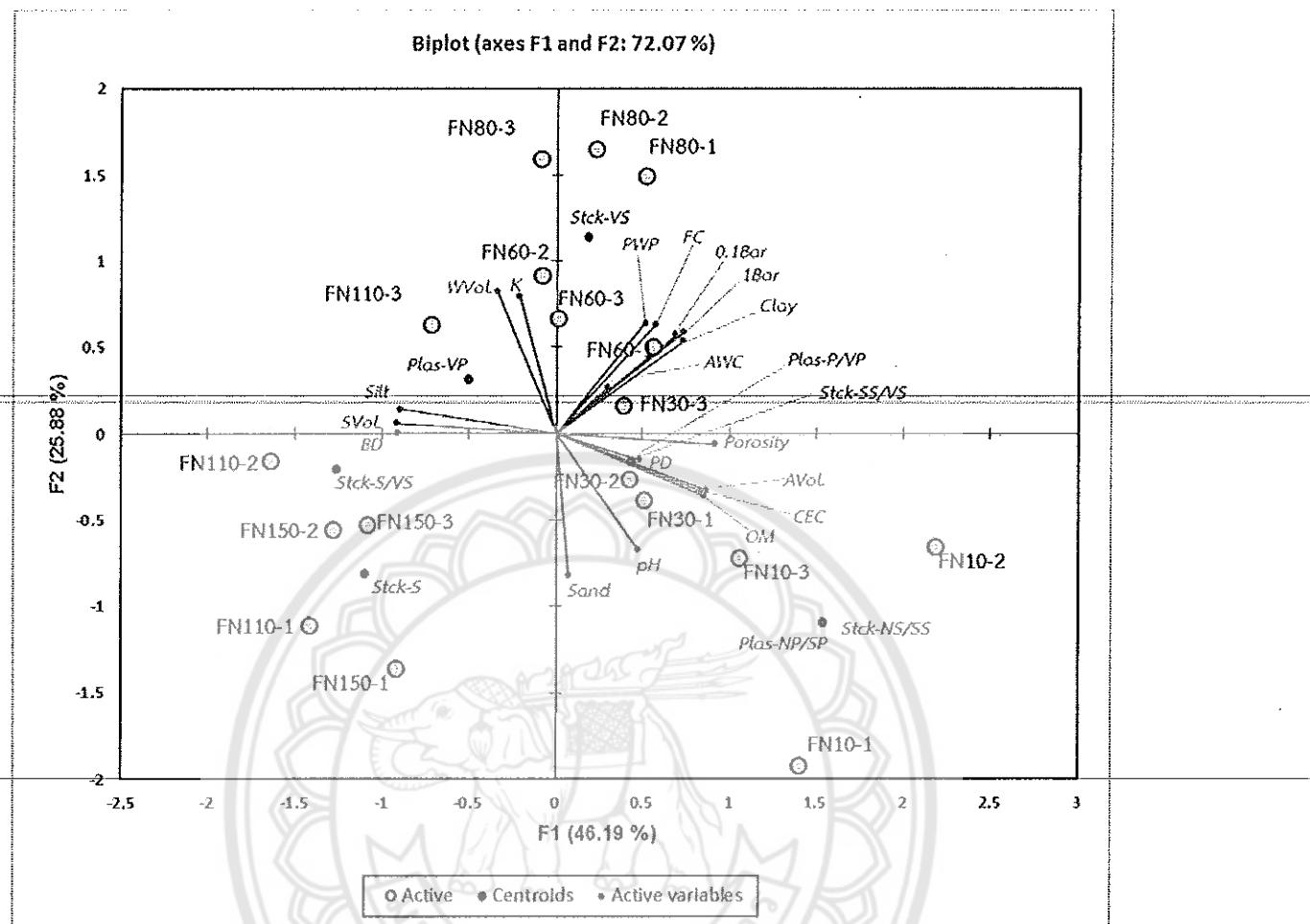
การวิเคราะห์กลุ่มปัจจัยอิทธิพลที่มีความสัมพันธ์กันด้วยวิธีการ PCA เพื่อบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยของคุณสมบัติดินในระบบบินิเวศส่วนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินถล่ม พบว่า การจัดกลุ่มหลักของปัจจัยมีทั้งหมด 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม F1 กลุ่ม F2 และกลุ่ม F3 ซึ่งปัจจัยที่สามารถบ่งชี้ความสัมพันธ์กันได้อย่างชัดเจนในกลุ่ม F1 ประกอบด้วย 0.1Bar 1Bar SVol. AVol. BD Porosity OM Silt Clay และ CEC ในขณะที่บางปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนในการจัดกลุ่ม F2 และ F3 โดยกลุ่ม F2 มีปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันได้แก่ FC PWP WVol. pH K และ Sand ส่วนในกลุ่ม F3 มีปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กัน ได้แก่ AWC และ PD อย่างไรก็ตาม ความสัมพันธ์ที่บ่งชี้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี PCA อาจมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกหรือเชิงลบก็ได้ โดยจากการ 4.27 กลุ่มของ F1 มีความสัมพันธ์ของ 0.1Bar 1Bar AVol Porosity OM Clay และ CEC ในทิศทางตรงกันข้ามกับ SVol. AVol. และ BD นอกจากนี้ ในกลุ่ม F2 ยังมีความสัมพันธ์กันของปัจจัยในทิศทางตรงกันข้ามของ FC PWP WVol. และ K ตรงข้ามกับ pH และ Sand

ความลึกดินในระดับต่างๆ ของระบบบินิเวศส่วนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินถล่ม ได้แก่ 0-10 10-30 30-60 60-80 80-110 และมากกว่า 110 เซนติเมตร พบว่ามีคุณสมบัติดินบางปัจจัยที่สามารถบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของดินกับปัจจัยต่างๆ ซึ่งสามารถสังเกตได้อย่างชัดเจนในดินชั้น 0-10 และ 10-30 เซนติเมตร ที่มักมีปริมาณของ CEC และ OM มากกว่าดินชั้นอื่นๆ รวมถึงมีลักษณะของความเป็น Plastic และ Stickiness น้อยกว่าในดินระดับชั้น อย่างไรก็ตาม ในดินชั้นล่าง 80-110 และมากกว่า 110 เซนติเมตร มีปริมาณของปัจจัยด้านคุณสมบัติดินส่วนใหญ่น้อย ยกเว้น SVol BD และ Silt ที่สามารถพบได้มากในดินชั้นนี้ และดินในชั้นนี้จะมีความเป็น Plastic และ Stickiness สูง

ตาราง 4.29 Factor loadings ระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินคลุม

	F1	F2	F3
0.1Bar	0.691	0.573	0.203
FC	0.573	0.630	0.488
1Bar	0.731	0.587	0.330
PWP	0.516	0.640	-0.277
AWC	0.300	0.271	0.847
SVol.	-0.915	0.059	0.376
WVol.	-0.206	0.794	-0.140
AVol.	0.863	-0.328	-0.277
BD	-0.911	0.004	0.208
PD	0.485	-0.153	-0.542
Porosity	0.915	-0.059	-0.376
OM	0.851	-0.358	0.159
pH	0.474	-0.667	0.272
K	-0.333	0.821	-0.221
Sand	0.072	-0.820	0.235
Silt	-0.892	0.144	-0.088
Clay	0.732	0.538	-0.113
CEC	0.833	-0.331	0.274

หมายเหตุ : Soil factor: 0.1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.1 บาร์; FC, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.33 บาร์ หรือความชื้นสูงสุด; 1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 1 บาร์; PWP, ความชื้นที่แรงดึง 15 บาร์ หรือความชื้นที่จุดเที่ยวตัวร์; AWC, ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน; SVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็ง; WVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ; AVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ; BD, ความหนาแน่นรวม; PD, ความหนาแน่นอนุภาค; Porosity, ความพรุน; OM, อินทรียัตถุในดิน; pH, ความเป็นกรด-ด่าง; K, อัตราการซึมน้ำของดินขณะไม่อิ่มตัว; Sand, ปริมาณอนุภาคดินทราย; Silt, ปริมาณอนุภาคดินทรายแบ่ง; Clay, ปริมาณอนุภาคดินเหนียว; CEC, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบาก



**หมายเหตุ :** Ecosystem: FN, สวนไม้ผลสมบahnเกษตร; FS, สวนไม้ผลสมบahnเกษตรที่เคยเกิดดินคล่ม; BN, ป่าเบญจพรรณไม้ไผ่; BS, ป่าเบญจพรรณไม้ไผ่ที่เคยเกิดดินคล่ม. Soil factor: 0.18bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.1 บาร์; FC, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.33 บาร์ หรือความชื้นความชื้นสนาม; 1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 1 บาร์; PWP, ความชื้นที่แรงดึง 15 บาร์ หรือความชื้นที่จุดเที่ยวภาวะ; AWC, ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน; SVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็ง; WVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ; AVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ; BD, ความหนาแน่นราก; PD, ความหนาแน่นอนภาค; Porosity, ความพรุน; OM, อินทรีย์วัตถุในดิน; pH, ความเป็นกรด-ด่าง; K, อัตราการซึมน้ำของดินขณะไม่อิ่มตัว; Sand, ปริมาณอนุภาคดินทราย; Silt, ปริมาณอนุภาคดินทรายแป้ง; Clay, ปริมาณอนุภาคดินเนื้ียว; CEC, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก. Structure Type: AB, angular blocky; SB, subangular blocky. Structure Grade: W, Weak; M, Medium; ST, Strong. Consistance: ss, slightly sticky; s, sticky, vs, very sticky. Plasticity: np, non plastic; p, plastic; vp, very plastic.

ภาพ 4.27 การวิเคราะห์ PCA ระบบนิเวศสวนไม้ผลสมบahnเกษตร

**(2) ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติดินภายในระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินกล่ม**

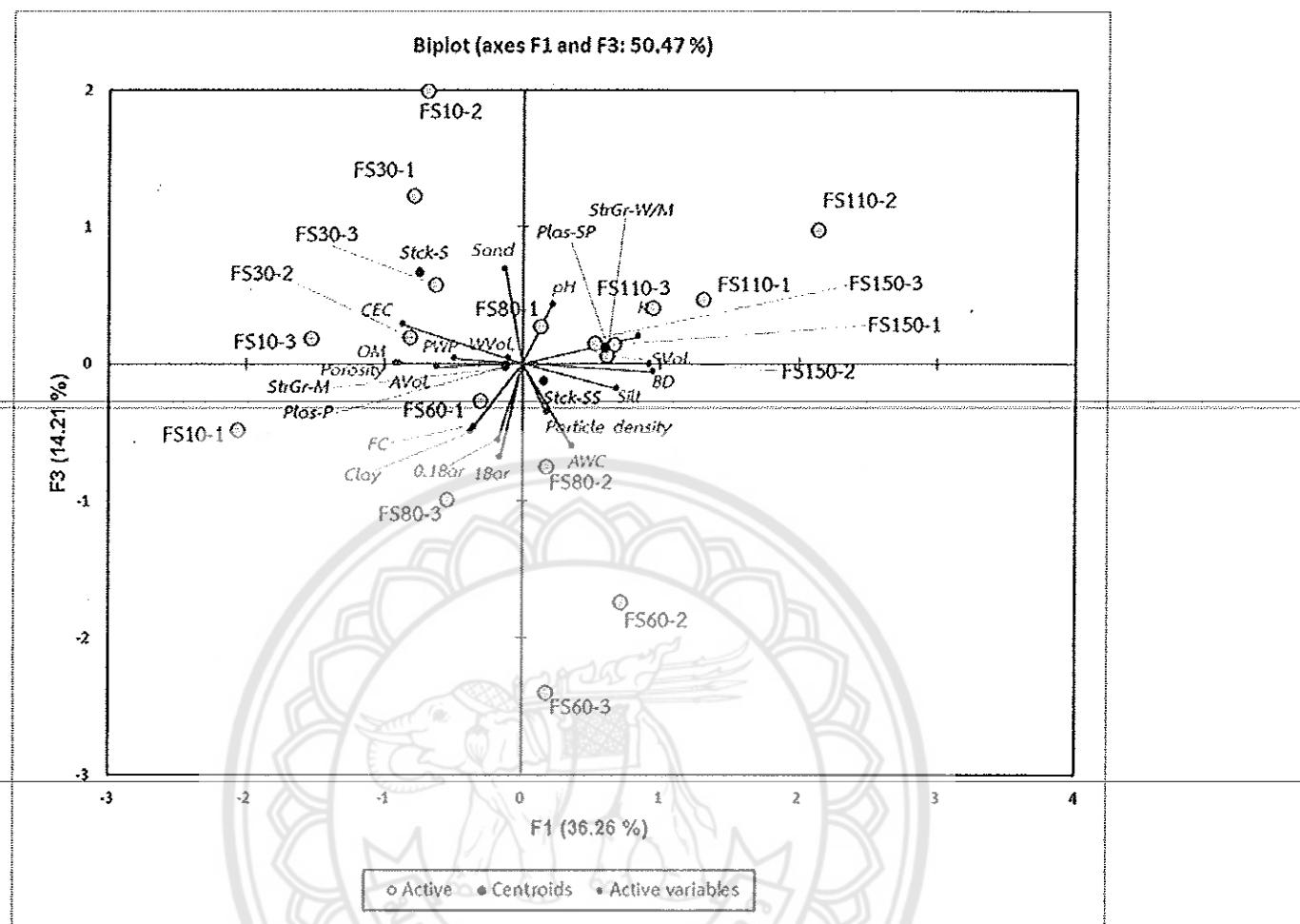
การวิเคราะห์กลุ่มปัจจัยอิทธิพลที่มีความสัมพันธ์กับด้วยวิธีการ PCA เพื่อบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยของคุณสมบัติดินในระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินกล่ม พบว่า การจัดกลุ่มหลักของปัจจัยมีทั้งหมด 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม F1 กลุ่ม F2 กลุ่ม F3 และกลุ่ม F4 ซึ่งปัจจัยที่สามารถบ่งชี้ความสัมพันธ์กับได้อย่างชัดเจนในกลุ่ม F1 ประกอบด้วย SVol. BD Porosity OM K Silt และ CEC ในขณะที่บางปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอย่างชัดเจนในการจัดกลุ่ม F2 และ F3 โดยกลุ่ม F2 มีปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ ได้แก่ 0.1Bar FC PWP AVol. และ Clay ส่วนในกลุ่ม F3 มีปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับ ได้แก่ 1Bar AWC pH และ Sand อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ที่บ่งชี้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี PCA อาจมีความสัมพันธ์ในเชิงบวก หรือเชิงลบก็ได้ โดยจากภาพ 4.28 กลุ่มของ F1 มีความสัมพันธ์ของ SVol. BD K และ Silt ในทิศทางตรงกันข้ามกับ Porosity OM และ CEC นอกจากนี้ในกลุ่ม F2 ยังมีความสัมพันธ์กับของปัจจัยในทิศทางตรงกันข้ามของ 0.1Bar FC PWP ที่ตรงข้ามกับ AVol. และ Clay

ความลึกดินในระดับต่างๆ ของระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินกล่ม “ได้แก่ 0-10 10-30 30-60 60-80 80-110 และมากกว่า 110 เซนติเมตร พบว่ามีคุณสมบัติดินบางปัจจัยที่สามารถบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของดินกับปัจจัยต่างๆ ซึ่งสามารถสังเกตได้อย่างชัดเจนในดินชั้น 0-10 และ 10-30 เซนติเมตร ที่มักมีปริมาณของ OM Porosity CEC และ AVol. มากกว่าดินชั้น 80-110 และมากกว่า 110 เซนติเมตร รวมถึงมีลักษณะของความเป็น Plastic และ Stickiness มากกว่าในดินระดับชั้น 80-110 และมากกว่า 110 เซนติเมตร อย่างไรก็ตาม ในดินชั้นล่าง 80-110 และมากกว่า 110 เซนติเมตร มีปริมาณของปัจจัยด้านคุณสมบัติดิน BD SVol. K สูงกว่าดินชั้นบน

ตาราง 4.30 Factor loadings ระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เคยเกิดขึ้นกลม

	F1	F2	F3	F4
0.1Bar	-0.176	0.781	-0.558	0.043
FC	-0.350	0.753	-0.458	-0.133
1Bar	-0.160	0.558	-0.685	-0.161
PWP	-0.493	0.843	0.038	0.062
AWC	0.353	-0.419	-0.602	-0.256
SVol.	0.922	0.015	-0.004	-0.342
WVol.	-0.104	0.950	0.039	-0.001
AVol.	-0.626	-0.672	-0.025	0.260
BD	0.947	-0.034	-0.061	-0.233
Particle density	0.168	-0.319	-0.354	0.719
Porosity	-0.922	-0.015	0.004	0.342
OM	-0.898	-0.282	0.004	-0.278
pH	0.211	-0.003	0.436	-0.330
K	0.842	0.354	0.198	0.238
Sand	-0.125	0.552	0.692	0.024
Silt	0.686	0.105	-0.186	0.405
Clay	-0.379	-0.577	-0.495	-0.313
CEC	-0.874	-0.022	0.288	-0.201

หมายเหตุ : Soil factor: 0.1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยากาศ 0.1 บาร์; FC, ความชื้นที่แรงดึงบรรยากาศ 0.33 บาร์ หรือความชื้นสูงสุด; 1 Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยากาศ 1 บาร์; PWP, ความชื้นที่แรงดึง 15 บาร์ หรือความชื้นที่จุดเที่ยวด้ำ; AWC, ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน; SVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็ง; WVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ; AVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ; BD, ความหนาแน่นรวม; PD, ความหนาแน่นอนุภาค; Porosity, ความพรุน; OM, อินทรียวัตถุในดิน; pH, ความเป็นกรด-ด่าง; K, อัตราการซึมน้ำของดินขณะไม่อิ่มตัว; Sand, ปริมาณอนุภาคดินทราย; Silt, ปริมาณอนุภาคดินทรายละเอียด; Clay, ปริมาณอนุภาคดินเหนียว; CEC, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก.



**หมายเหตุ :** Ecosystem: FN, สวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร; FS, สวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เคยเกิดดินคล่ม; BN, ป่าเบญจพรรณผลไม้; BS, ป่าเบญจพรรณผลไม้ที่เคยเกิดดินคล่ม. Soil factor: 0.1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยากาศ 0.1 บาร์; FC, ความชื้นที่แรงดึงบรรยากาศ 0.33 บาร์ หรือความชื้นความชื้นสูง; 1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยากาศ 1 บาร์; PWP, ความชื้นที่แรงดึง 15 บาร์ หรือความชื้นที่จุดเที่ยวตัว; AWC, ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน; SVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็ง; WVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ; AVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ; BD, ความหนาแน่นรูม; PD, ความหนาแน่นอนภาค; Porosity, ความพรุน; OM, อินทรีย์วัตถุในดิน; pH, ความเป็นกรด-ด่าง; K, อัตราการซึมเข้าของดินขณะไม่อิ่มตัว; Sand, ปริมาณอนุภาคดินทราย; Silt, ปริมาณอนุภาคดินทรายแป้ง; Clay, ปริมาณอนุภาคดินเนียน; CEC, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก. Structure Type: AB, angular blocky; SB, subangular blocky. Structure Grade: W, Weak; M, Medium; ST, Strong. Consistance: ss, slightly sticky; s, sticky; vs, very sticky. Plasticity: np, non plastic; p, plastic; vp, very plastic.

ภาพ 4.28 การวิเคราะห์ PCA ระบบบินเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เคยเกิดดินคล่ม

**(3) ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติดินกายให้ระบบนิเวศป่าเบญจพรรรณผสมไฟฟ้าไม่เกิดดินถล่ม**

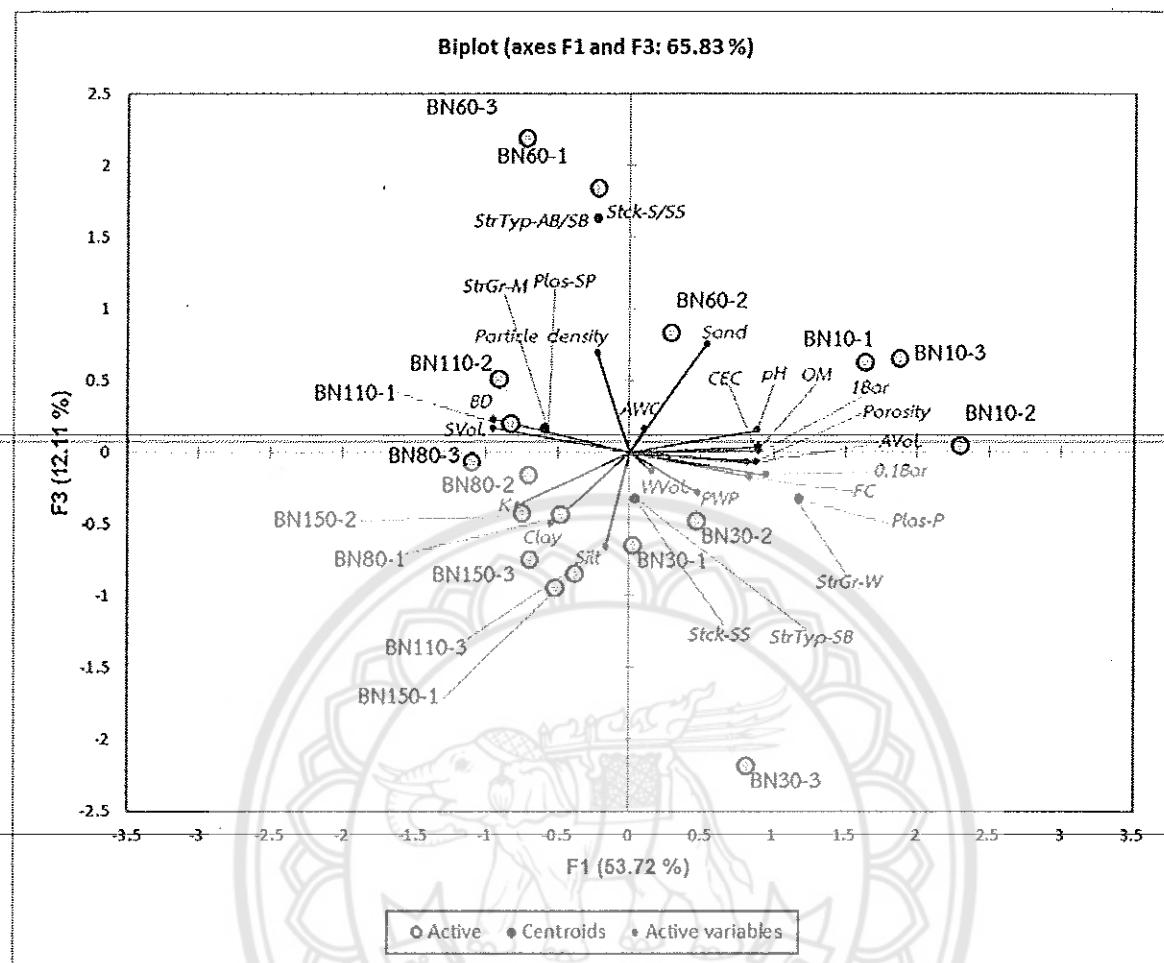
การวิเคราะห์กลุ่มปัจจัยอิทธิพลที่มีความสัมพันธ์กับด้วยวิธีการ PCA เพื่อบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยของคุณสมบัติดินในระบบนิเวศป่าเบญจพรรรณผสมไฟฟ้าไม่เกิดดินถล่ม พบว่า การจัดกลุ่มหลักของปัจจัยมีทั้งหมด 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม F1 กลุ่ม F2 และกลุ่ม F3 ซึ่งปัจจัยที่สามารถบ่งชี้ความสัมพันธ์กันได้อย่างชัดเจนในกลุ่ม F1 ประกอบด้วย 0.1Bar FC 1Bar SVol. AVol. BD Porosity OM pH K Clay และ CEC ในขณะที่บางปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนในการจัดกลุ่ม F2 และ F3 โดยกลุ่ม F2 มีปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ ได้แก่ PWP AWC และ WWol. ส่วนในกลุ่ม F3 มีปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กัน ได้แก่ Particle density Sand และ Silt ความสัมพันธ์ที่บ่งชี้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี PCA อาจมีความสัมพันธ์ในเชิงบวก หรือเชิงลบก็ได้ โดยจากการ 4.29 กลุ่มของ F1 มีความสัมพันธ์ของ 0.1Bar FC 1Bar AVol. Porosity OM pH และ CEC ในทิศทางตรงกันข้ามกับ SVol. BD K และ Clay นอกจากนี้ในกลุ่ม F2 ยังมีความสัมพันธ์กันของปัจจัยในทิศทางตรงกันข้ามของ AWC ตรงข้ามกับ PWP และ WWol.

ความลึกดินในระดับต่างๆ ของระบบนิเวศป่าเบญจพรรรณผสมไฟฟ้าไม่เกิดดินถล่ม ได้แก่ 0-10 10-30 30-60 60-80 80-110 และมากกว่า 110 เซนติเมตร พบว่ามีคุณสมบัติดินบางปัจจัยที่สามารถบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ ระหว่างความลึกของดินกับปัจจัยต่างๆ ซึ่งสามารถสังเกตได้อย่างชัดเจนในดินชั้น 0-10 เซนติเมตร ที่มักมีปริมาณของ 1Bar 0.1Bar AVol. Porosity CEC และ OM มากกว่าดินชั้นอื่นๆ รวมถึงมีลักษณะของความเป็น Plastic มากกว่า และโครงสร้างดินมีความแข็งแรงน้อยกว่าดินในทุกระดับชั้น อย่างไรก็ตาม ในดินชั้นล่าง 80-110 และมากกว่า 110 เซนติเมตร มีปริมาณของปัจจัยด้านคุณสมบัติดิน ได้แก่ K Clay และ Silt มากกว่าดินชั้นอื่นๆ

ตาราง 4.31 Factor loadings ระบบนิเวศป่าเบญจพวรรณสมัย

	F1	F2	F3
0.1Bar	0.946	0.060	-0.161
FC	0.834	0.280	-0.174
1Bar	0.881	0.194	-0.068
PWP	0.482	-0.794	-0.285
AWC	0.101	0.970	0.160
SVol.	-0.949	0.152	0.164
WVol.	0.157	-0.910	-0.133
AVol.	0.820	0.433	-0.073
BD	-0.946	0.131	0.228
Particle density	-0.229	-0.150	0.685
Porosity	0.949	-0.152	-0.164
OM	0.896	-0.001	0.008
pH	0.898	0.013	0.034
K	-0.779	0.235	-0.371
Sand	0.537	-0.100	0.754
Silt	-0.166	0.529	-0.662
Clay	-0.544	-0.213	-0.495
CEC	0.888	0.213	0.148

หมายเหตุ : Soil factor: 0.1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.1 บาร์; FC, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.33 บาร์ หรือความชื้นสนาม; 1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 1 บาร์; PWP, ความชื้นที่แรงดึง 15 บาร์ หรือความชื้นที่จุดเหี่ยวยาวยาน; AWC, ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน; SVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็ง; WVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ; AVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ; BD, ความหนาแน่นรวม; PD, ความหนาแน่นอนุภาค; Porosity, ความพรุน; OM, อินทรียวัตถุในดิน; pH, ความเป็นกรด-ด่าง; K, อัตราการซึมน้ำของดินขณะไม่อิ่มตัว; Sand, ปริมาณอนุภาคดินทราย; Silt, ปริมาณอนุภาคดินทรายละเอียด; Clay, ปริมาณอนุภาคดินเนียน; CEC, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก.



**หมายเหตุ :** Ecosystem: FN, สวนไม้ผลสมัยนานาชาติ; FS, สวนไม้ผลสมัยนานาชาติที่เคยเกิดดินคล่ม; BN, ป่าเบญจพรรณสมัยไฝ; BS, ป่าเบญจพรรณสมัยไฝที่เคยเกิดดินคล่ม. Soil factor: 0.1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยากาศ 0.1 บาร์; FC, ความชื้นที่แรงดึงบรรยากาศ 0.33 บาร์ หรือความชื้นความชื้นสนาม; 1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยากาศ 1 บาร์; PWP, ความชื้นที่แรงดึง 15 บาร์ หรือความชื้นที่ชุดเที่ยวถาวร; AWC, ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน; SVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็ง; WVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ; AVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ; BD, ความหนาแน่นราก; PD, ความหนาแน่นอนุภาค; Porosity, ความพรุน; OM, อินทรีย์วัตถุในดิน; pH, ความเป็นกรด-ด่าง; K, อัตราการซึมเข้าของดินขณะไม่อิ่มตัว; Sand, ปริมาณอนุภาคดินราย; Silt, ปริมาณอนุภาคดินรายละเอียด; Clay, ปริมาณอนุภาคดินเนื้ียว; CEC, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก. Structure Type: AB, angular blocky; SB, subangular blocky. Structure Grade: W, Weak; M, Medium; ST, Strong. Consistance: ss, slightly sticky; s, sticky; vs, very sticky. Plasticity: np, non plastic; p, plastic; vp, very plastic.

ภาพ 4.29 การวิเคราะห์ PCA ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้

**(4) ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติดินภายในระบบป่าเบญจพรพรรณไม้ที่เกิดดินถล่ม**

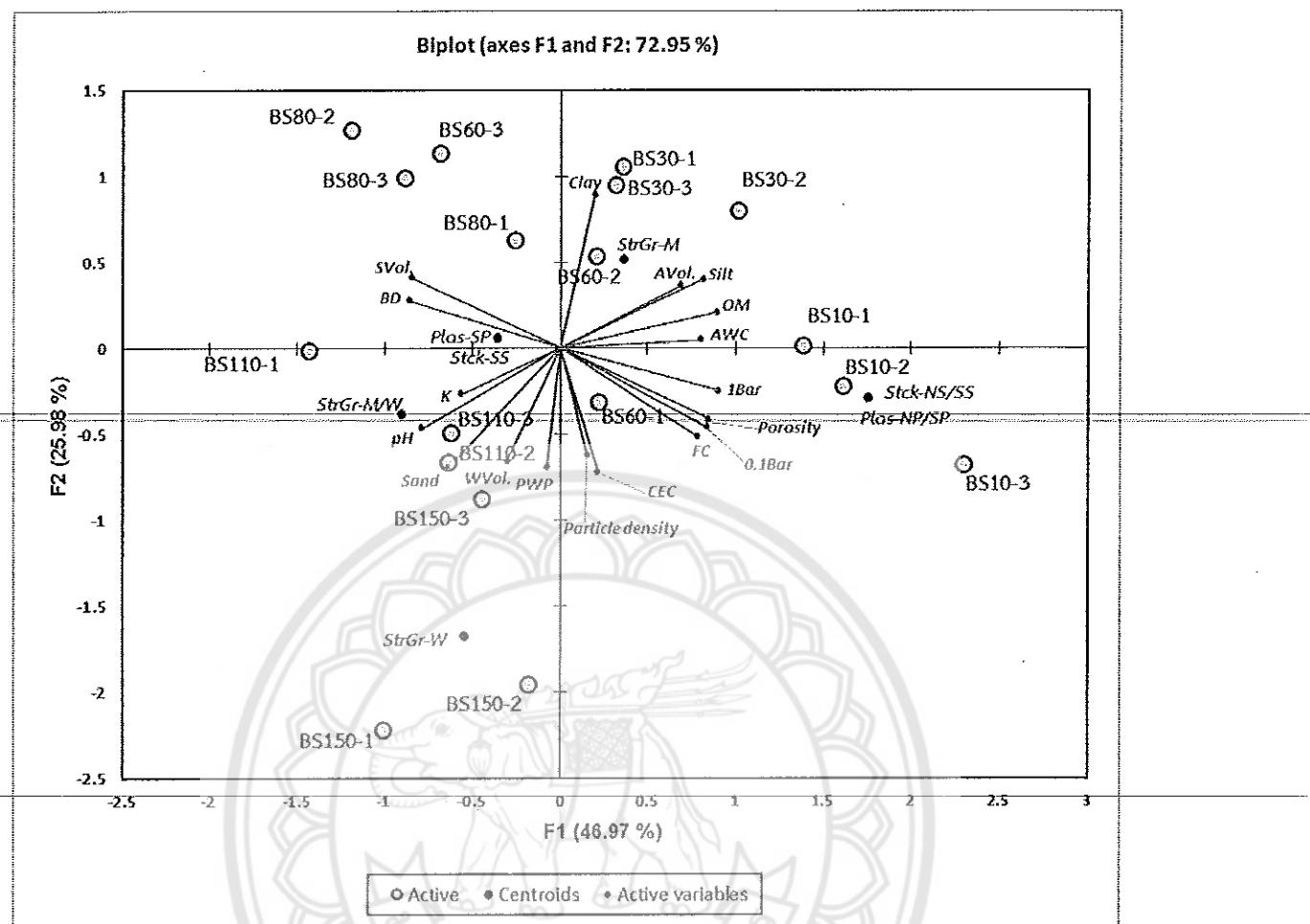
การวิเคราะห์กลุ่มปัจจัยอิทธิพลที่มีความสัมพันธ์กันด้วยวิธีการ PCA เพื่อบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยของคุณสมบัติดินในระบบป่าเบญจพรพรรณไม้ที่เกิดดินถล่ม 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม F1 และกลุ่ม F2 ซึ่งปัจจัยที่สามารถบ่งชี้ความสัมพันธ์กันได้อย่างชัดเจนในกลุ่ม F1 ประกอบด้วย 0.1Bar FC 1Bar AWC SVol. AVol. BD Porosity OM pH และ Silt ในขณะที่บางปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนในการจัดกลุ่ม F2 โดยกลุ่ม F2 มีปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ ได้แก่ PWP WVol. Particle density Sand Clay และ CEC ความสัมพันธ์ที่บ่งชี้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี PCA จากภาพ 4.30 กลุ่มของ F1 มีความสัมพันธ์ของ 0.1Bar FC 1Bar AWC AVol. Porosity OM และ Silt ในทิศทางตรงกันข้ามกับ SVol. BD pH และ K นอกจากนี้ ในกลุ่ม F2 ยังมีความสัมพันธ์กันของปัจจัยในทิศทางตรงกันข้ามของ Clay ตรงข้ามกับ PWP WVol. Particle density Sand และ CEC

ความลึกดินในระดับต่างๆ ของระบบป่าเบญจพรพรรณไม้ที่เกิดดินถล่ม ได้แก่ 0-10 10-30 30-60 60-80 80-110 และมากกว่า 110 เซนติเมตร พบร่วมคุณสมบัติดินบางปัจจัยที่สามารถบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของดินกับปัจจัยต่างๆ ซึ่งสามารถสังเกตได้อย่างชัดเจนในดินชั้น 0-10 และ 10-30 เซนติเมตร ที่มักมีปริมาณของ AWC Porosity FC 0.1Bar 1Bar และ OM มากกว่าดินชั้นอื่นๆ รวมถึงมีลักษณะของความเป็น Plastic และ Stickiness น้อยกว่าในดินระดับชั้น หรือไม่มีความเป็น Plastic และ Stickiness อย่างไรก็ตาม ในดินชั้นล่าง 80-110 และมากกว่า 110 เซนติเมตร มีปริมาณของปัจจัยด้านคุณสมบัติดินที่สูงกว่าระดับความลึกอื่นๆ ได้แก่ PWP WVol. Sand และ K และมีความแข็งแรงของโครงสร้างดินน้อยกว่าดินชั้นบน

ตาราง 4.32 Factor loadings ระบบนิเวศป่าเบญจพรมผสมไฟฟ์เกิดดินถล่ม

	F1	F2	F3
0.1Bar	0.836	-0.457	0.076
FC	0.785	-0.518	0.040
1Bar	0.904	-0.247	0.033
PWP	-0.080	-0.693	0.596
AWC	0.807	0.046	-0.424
SVol.	-0.848	0.411	-0.013
WVol.	-0.301	-0.654	0.597
AVol.	0.685	0.363	-0.512
BD	-0.858	0.275	-0.088
Particle density	0.152	-0.623	-0.280
Porosity	0.848	-0.411	0.013
OM	0.895	0.208	-0.048
pH	-0.786	-0.464	-0.235
K	-0.562	-0.268	-0.555
Sand	-0.646	-0.702	-0.230
Silt	0.817	0.400	0.255
Clay	0.196	0.892	0.121
CEC	0.213	-0.719	-0.437

หมายเหตุ : Soil factor: 0.1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.1 บาร์; FC, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.33 บาร์ หรือความจุความชื้นสนาม; 1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 1 บาร์; PWP, ความชื้นที่แรงดึง 15 บาร์ หรือความชื้นที่จุดเที่ยวถาวร; AWC, ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน; SVol., อัตราการซึมน้ำของดินขณะไม่อิ่มตัว; WVol., อัตราการซึมน้ำของดินขณะไม่อิ่มตัว; AVol., อัตราการซึมน้ำของอากาศ; BD, ความหนาแน่นรวม; PD, ความหนาแน่นอนุภาค; Porosity, ความพรุน; OM, อินทรีย์ตุณในดิน; pH, ความเป็นกรด-ด่าง; K, อัตราการซึมน้ำของดินขณะไม่อิ่มตัว; Sand, ปริมาณอนุภาคดินทราย; Silt, ปริมาณอนุภาคดินทรายละเอียด; Clay, ปริมาณอนุภาคดินเหนียว; CEC, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก.



**หมายเหตุ :** Ecosystem: FN, สวนไนแอคลัฟสมัยบวนเกย์ตอร์ที่; FS, สวนไม้ผลสมัยบวนเกย์ตอร์ที่เคยเกิดดินถล่ม; BN, ป่าเบญจพรรณผสมไม้; BS, ป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่เคยเกิดดินถล่ม. Soil factor: 0.1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.1 บาร์; FC, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.33 บาร์ หรือความชื้นความชื้นสนาม; 1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 1 บาร์; PWP, ความชื้นที่แรงดึง 15 บาร์ หรือความชื้นที่จุดเที่ยวภาวะ; AWC, ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน; SVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็ง; WVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ; AVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ; BD, ความหนาแน่นร่วม; PD, ความหนาแน่นอนุภาค; Porosity, ความพรุน; OM, อินทรีย์ตถุในดิน; pH, ความเป็นกรด-ด่าง; K, อัตราการซึมน้ำของดินขณะไม่อิ่มตัว; Sand, ปริมาณอนุภาคดินทราย; Silt, ปริมาณอนุภาคดินทรายแป้ง; Clay, ปริมาณอนุภาคดินเนื้ียว; CEC, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก. Structure Type: AB, angular blocky; SB, subangular blocky. Structure Grade: W, Weak; M, Medium: ST, Strong. Consistance: ss, slightly sticky; s, sticky, vs, very sticky. Plasticity: np, non plastic; p, plastic; vp, very plastic.

ภาพ 4.30 การวิเคราะห์ PCA ระบบบันเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่เคยเกิดดินถล่ม

#### 4.5.4.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติดินจำแนกตามระดับความลึกของชั้นดิน

##### (1) ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร

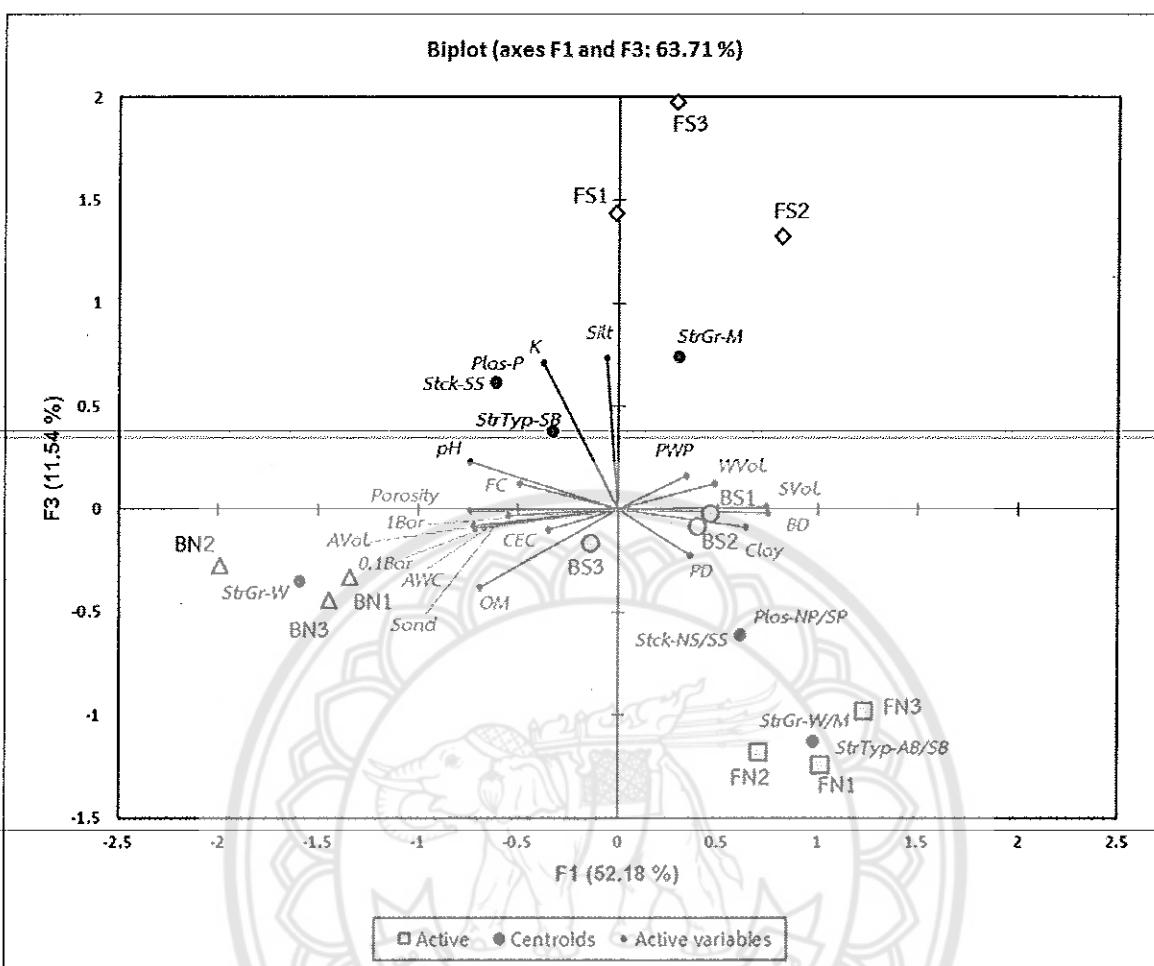
การวิเคราะห์กลุ่มปัจจัยอิทธิพลที่มีความสัมพันธ์กันด้วยวิธีการ PCA เพื่อบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยของคุณสมบัติดินในระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร พบว่า การจัดกลุ่มหลักของปัจจัยมีทั้งหมด 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม F1 กลุ่ม F2 และกลุ่ม F3 ซึ่งปัจจัยที่สามารถบ่งชี้ความสัมพันธ์กันได้อย่างชัดเจนในกลุ่ม F1 ประกอบด้วย 0.1Bar AWC SVol. AVol. BD PD Porosity OM pH Sand และ Clay ในขณะที่บางปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนในการจัดกลุ่ม F2 และ F3 โดยกลุ่ม F2 มีปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ ได้แก่ FC 1Bar PWP WVol. และ CEC ส่วนในกลุ่ม F3 มีปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กัน ได้แก่ K และ Silt ความสัมพันธ์ที่บ่งชี้จาก การวิเคราะห์ด้วยวิธี PCA จากภาพ 31 กลุ่มของ F1 มีความสัมพันธ์ของ 0.1Bar AWC AVol. Porosity OM pH และ Sand ในทิศทางตรงกันข้ามกับ SVol. BD PD Clay นอกจากนี้ ในกลุ่ม F2 ยังมีความสัมพันธ์กันของปัจจัยในทิศทางเดียวกันของ FC 1Bar PWP WVol. และ CEC เช่นเดียวกันในกลุ่ม F3 ค่าของ K และ Silt จะมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน

ระบบนิเวศต่างๆ ในระดับความลึกดิน 0-10 เซนติเมตร ได้แก่ ระบบนิเวศสวนเมืองผสมแบบนานาเกษตร และระบบนิเวศป่าเบญจพรผสมไม้ ภายใต้สถานการณ์ที่เคยเกิดดินคล่ม และไม่เคยเกิดดินคล่ม พบว่า มีคุณสมบัติดินบางปัจจัยที่สามารถบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ว่าระบบนิเวศกับปัจจัยต่างๆ ซึ่งสามารถสังเกตุได้อย่างชัดเจนในดินชั้น 0-10 เซนติเมตร ระหว่างสถานการณ์ที่เคยเกิดดินคล่ม และไม่เคยเกิดดินคล่ม โดยเฉพาะระบบนิเวศป่าเบญจพรผสมไม้ ซึ่งมีปริมาณของปัจจัยส่วนใหญ่ ได้แก่ AWC OM 0.1Bar และ 1Bar หากกว่าในพื้นที่ที่เคยเกิดดินคล่ม รวมถึงมีความแตกต่างกันด้านโครงสร้างสร้างดิน โดยในพื้นที่ที่เคยเกิดดินคล่มจะมีโครงสร้างที่แข็งแรงกว่า

ตาราง 4.33 Factor loadings คุณสมบัติดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร

	F1	F2	F3
0.1Bar	-0.773	0.573	-0.099
FC	-0.599	0.718	0.148
1Bar	-0.670	0.677	-0.044
PWP	0.417	0.880	0.200
AWC	-0.881	-0.408	-0.104
SVol.	0.909	-0.284	0.013
WVol.	0.593	0.788	0.152
AVol.	-0.878	-0.432	-0.117
BD	<b>0.919</b>	<b>0.323</b>	<b>0.027</b>
PD	0.443	-0.382	-0.274
Porosity	-0.909	0.284	-0.013
OM	-0.847	-0.124	-0.464
pH	-0.904	0.054	0.277
K	-0.459	-0.142	0.863
Sand	-0.821	-0.532	-0.111
Silt	-0.076	-0.411	0.896
Clay	0.784	0.592	-0.105
CEC	-0.424	0.750	-0.124

หมายเหตุ : Soil factor: 0.1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายากศ 0.1 บาร์; FC, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายากศ 0.33 บาร์ หรือความชื้นที่จุดเดี่ยว; ความชื้นสนาม; 1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายากศ 1 บาร์; PWP, ความชื้นที่แรงดึง 15 บาร์ หรือความชื้นที่จุดเดี่ยว; AWC, ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน; SVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็ง; WVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ; AVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ; BD, ความหนาแน่นรวม; PD, ความหนาแน่นอนุภาค; Porosity, ความพรุน; OM, อินทรีย์ตุ่นในดิน; pH, ความเป็นกรด-ด่าง; K, อัตราการซึมน้ำของดินขณะไม่อิ่มตัว; Sand, ปริมาณอนุภาคดินราย; Silt, ปริมาณอนุภาคดินรายเบร์; Clay, ปริมาณอนุภาคดินเนี้ยบ; CEC, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก



**หมายเหตุ :** Ecosystem: FN, สวนไม้ผลสมบัติในเขตร้อน; FS, สวนไม้ผลสมบัติในเขตร้อนที่เคยเกิดดินคล่ม; BN, ป่าเบญจพรรณผลไม้; BS, ป่าเบญจพรรณผลไม้ที่เคยเกิดดินคล่ม. Soil factor: 0.1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.1 บาร์; FC, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.33 บาร์ หรือความชื้นความชื้นสูง; 1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 1 บาร์; PWP, ความชื้นที่แรงดึง 15 บาร์ หรือความชื้นที่จุดเที่ยวน้ำ; AWC, ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน; SVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็ง; WVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ; AVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ; BD, ความหนาแน่นร่วน; PD, ความหนาแน่นอนกาก; Porosity, ความพรุน; OM, อินทรีย์วัตถุในดิน; pH, ความเป็นกรด-ด่าง; K, ขัตตราการซึมนำของดินขณะไม่อิ่มตัว; Sand, ปริมาณอนุภาคดินทราย; Silt, ปริมาณอนุภาคดินทรายละเอียด; Clay, ปริมาณอนุภาคดินเนื้อยาน; CEC, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก. Structure Type: AB, angular blocky; SB, subangular blocky. Structure Grade: W, Weak; M, Medium; ST, Strong. Consistance: ss, slightly sticky; s, sticky; vs, very sticky. Plasticity: np, non plastic; p, plastic; vp, very plastic.

ภาพ 4.31 การวิเคราะห์ PCA คุณสมบัติดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร

**(2) ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติดินที่ระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร ของทุกระบบนิเวศ**

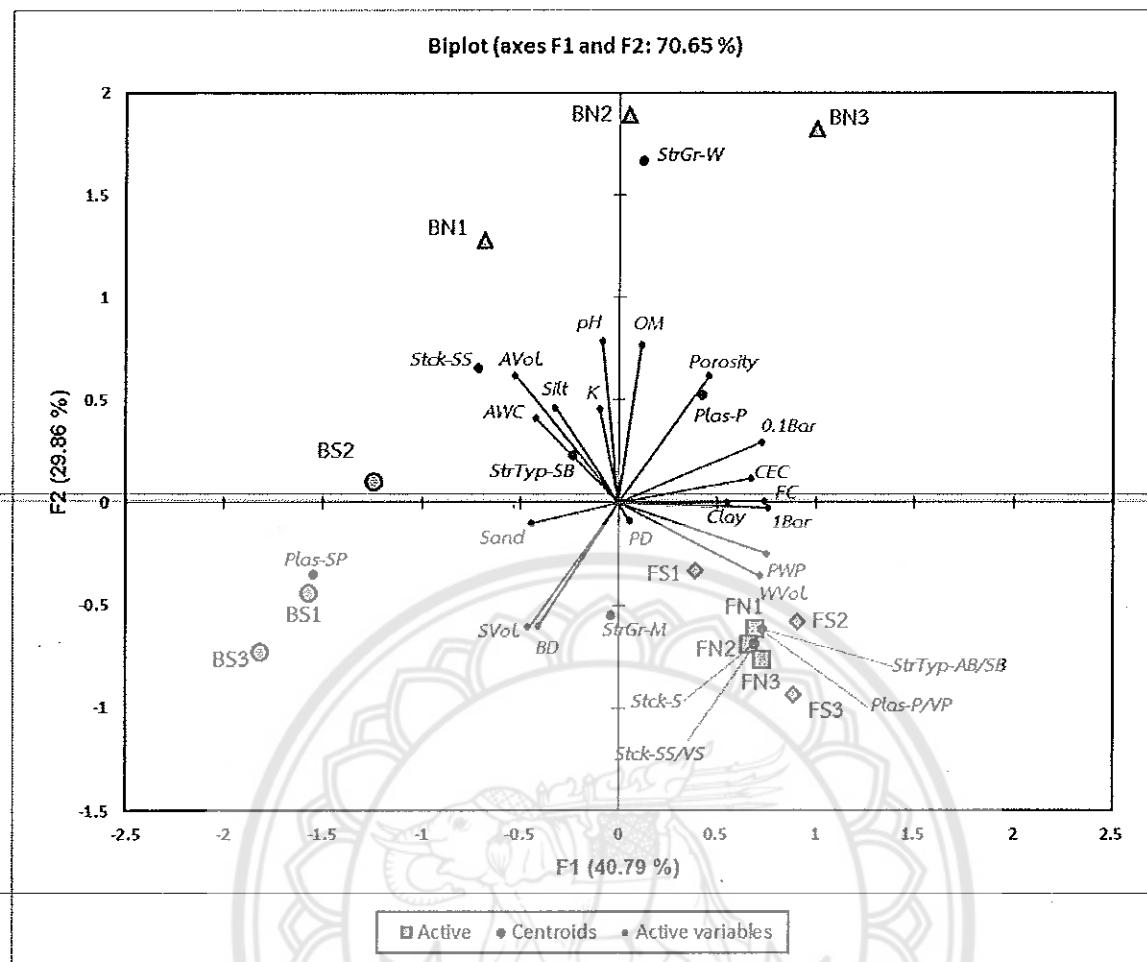
การวิเคราะห์กลุ่มปัจจัยอิทธิพลที่มีความสัมพันธ์กันด้วยวิธีการ PCA เพื่อบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยของคุณสมบัติดินในระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร พบว่า การจัดกลุ่มหลักของปัจจัยมีทั้งหมด 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม F1 กลุ่ม F2 และกลุ่ม F3 ซึ่งปัจจัยที่สามารถบ่งชี้ความสัมพันธ์กันได้อย่างชัดเจนในกลุ่ม F1 ประกอบด้วย 0.1Bar FC 1Bar PWP AWC WVol. Clay และ CEC ในขณะที่บางปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนในการจัดกลุ่ม F2 และ F3 โดยกลุ่ม F2 มีปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ ได้แก่ SVol. AVol. BD Porosity OM และ pH ส่วนในกลุ่ม F3 มีปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กัน ได้แก่ K Sand และ Silt ความสัมพันธ์ที่บ่งชี้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี PCA จากภาพ 4.32 กลุ่มของ F1 มีความสัมพันธ์ของ 0.1Bar FC 1Bar PWP WVol. Clay และ CEC ในทิศทางตรงกันข้ามกับ AWC นอกจากนี้ ในกลุ่ม F2 ยังมีความสัมพันธ์กันของ AVol. Porosity OM และ pH ในทิศทางตรงกันข้ามกับ SVol. และ BD

ระบบบินิเวศต่างๆ ในระดับความลึกตื้น 10-30 เซนติเมตร ได้แก่ ระบบบินิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร และระบบบินิเวศป่าเบญจพรรรณผสมไฝ่ ภายใต้สถานการณ์ที่เคยเกิดดินถล่ม และไม่เคยเกิดดินถล่ม พบว่า มีคุณสมบัติดินบางปัจจัยที่สามารถบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างระบบบินิเวศกับปัจจัยต่างๆ ซึ่งสามารถสังเกตได้อย่างชัดเจนในดินชั้น 10-30 เซนติเมตร ระหว่างสถานการณ์ที่เคยเกิดดินถล่ม และไม่เคยเกิดดินถล่ม โดยเฉพาะระบบบินิเวศป่าเบญจพรรรณผสมไฝ่ รวมถึงความแตกต่างกันของคุณสมบัติดินในระบบบินิเวศป่าเบญจพรรรณผสมไฝ่ และระบบบินิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร ซึ่งมีปริมาณของปัจจัยส่วนใหญ่ ได้แก่ AWC OM K pH AVol. และ Porosity ในระบบบินิเวศป่าเบญจพรรรณผสมไฝ่มากกว่าระบบบินิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร และยังมีความแตกต่างกันของชนิดโครงสร้างดิน โดยในพื้นที่ป่าเบญจพรรรณผสมไฝ่มีความเป็น Plastic และ Stickiness น้อยกว่าระบบบินิเวศอื่นๆ

ตาราง 4.34 Factor loadings คุณสมบัติดินที่ระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร

	F1	F2	F3
0.1Bar	0.888	0.355	0.233
FC	0.908	0.006	0.236
1Bar	0.932	-0.033	0.218
PWP	0.925	-0.309	-0.051
AWC	-0.519	0.503	0.334
SVol.	-0.562	-0.749	0.015
WVol.	0.887	-0.444	0.004
AVol.	-0.641	0.754	-0.010
BD	0.504	-0.740	0.247
PD	0.069	-0.115	0.693
Porosity	0.562	0.749	-0.015
OM	0.143	0.936	-0.125
pH	-0.105	0.957	0.136
K	-0.122	0.555	0.794
Sand	-0.544	-0.124	0.741
Silt	-0.397	0.562	-0.699
Clay	0.678	-0.003	-0.625
CEC	0.829	0.145	0.431

หมายเหตุ : Soil factor: 0.1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยากาศ 0.1 บาร์; FC, ความชื้นที่แรงดึงบรรยากาศ 0.33 บาร์ หรือความชื้นที่แรงดึงบรรยากาศ 1 บาร์; 1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยากาศ 1 บาร์; PWP, ความชื้นที่แรงดึง 15 บาร์ หรือความชื้นที่จุดเที่ยวถาวร; AWC, ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน; SVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็ง; WVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ; AVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ; BD, ความหนาแน่นรวม; PD, ความหนาแน่นอนุภาค; Porosity, ความพรุน; OM, อินทรียวัตถุในดิน; pH, ความเป็นกรด-ด่าง; K, อัตราการซึมน้ำของดินขณะไม่อิ่มตัว; Sand, ปริมาณอนุภาคดินราย; Silt, ปริมาณอนุภาคดินรายละเอียด; Clay, ปริมาณอนุภาคดินเนื้ียว; CEC, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก.



หมายเหตุ : Ecosystem: FN, สวนไม้ผลสมบูรณ์เกษตรที่เคยเกิดดินถล่ม; FS, สวนไม้ผลสมบูรณ์เกษตรที่ไม่เคยเกิดดินถล่ม; BN, ป่าเบญจพรรณไม้ไผ่; BS, ป่าเบญจพรรณไม้ไผ่ที่เคยเกิดดินถล่ม. Soil factor: 0.1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.1 บาร์; FC, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.33 บาร์ หรือความชื้นสูง; 1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 1 บาร์; PWP, ความชื้นที่แรงดึง 15 บาร์ หรือความชื้นที่จุดเทียบวาร์; AWC, ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน; SVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็ง; WVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ; AVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ; BD, ความหนาแน่นรวม; PD, ความหนาแน่นอนุภาค; Porosity, ความพรุน; OM, อินทรีย์วัตถุในดิน; pH, ความเป็นกรด-ด่าง; K, อัตราการซึมเข้าของดินขณะไม่เคลื่อนตัว; Sand, ปริมาณอนุภาคดินรายละเอียด; Silt, ปริมาณอนุภาคดินรายละเอียด; Clay, ปริมาณอนุภาคดินเนียน; CEC, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก. Structure Type: AB, angular blocky; SB, subangular blocky. Structure Grade: W, Weak; M, Medium; ST, Strong. Consistence: ss, slightly sticky; s, sticky; vs, very sticky. Plasticity: np, non plastic; p, plastic; vp, very plastic.

ภาพ 4.32 การวิเคราะห์ PCA คุณสมบัติดินที่ระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร

**(3) ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติดินที่ระดับความลึก 30-60 เซนติเมตร ของทุกระบบนิเวศ**

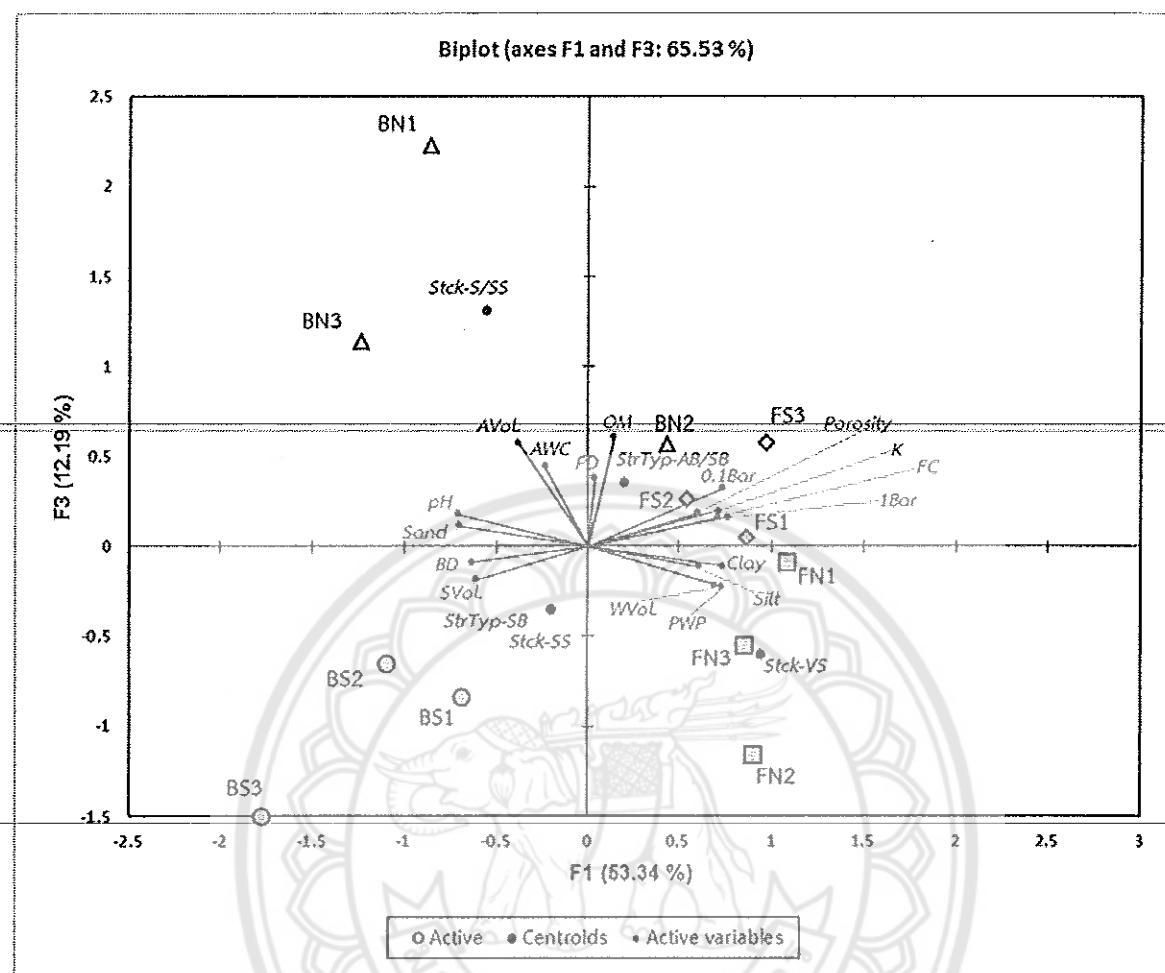
การวิเคราะห์กลุ่มปัจจัยอิทธิพลที่มีความสัมพันธ์กันด้วยวิธีการ PCA เพื่อบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยของคุณสมบัติดินในระดับความลึก 30-60 เซนติเมตร พบว่า การจัดกลุ่มหลักของปัจจัยมีทั้งหมด 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม F1 กลุ่ม F2 และกลุ่ม F3 ซึ่งปัจจัยที่สามารถบ่งชี้ความสัมพันธ์กันได้อย่างชัดเจนในกลุ่ม F1 ประกอบด้วย 0.1Bar FC 1Bar PWP SVol. WVol. BD Porosity pH K Sand Silt และ Clay ในขณะที่บางปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนในการจัดกลุ่ม F2 และ F3 โดยกลุ่ม F2 มีปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ได้แก่ AWC ส่วนในกลุ่ม F3 มีปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กัน ได้แก่ AVol. PD และ OM ความสัมพันธ์ที่บ่งชี้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี PCA จากภาพ 4.33 กลุ่มของ F1 มีความสัมพันธ์ของ 0.1Bar FC 1Bar PWP WVol. Porosity K Silt และ Clay ในทิศทางตรงกันข้ามกับ SVol. BD pH และ Sand นอกจากนี้ในกลุ่ม F3 ค่าของ AVol. PD และ OM จะมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน

ระบบบินิเวศต่างๆ ในระดับความลึกดีกติน 30-60 เซนติเมตร ได้แก่ ระบบบินิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกยตร และระบบบินิเวศป่าเบญจพรผสมไม้ไผ่ ภายใต้สถานการณ์ที่เคยเกิดดินคล่ม และไม่เคยเกิดดินคล่ม พบว่า มีคุณสมบัติดินบางปัจจัยที่สามารถบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างระบบบินิเวศกับปัจจัยต่างๆ ซึ่งสามารถสังเกตได้อย่างชัดเจนในดินชั้น 30-60 เซนติเมตร ระหว่างสถานการณ์ที่เคยเกิดดินคล่ม และไม่เคยเกิดดินคล่ม โดยเฉพาะระบบบินิเวศป่าเบญจพรผสมไม้ไผ่ ซึ่งมีปริมาณของปัจจัยส่วนใหญ่ ได้แก่ AWC OM AVol. PD มากกว่าในพื้นที่ที่เคยเกิดดินคล่ม และระบบบินิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกยตร รวมถึงมีความแตกต่างกันของ Stickiness ที่มีความเหนียวแน่นอย่างร้าว

ตาราง 4.35 Factor loadings คุณสมบัติดินที่ระดับความลึก 30-60 เซนติเมตร

	F1	F2	F3
0.1Bar	0.879	0.108	0.382
FC	0.911	0.247	0.191
1Bar	0.842	0.299	0.186
PWP	0.867	-0.410	-0.266
AWC	-0.277	0.769	0.527
SVol.	-0.721	0.606	-0.221
WVol.	0.827	-0.458	-0.258
AVol.	-0.448	0.000	0.676
BD	<b>-0.747</b>	<b>0.597</b>	<b>-0.105</b>
PD	0.041	-0.151	0.449
Porosity	0.721	-0.606	0.221
OM	0.166	-0.202	0.720
pH	-0.842	-0.451	0.214
K	0.848	0.242	0.233
Sand	-0.835	-0.476	0.136
Silt	0.727	0.513	-0.136
Clay	0.873	0.435	-0.131

หมายเหตุ : Soil factor: 0.1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายภาค 0.1 บาร์; FC, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายภาค 0.33 บาร์ หรือความชื้นที่จุดเดี่ยว; ความชื้นสนาม; 1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายภาค 1 บาร์; PWP, ความชื้นที่แรงดึง 15 บาร์ หรือความชื้นที่จุดเดี่ยว; AWC, ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน; SVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็ง; WVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ; AVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ; BD, ความหนาแน่นรวม; PD, ความหนาแน่นอนุภาค; Porosity, ความพรุน; OM, อินทรียะตถุในดิน; pH, ความเป็นกรด-ด่าง; K, อัตราการซึมน้ำของดินขณะไม่อิ่นตัว; Sand, ปริมาณอนุภาคดินราย; Silt, ปริมาณอนุภาคดินรายละเอียด; Clay, ปริมาณอนุภาคดินเหนียว; CEC, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก.



**หมายเหตุ :** Ecosystem: FN, สวนไม้ผลสมบูรณ์แบบ; FS, สวนไม้ผลสมบูรณ์แบบที่เคยเกิดดินถล่ม; BN, ป่าเบญจพรรณผลไม้ไฝ; BS, ป่าเบญจพรรณผลไม้ที่เคยเกิดดินถล่ม. Soil factor: 0.1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.1 บาร์; FC, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.33 บาร์ หรือความชื้นความชื้นสนาม; 1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 1 บาร์; PWP, ความชื้นที่แรงดึง 15 บาร์ หรือความชื้นที่จุดเที่ยงวัตถุ; AWC, ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน; SVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็ง; WVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ; AVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ; BD, ความหนาแน่นรวม; PD, ความหนาแน่นอนภาค; Porosity, ความพรุน; OM, อินทรียะตูนในดิน; pH, ความเป็นกรด-ด่าง; K, อัตราการซึมเข้าของดินของไม้อ่อนตัว; Sand, บริมาณอนุภาคดินทราย; Silt, บริมาณอนุภาคดินทรายละเอียด; Clay, บริมาณอนุภาคดินเนื้ี่ยว; CEC, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก. Structure Type: AB, angular blocky; SB, subangular blocky. Structure Grade: W, Weak; M, Medium; ST, Strong. Consistance: ss, slightly sticky; s, sticky, vs, very sticky. Plasticity: np, non plastic; p, plastic; vp, very plastic.

ภาพ 4.33 การวิเคราะห์ PCA คุณสมบัติติดินที่ระดับความลึก 30-60 เซนติเมตร

**(4) ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติดินที่ระดับความลึก 60-80 เซนติเมตร ของทุกระบบนิเวศ**

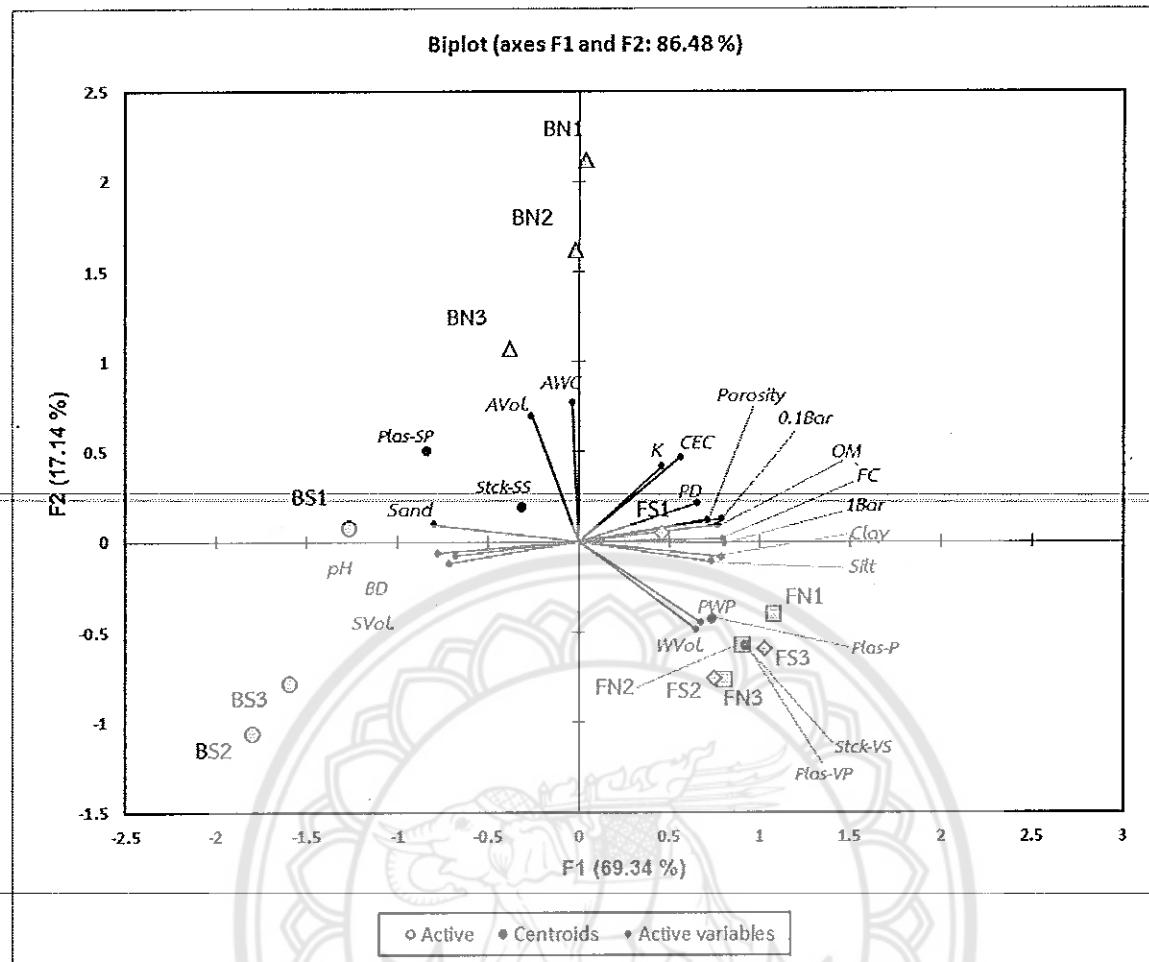
การวิเคราะห์กลุ่มปัจจัยอิทธิพลที่มีความสัมพันธ์กันด้วยวิธีการ PCA เพื่อบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยของคุณสมบัติดินในระดับความลึก 60-80 เซนติเมตร พบว่า การจัดกลุ่มหลักของปัจจัยมีทั้งหมด 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม F1 และกลุ่ม F2 ซึ่งปัจจัยที่สามารถบ่งชี้ความสัมพันธ์กันได้อย่างชัดเจนในกลุ่ม F1 ประกอบด้วย 0.1Bar FC 1Bar PWP SVol. WVol. BD PD Porosity OM Ph K Sand Clay CEC และ Silt ในขณะที่บางปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนในการจัดกลุ่ม F2 โดยกลุ่ม F2 มีปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ ได้แก่ AWC และ AVol. ความสัมพันธ์ที่บ่งชี้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี PCA จากภาพ 41 กลุ่มของ F1 มีความสัมพันธ์ของ 0.1Bar FC 1Bar PWP WVol. PD Porosity OM K Clay CEC และ Silt ในทิศทางตรงกันข้ามกับ SVol. BD Ph และ Sand นอกจากนี้ ในกลุ่ม F2 ยังมีความสัมพันธ์กันของปัจจัยในทิศทางเดียวกันของ AWC และ AVol. จะมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน

ระบบนิเวศต่างๆ ในระดับความลึกดิน 60-80 เซนติเมตร ได้แก่ ระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร และระบบป่าเบญจพรรณผสมไม้ ภายใต้สถานการณ์ที่เคยเกิดดินถล่ม และไม่เคยเกิดดินถล่ม พบว่า มีคุณสมบัติดินบางปัจจัยที่สามารถบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างระบบนิเวศกับปัจจัยต่างๆ ซึ่งสามารถสังเกตได้อย่างชัดเจนในดินชั้น 60-80 เซนติเมตร ระหว่างระบบป่าเบญจพรรณผสมไม้กับสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร ทั้งพื้นที่ที่เคยเกิดดินถล่มและไม่เคยเกิดดินถล่ม ซึ่งระบบป่าเบญจพรรณไม้ปริมาณของปัจจัยส่วนใหญ่มากกว่า ได้แก่ 0.1Bar FC 1Bar PWP Porosity OM K Clay และ CEC รวมถึงมีความหนืดหยาด และความเป็นพลาสติกมากกว่าระบบป่าเบญจพรรณผสมไม้

ตาราง 4.36 Factor loadings คุณสมบัติดินที่ระดับความลึก 60-80 เซนติเมตร

	F1	F2
0.1Bar	0.971	0.158
FC	0.978	0.018
1Bar	0.985	-0.009
PWP	0.828	-0.549
AWC	-0.043	0.948
SVol.	-0.874	-0.148
WVol.	0.797	-0.595
AVol.	-0.318	0.854
BD	-0.831	-0.096
PD	0.810	0.261
Porosity	0.874	0.148
OM	0.948	0.112
pH	-0.953	-0.080
K	0.567	0.515
Sand	-0.977	0.118
Silt	0.903	-0.137
Clay	0.968	-0.107
CEC	0.691	0.575

หมายเหตุ : Soil factor: 0.1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยากาศ 0.1 บาร์; FC, ความชื้นที่แรงดึงบรรยากาศ 0.33 บาร์ หรือความชื้นสนาม; 1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยากาศ 1 บาร์; PWP, ความชื้นที่แรงดึง 15 บาร์ หรือความชื้นที่จุดเหี่ยวยั่ว; AWC, ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน; SVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็ง; WVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ; AVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ; BD, ความหนาแน่นรวม; PD, ความหนาแน่นอนุภาค; Porosity, ความพรุน; OM, อินทรีย์อัดแน่นดิน; pH, ความเป็นกรด-ด่าง; K, อัตราการซึมน้ำของดินขณะไม่อิ่มตัว; Sand, ปริมาณอนุภาคดินราย; Silt, ปริมาณอนุภาคดินรายแบ่ง; Clay, ปริมาณอนุภาคดินเนียน; CEC, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก.



**หมายเหตุ :** Ecosystem: FN, สวนไม้ผลสมบูรณ์เกษตร; FS, สวนไม้ผลสมบูรณ์เกษตรที่เคยเกิดดินถล่ม; BN, ป่าเบญจพรรณไม้ผลไม้ไผ่; BS, ป่าเบญจพรรณไม้ไผ่ที่เคยเกิดดินถล่ม. Soil factor: 0.1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.1 บาร์; FC, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.33 บาร์ หรือความชื้นคุณภาพชื่อสามัคคี; 1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 1 บาร์; PWP, ความชื้นที่แรงดึง 15 บาร์ หรือความชื้นที่จุดเที่ยงภาวะ; AWC, ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน; SVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็ง; WVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ; AVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ; BD, ความหนาแน่นรวม; PD, ความหนาแน่นอนุภาค; Porosity, ความพรุน; OM, อินทรีย์วัตถุในดิน; pH, ความเป็นกรด-ด่าง; K, อัตราการซึมเข้าของดินขณะไม่อิ่มน้ำ; Sand, ปริมาณอนุภาคดินทราย; Silt, ปริมาณอนุภาคดินทรายละเอียด; Clay, ปริมาณอนุภาคดินเนื้ิยว; CEC, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก. Structure Type: AB, angular blocky; SB, subangular blocky. Structure Grade: W, Weak; M, Medium; ST, Strong. Consistance: ss, slightly sticky; s, sticky, vs, very sticky. Plasticity: np, non plastic; p, plastic; vp, very plastic.

ภาพ 4.34 การวิเคราะห์ PCA คุณสมบัติดินที่ระดับความลึก 60-80 เซนติเมตร

**(5) ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติดินที่ระดับความลึก 80-110 เซนติเมตร ของทุกระบบนิเวศ**

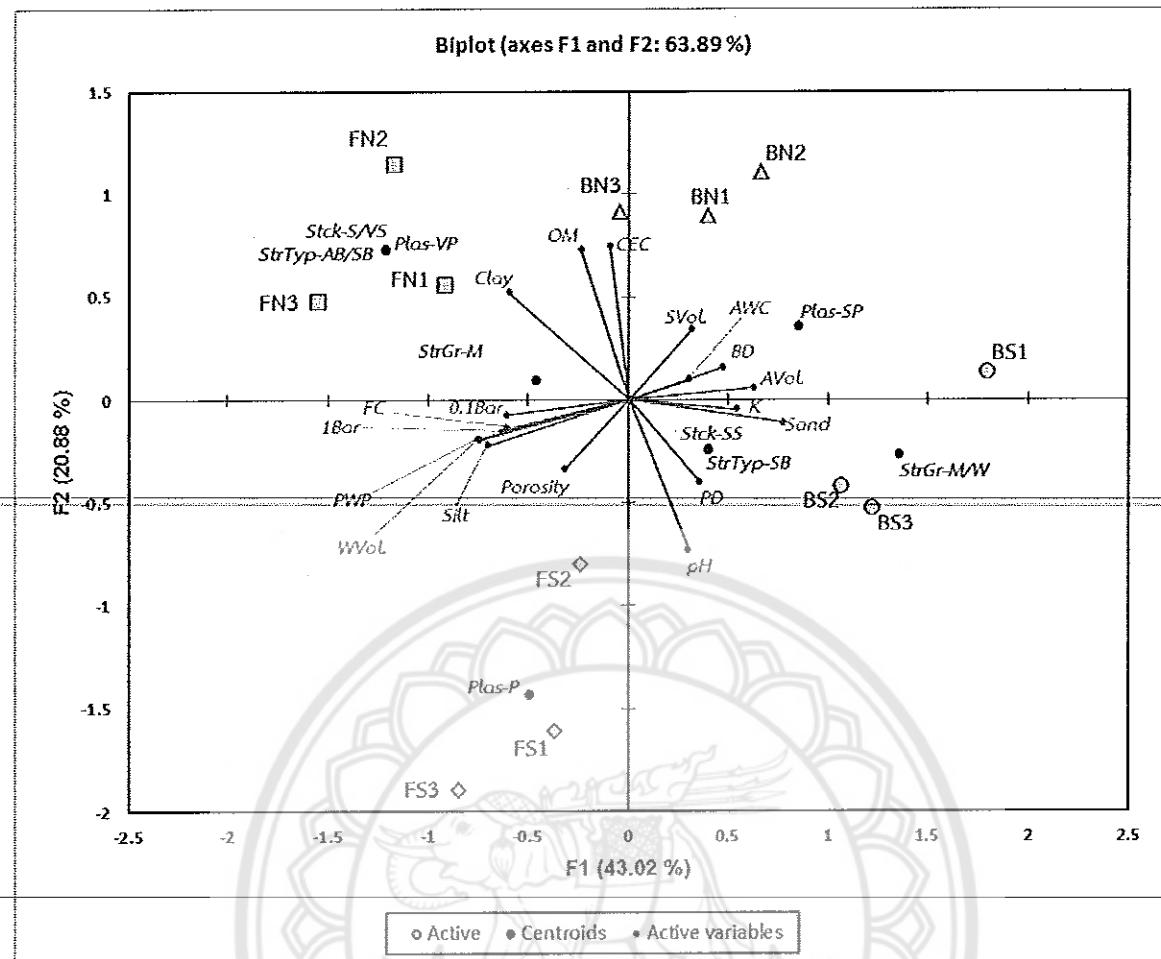
การวิเคราะห์กลุ่มปัจจัยอิทธิพลที่มีความสัมพันธ์กันด้วยวิธีการ PCA เพื่อบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยของคุณสมบัติดินในระดับความลึก 80-110 เซนติเมตร พบว่า การจัดกลุ่มหลักของปัจจัยมีทั้งหมด 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม F1 กลุ่ม F2 และกลุ่ม F3 ซึ่งปัจจัยที่สามารถบ่งชี้ความสัมพันธ์กันได้อย่างชัดเจนในกลุ่ม F1 ประกอบด้วย 0.1Bar FC 1Bar PWP WVol. AVol. BD K Sand Silt และ Clay ในขณะที่บางปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนในการจัดกลุ่ม F2 และ F3 โดยกลุ่ม F2 มีปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ ได้แก่ PD OM pH และ CEC ส่วนในกลุ่ม F3 มีปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กัน ได้แก่ AWC SVol. และ Porosity ความสัมพันธ์ที่บ่งชี้จาก การวิเคราะห์ด้วยวิธี PCA จากภาพ 4.35 กลุ่มของ F1 มีความสัมพันธ์ของ AVol. BD K และ Sand ในทิศทางตรงกันข้ามกับ 0.1Bar FC 1Bar PWP WVol. Silt และ Clay นอกจากนี้ ในกลุ่ม F2 ยังมีความสัมพันธ์กันของปัจจัยของ OM และ CEC ในทิศทางตรงกันข้ามกับ PD และ pH เช่นเดียวกันในกลุ่ม F3 ค่าของ AWC และ Porosity จะมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงกันข้ามกับ SVol.

ระบบบันเวศต่างๆ ในระดับความลึก 80-110 เซนติเมตร ได้แก่ ระบบบันเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร และระบบบันเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้ ภายใต้สถานการณ์ที่เคยเกิดดินคล่ม และไม่เคยเกิดดินคล่ม พบว่า มีคุณสมบัติดินบางปัจจัยที่สามารถบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างระบบบันเวศกับปัจจัยต่างๆ ซึ่งสามารถสังเกตได้อย่างชัดเจนในดินชั้น 80-110 เซนติเมตร ระหว่างสถานการณ์ที่เคยเกิดดินคล่ม และไม่เคยเกิดดินคล่ม ทั้งระบบบันเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้ และสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร โดยปริมาณของปัจจัยส่วนใหญ่ในพื้นที่ที่ไม่เกิดดินคล่มที่มีปริมาณมากกว่าพื้นที่ที่เคยเกิดดินถ้วนอย่างชัดเจน ได้แก่ Clay OM และ CEC รวมถึงพื้นที่ที่ไม่เคยเกิดดินคล่มของทั้ง 2 ระบบบันเวศ มีความเป็นพลาสติกน้อยกว่าพื้นที่ที่เคยเกิดดินคล่ม

ตาราง 4.37 Factor loadings คุณสมบัติคินที่ระดับความลึก 80-110 เซนติเมตร

	F1	F2	F3
0.1Bar	-0.736	-0.089	0.578
FC	-0.736	-0.169	0.537
1Bar	-0.770	-0.188	0.471
PWP	-0.922	-0.240	-0.291
AWC	0.378	0.119	0.830
SVol.	0.388	0.417	-0.475
WVol.	-0.905	-0.234	-0.347
AVol.	0.766	0.068	0.551
BD	<b>0.582</b>	<b>0.192</b>	<b>-0.376</b>
PD	0.442	-0.493	0.186
Porosity	-0.388	-0.417	0.475
OM	-0.286	0.889	0.326
pH	0.369	-0.893	-0.040
K	0.665	-0.057	0.661
Sand	0.950	-0.136	0.030
Silt	-0.855	-0.270	0.061
Clay	-0.725	0.636	-0.142
CEC	-0.112	0.917	0.356

หมายเหตุ : Soil factor: 0.1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.1 บาร์; FC, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.33 บาร์ หรือความชื้นที่จุดเดี่ยว; 1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 1 บาร์; PWP, ความชื้นที่แรงดึง 15 บาร์ หรือความชื้นที่จุดเที่ยวถาวร; AWC, ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน; SVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็ง; WVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ; AVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ; BD, ความหนาแน่นรวม; PD, ความหนาแน่นอนุภาค; Porosity, ความพรุน; OM, อินทรีย์ตถุในดิน; pH, ความเป็นกรด-ด่าง; K, อัตราการซึมน้ำของดินขณะไม่อิ่มตัว; Sand, ปริมาณอนุภาคดินทราย; Silt, ปริมาณอนุภาคดินทรายละเอียด; Clay, ปริมาณอนุภาคดินเหนียว; CEC, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก.



**หมายเหตุ :** Ecosystem: FN, สวนไม้ผลสมบูรณ์แบบ; FS, สวนไม้ผลสมบูรณ์แบบเกษตรที่เคยเกิดดินคล่ม; BN, ป่าเบญจพรรณผลไม้ไฝ; BS, ป่าเบญจพรรณผลไม้ไฝที่เคยเกิดดินคล่ม. Soil factor: 0.1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.1 บาร์; FC, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.33 บาร์ หรือความชื้นสันนิษฐาน; 1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 1 บาร์; PWP, ความชื้นที่แรงดึง 15 บาร์ หรือความชื้นที่จุดเที่ยงวาร์; AWC, ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน; SVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็ง; WVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ; AVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ; BD, ความหนาแน่นร่วน; PD, ความหนาแน่นอนภาค; Porosity, ความพรุน; OM, อินทรีย์วัตถุในดิน; pH, ความเป็นกรด-ด่าง; K, อัตราการซึมเข้าของดินขณะไม่อิ่มตัว; Sand, ปริมาณอนุภาคดินทราย; Silt, ปริมาณอนุภาคดินทรายแป้ง; Clay, ปริมาณอนุภาคดินเนียน; CEC, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก. Structure Type: AB, angular blocky; SB, subangular blocky. Structure Grade: W, Weak; M, Medium; ST, Strong. Consistance: ss, slightly sticky; s, sticky; vs, very sticky. Plasticity: np, non plastic; p, plastic; vp, very plastic.

ภาพ 4.35 การวิเคราะห์ PCA คุณสมบัติดินที่ระดับความลึก 80-100 เซนติเมตร

**(6) ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติดินที่ระดับความลึกมากกว่า 110 เซนติเมตร ของทุกระบบนิเวศ**

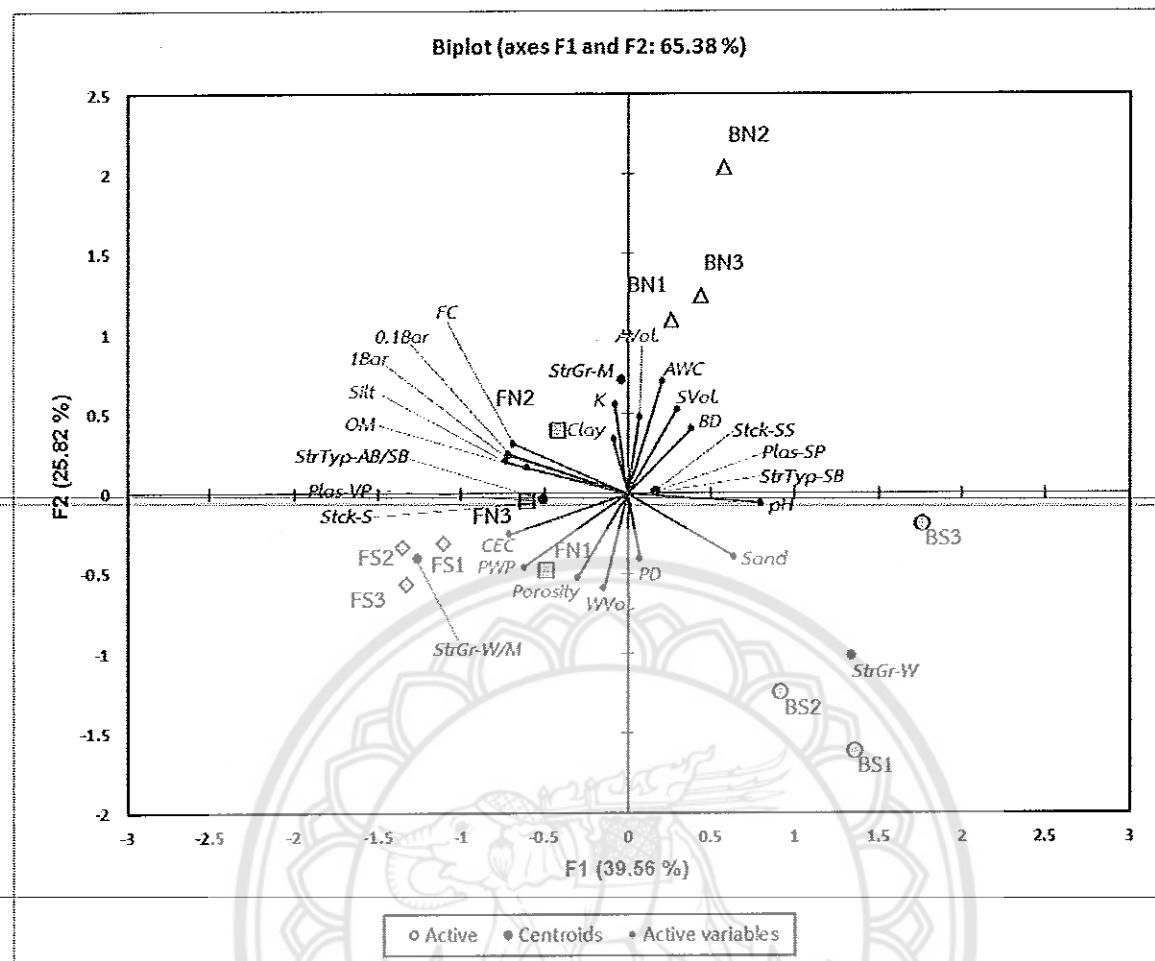
การวิเคราะห์กลุ่มปัจจัยอิทธิพลที่มีความสัมพันธ์กันด้วยวิธีการ PCA เพื่อบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยของคุณสมบัติดินในระดับความลึกมากกว่า 110 เซนติเมตร (110-150 เซนติเมตร) พบว่า การจัดกลุ่มหลักของปัจจัยมีทั้งหมด 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม F1 กลุ่ม F2 และกลุ่ม F3 ซึ่งปัจจัยที่สามารถบ่งชี้ความสัมพันธ์กันได้อย่างชัดเจนในกลุ่ม F1 ประกอบด้วย 0.1Bar FC 1Bar PWP OM pH Sand Silt และ CEC ในขณะที่บางปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนในการจัดกลุ่ม F2 และ F3 โดยกลุ่ม F2 มีปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ ได้แก่ AWC SVol. WVol. AVol. BD Porosity K ส่วนในกลุ่ม F3 มีปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กัน ได้แก่ PD และ Clay ความสัมพันธ์ที่บ่งชี้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี PCA จากภาพ 4.36 กลุ่มของ F1 มีความสัมพันธ์ของ 0.1Bar FC 1Bar PWP OM Silt และ CEC ในทิศทางตรงกันข้ามกับ pH และ Sand นอกจากนี้ ในกลุ่ม F2 ยังมีความสัมพันธ์กันของปัจจัยของ AWC SVol. AVol. BD และ K ในทิศทางตรงกันข้ามกับ WVol. และ Porosity เช่นเดียวกันในกลุ่ม F3 ค่าของ PD จะมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงกันข้ามกับ Clay

ระบบบันไดต่างๆ ในระดับความลึกตื้นมากกว่า 110 เซนติเมตร ได้แก่ ระบบบันไดที่ไม่ผลสนมแบบวนเกย์ตร และระบบบันไดป่าเบญจพรรรณผสมไม้ ภายในได้สถานการณ์ที่เคยเกิดดินถล่ม และไม่เคยเกิดดินถล่ม พบว่า มีคุณสมบัติดินบางปัจจัยที่สามารถบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างระบบบันไดที่ไม่เคยเกิดดินถล่ม อย่างชัดเจนในดินชั้นมากกว่า 110 เซนติเมตร ระหว่างสถานการณ์ที่เคยเกิดดินถล่ม และไม่เคยเกิดดินถล่ม โดยเฉพาะระบบบันไดป่าเบญจพรรรณผสมไม้ ซึ่งมีปริมาณของปัจจัยส่วนใหญ่ ได้แก่ AWC OM FC K AVol. 0.1Bar และ 1Bar มากกว่าในพื้นที่ที่เคยเกิดดินถล่ม รวมถึงมีความแตกต่างกันของความแข็งแรงของโครงสร้างดินโดยพื้นที่ที่ไม่เคยเกิดดินถล่มจะมีโครงสร้างที่แข็งแรงกว่า

ตาราง 4.38 Factor loadings คุณสมบัติดินที่ระดับความลึกมากกว่า 110 เซนติเมตร

	F1	F2	F3
0.1Bar	-0.878	0.301	-0.312
FC	-0.842	0.378	-0.244
1Bar	-0.871	0.290	-0.206
PWP	-0.760	-0.563	0.234
AWC	0.253	0.856	-0.413
SVol.	0.368	0.646	0.551
WVol.	-0.173	-0.727	0.315
AVol.	0.084	0.582	-0.462
BD	0.474	0.499	0.319
PD	0.089	-0.501	-0.633
Porosity	-0.368	-0.646	-0.551
OM	-0.736	0.200	0.594
pH	0.976	-0.072	-0.109
K	-0.093	0.684	-0.626
Sand	0.782	-0.484	-0.330
Silt	-0.901	0.246	-0.284
Clay	-0.102	0.416	0.794
CEC	-0.873	-0.311	0.247

หมายเหตุ : Soil factor: 0.1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.1 บาร์; FC, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.33 บาร์ หรือความชื้นที่จุดแห้ง; 1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 1 บาร์; PWP, ความชื้นที่แรงดึง 15 บาร์ หรือความชื้นที่จุดเที่ยวตัวร้าว; AWC, ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน; SVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็ง; WVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ; AVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ; BD, ความหนาแน่นรวม; PD, ความหนาแน่นอนุภาค; Porosity, ความพรุน; OM, อินทรีย์ตุ่นในดิน; pH, ความเป็นกรด-ด่าง; K, อัตราการซึมน้ำของดินขณะไม่อิ่มตัว; Sand, ปริมาณอนุภาคดินราย; Silt, ปริมาณอนุภาคดินรายแบ่ง; Clay, ปริมาณอนุภาคดินเนื้ียว; CEC, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก.



หมายเหตุ : Ecosystem: FN, สวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินคล่ม; FS, สวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เคยเกิดดินคล่ม; BN, ป่าเบญจพรรณผสมไฟฟ์ที่ไม่เกิดดินคล่ม; BS, ป่าเบญจพรรณผสมไฟฟ์ที่เคยเกิดดินคล่ม. Soil factor: 0.1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.1 บาร์; FC, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 0.33 บาร์ หรือความจุความชื้นสนาม; 1Bar, ความชื้นที่แรงดึงบรรยายกาศ 1 บาร์; PWP, ความชื้นที่แรงดึง 15 บาร์ หรือความชื้นที่จุดเที่ยวตัว; AWC, ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน; SVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นของแข็ง; WVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นน้ำ; AVol., องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ; BD, ความหนาแน่นอนภาค; Porosity, ความพรุน; OM, อินทรีย์วัตถุในดิน; pH, ความเป็นกรด-ด่าง; K, อัตราการซึมน้ำของดินขณะไม่อิ่มตัว; Sand, ปริมาณอนุภาคดินราย; Silt, ปริมาณอนุภาคดินรายละเอียด; Clay, ปริมาณอนุภาคดินเนียนยว; CEC, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก. Structure Type: AB, angular blocky; SB, subangular blocky. Structure Grade: W, Weak; M, Medium; ST, Strong. Consistance: ss, slightly sticky; s, sticky; vs, very sticky. Plasticity: np, non plastic; p, plastic; vp, very plastic.

ภาพ 4.36 การวิเคราะห์ PCA คุณสมบัติดินที่ระดับความลึกมากกว่า 110 เซนติเมตร

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 การกำหนดกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียของดำเนินงานโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ได้กำหนดกลุ่มผู้มีส่วนได้เสียหลัก (Key stakeholders) ซึ่งเป็นบุคคล/กลุ่มบุคคล/องค์กร ที่มีอิทธิพลหรือมีอำนาจต่อการดำเนินงานของโครงการวิจัยและการนำผลการวิจัยไปใช้ในทางปฏิบัติ ดังนี้

- กลุ่มผู้มีส่วนได้เสียทางตรง แบ่งออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่

#### ระดับห้องถีน

- (1) หน่วยงานภาครัฐระดับห้องถีนในจังหวัดอุตรดิตถ์ที่มีภารกิจด้านการบริหารจัดการทรัพยากร บนพื้นที่แหล่งต้นน้ำในเขตตำบลแม่พูลตามกฎหมายที่ดินป่าไม้ ได้แก่ สำนักงาน ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดอุตรดิตถ์ สถานีพัฒนาที่ดินอุตรดิตถ์
- (2) หน่วยงานภาครัฐที่มีภารกิจปฏิบัติงานใกล้ชิดกับชุมชนในห้องถีน โดยเฉพาะการพัฒนาพื้นที่ เกษตรกรรมแบบสวนมีผลสมนาญาสูงชัน ได้แก่ สำนักงานเกษตรอำเภอแล
- (3) กลุ่มบุคคล/องค์กรห้องถีนที่อยู่ในพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับการกำหนดนโยบายการจัดการทรัพยากรน้ำและการใช้ที่ดินบนพื้นที่ต้นน้ำในเขตตำบลแม่พูล ได้แก่ ผู้บริหารและสมาชิกสมาคมคุณภาพบริหารส่วนตำบลแม่พูลและเทศบาลตำบลหัวดง
- (4) เกษตรกรและราษฎรที่ทำกินและอยู่อาศัยบริเวณพื้นที่ต้นน้ำของตำบลแม่พูล

#### ระดับส่วนกลาง

หน่วยงานภาครัฐที่มีภารกิจด้านดูแล รักษา และบริหารจัดการทรัพยากรในเขตที่ดินป่าไม้ตาม กฎหมาย ได้แก่ กรมป่าไม้ สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม สำนักแก้ไขปัญหาการบุกรุก ที่ดินของรัฐ และสำนักงานโฉนดชุมชน

- กลุ่มผู้มีส่วนได้เสียทางอ้อม ได้แก่

- (1) กลุ่มบุคคล/หน่วยงาน/องค์กร ที่มีความเกี่ยวข้องหรือให้การสนับสนุนกระบวนการดำเนินงาน ของโครงการวิจัยทั้งที่อยู่ในพื้นที่ศึกษาและนอกพื้นที่ศึกษา ได้แก่ มหาวิทยาลัยนเรศวร และ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
- (2) ชุมชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่นอกเขตตำบลแม่พูลภายในลุ่มน้ำแม่พร่อง-แม่พูล (พื้นที่ปลายน้ำ)
- (3) กลุ่มบุคคลระดับในระดับจังหวัดที่เกี่ยวข้องกับการอุปโภคด้านการกำหนดขอบเขตที่ดิน และจัดสรรที่ดินให้แก่ผู้ยากไร้ที่ไม่มีที่ทำกินและที่อยู่อาศัย ได้แก่ คณะกรรมการนโยบาย ที่ดินจังหวัดอุตรดิตถ์
- (4) หน่วยงานที่ส่งเสริมการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่ศึกษาและพื้นที่อื่นๆ ได้แก่ สำนัก คลประทานที่ 3 กรมชลประทาน

## 5.2 การใช้ที่ดินในปัจจุบันและระบบนิเวศหลักบริเวณพื้นที่แหล่งต้นน้ำของลำแม่พูด

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่างปี 2543 ถึงปี 2559 ในพื้นที่ตำบลแม่พูด พบว่า ในปัจจุบันพื้นที่ส่วนใหญ่ของตำบลแม่พูดเป็นสวนไม้ผลผสม โดยมีเนื้อที่ 68.09 ตารางกิโลเมตร ซึ่งมีเนื้อที่เพิ่มขึ้นจากปี 2543 เป็น 61.22 ตารางกิโลเมตร สำหรับพื้นที่ป่าธรรมชาติ มีเนื้อที่ 34.26 ตารางกิโลเมตร โดยมีเนื้อที่ลดลงจากปี 2543 ประมาณ 59.09 ตารางกิโลเมตร หรือมีอัตราลดลงปีละ 3.7 ตารางกิโลเมตร อย่างไรก็ตาม ในช่วงระหว่างปี 2550 ถึงปี 2555 และระหว่างปี 2555 ถึงปี 2559 มีอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ถึง 4.2 และ 6.7 ตาราง กิโลเมตรต่อปี หรือ 2,614.06 และ 4,201.25 ไร่ต่อปี ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าภายหลังจากการเกิดเหตุการณ์ดินโคลนถล่มในปี 2549 พื้นที่สวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรบนภูเขาสูงชันได้ถูกทำลายเป็นอย่างมาก จึงอาจทำให้เกษตรกรเข้าของสวนไม้ผลผสมมีความจำเป็นต้องหาพื้นที่ทำการหรือเปิดพื้นที่สวนแห่งใหม่ในพื้นป่าธรรมชาติ โดยเฉพาะบริเวณที่เป็นแหล่งต้นน้ำของลำแม่พูดที่มีความเปราะบางต่อสมดุลของธรรมชาติ นอกจากนี้ ยังพบว่าพื้นที่ป่าไม้ทุกประเภท โดยเฉพาะพื้นที่ป่าเบญจพรรณสมบูรณ์มีเนื้อที่ลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2543 จนถึงปัจจุบัน ขณะที่พื้นที่สวนไม้ผลผสมมีเนื้อที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ทั้งนี้ จากการสำรวจภาคสนาม ยังพบพื้นที่ป่าธรรมชาติที่ถูกบุกรุก ซึ่งกำลังถูกเตรียมการให้เป็นสวนแห่งใหม่อีกจำนวนมากและเป็นบริเวณกว้าง โดยเฉพาะบริเวณภูเขาและที่ลาดชันในเขตพื้นที่หมู่ 11 บ้านมหาราชน พื้นที่ป่าธรรมชาติถูกเปลี่ยนให้เป็นสวนทุเรียนเชิงเดี่ยวเป็นบริเวณกว้าง

## 5.3 โครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืชในระบบนิเวศแหล่งต้นน้ำของลำแม่พูด

### 5.3.1 การสำรวจโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืชในระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร

องค์ประกอบของชนิดพื้นธัญไม้ใหญ่ (Tree) สำรวจพบทั้งหมด 16 ชนิด 16 สกุล 12 วงศ์ มีค่าต้นน้ำ ความหลากหลายชนิด ( $H'$ ) ของไม้ใหญ่ เท่ากับ 1.37 สังคมพืชในสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรนี้มีพื้นที่หน้าตัดของไม้ใหญ่โดยรวม เท่ากับ 10.08 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ หรือ 1.61 ตารางเมตรต่อไร่ เมื่อประเมินความเด่นของชนิดไม้ในสังคมโดยใช้ค่าต้นน้ำความสำคัญ (IVI) พบร่วมกันที่มีค่าต้นน้ำความสำคัญสูงสุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ ลาสาราด ทุเรียน ยางแดง มังคุด และมะนาว มีค่าเท่ากับ 129.05, 93.42, 20.90, 11.90 และ 10.31 ตามลำดับ

### 5.3.2 การสำรวจโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืชในระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เกิดถินถล่ม

ภายหลังจากเหตุการณ์ดินโคลนถล่มในเดือนพฤษภาคม ปี 2549 สภาพสวนเกษตรที่เสียหายจากถินถล่มในปัจจุบันยังคงมีพรรณไม้ผลเศรษฐกิจบางส่วนที่ไม่ได้รับความเสียหาย ขณะที่กระบวนการทดแทนตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นหลังจากเหตุการณ์ดินถล่ม แสดงให้เห็นถึงการปกคลุมของไม้พื้นล่างทั่วบริเวณพื้นที่ โดยพื้นล่างของสวนเกษตรที่เกิดถินถล่มถูกปกคลุมด้วยพืชล้มลุกประเภทหญ้าและไม้เลื้อย เช่น ตองคง กลวยป่า รวมถึงพืชตระกูลถั่ว ขณะที่ไม่ยืนต้นที่ปราฏในพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นไม้เบิกนำของป่าดิบแล้ง (Dry evergreen forest) เช่น ตองແຕບ หรือ ปอหุซังใบเล็ก (*Macaranga denticulata*) มะเดื่อปล้องหิน และเต้าหลวง (*Macaranga gigantea* Muell.Arg.) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีไม้ผลเศรษฐกิจที่หลงเหลือจากการเกิดถินถล่มจำนวนมาก พอมีการ ได้แก่ ลาสาราด/ลองกอง ทุเรียน และมังคุด สำหรับองค์ประกอบของชนิดพื้นธัญพืชระดับไม้ใหญ่ ตรวจพบพรรณพืชทั้งหมด 28 ชนิด 24 สกุล 15 วงศ์ มีค่าต้นน้ำความหลากหลายชนิด ( $H'$ ) ของไม้ใหญ่ เท่ากับ 2.63 สังคมพืชบริเวณนี้มีขนาดพื้นที่หน้าตัดโดยรวม เท่ากับ 9.20 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ หรือ 1.47 ตารางเมตรต่อไร่ สำหรับความหนาแน่นของไม้ใหญ่ในสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เกิดถินถล่ม เท่ากับ 460.00 ต้นต่อเฮกตาร์ หรือ 73.60 ตันต่อไร่ เมื่อประเมินความเด่นของชนิดไม้ในสังคมโดยใช้ค่าต้นน้ำความสำคัญ (IVI) พบร่วมกันที่มีค่าต้นน้ำ

ความสำคัญสูงสุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ ต้องเห็น ทางลาด มีหัวด้าน ข้าวสารหลวง ทุเรียน และ มีค่าเท่ากับ 46.91 44.65 33.26 27.66 และ 24.61 ตามลำดับ

#### 5.4 ความล้มเหลวระหว่างคุณสมบัติดินและความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน

##### 5.4.1 คุณสมบัติดินของระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร

การวิเคราะห์ด้านโครงสร้างและสัมฐานวิทยาของชั้นหน้าตัดดินจนถึงความลึกของชั้นดินที่ 1.5 เมตร พร้อมทั้งศึกษาคุณสมบัติของดินด้านกายภาพ เคมี และอุทกวิทยา ในระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่ เกิดดินคล่มและไม่เกิดดินคล่ม ตามความลึกทั้งหมด 5 ระดับ ได้แก่ 0-10, 10-30, 30-60, 60-80, 80-110 และ มากกว่า 110 เซนติเมตร

สัมฐานวิทยาและโครงสร้างดินในสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินคล่ม โดยทั่วไปโครงสร้างชั้น O, A, AB, B1, B2 และ ดินชั้น C ขณะที่ในสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินคล่มนั้น ไม่มีดินชั้น O, A และ AB และเป็นดินชั้น B และ ชั้น C ทั้งหมด และสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินคล่มจะมีปริมาณของหินมากกว่าในแต่ละชั้นหน้าตัดดิน ซึ่งเป็นผลมาจากการได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์ดินคล่มในปี 2549 อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติดินจากการศึกษาชั้นหน้าตัดดินของทั้ง 2 สถานการณ์ ในด้านอื่นๆ มีความคล้ายคลึงกัน เช่น โครงสร้างดินเป็นแบบ Subangular blocky ความเหนียวของดิน ความเป็นพลาสติก และเนื้อดิน เป็นต้น สำหรับระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้มีลักษณะเช่นเดียวกับสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร ซึ่งในพื้นที่ไม่เกิดดินคล่มจะพบร่องน้ำที่เป็นดินมากกว่าพื้นที่ที่เกิดดินคล่ม อย่างไรก็ตามในพื้นที่เกิดดินคล่มของสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร และป่าเบญจพรรณผสมไม้มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่ดินคล่มสามารถพบชั้นที่เป็นหินได้ตั้งแต่ความลึกประมาณ 60 เซนติเมตร ขณะที่สวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินคล่มสามารถพบชั้นหินได้ลึกกว่า 150 เซนติเมตร เนื่องจากบริเวณของพื้นที่สวนไม้ผลสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินคล่ม อยู่บริเวณลาดดินตอนล่าง ซึ่งอาจได้รับผลกระทบจากการเกิดดินคล่ม หรือการชะล้างพังทลายในลาดดินตอนกลาง และเกิดการสะสมในบริเวณดังกล่าว ทั้งนี้ โดยทั่วไปในพื้นที่ศึกษาชั้นหน้าตัดดินจะมีลักษณะเดียวกัน คือ ในดินบนที่เป็นดินชั้น O, A และ AB จะมีลักษณะความเหนียว และความเป็นพลาสติกน้อยกว่าดินชั้นล่าง รวมถึงโครงสร้างของดินชั้นบนมีความแข็งแรงน้อยกว่าดินชั้นล่าง เนื่องจากองค์ประกอบดินจากการสำรวจภาคสนามในดินชั้นบนส่วนมากเนื้อดินมักจะเป็นดินร่วน หรือร่วนปนเหนียว ในขณะที่ดินชั้nl่างเป็นเนื้อดินเหนียว

คุณสมบัติดินโดยทั่วไปของระบบนิเวศสวนไม้ผลสมแบบวนเกษตร และป่าเบญจพรรณผสมไม้ ทั้งภายในได้สถานการณ์ปกติและสถานการณ์ที่เกิดดินคล่มมาแล้ว 9 ปี พบว่า เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นอนุภาคดินรายองค์ประกอบดินมีปริมาณของดินอยู่ในช่วงร้อยละ 38.06-58.60 ความหนาแน่นรวมเฉลี่ยเท่ากับ 1.37 กรัมต่อกรัมบากศักดินติเมตร มีความพรุนเฉลี่ย ร้อยละ 48.93 ความจุความชื้นสูงสุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 23.31 และความชื้นที่จุดเที่ยวน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 12.57 โดยสัดส่วนน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีค่าเฉลี่ย ร้อยละ 10.74 สำหรับ อัตราการซึมเข้าของดินทุกระดับชั้นภายในระบบนิเวศบริเวณแหล่งต้นน้ำที่ไม่เกิดดินคล่มอยู่ในช่วง 2.97-23.61 เซนติเมตรต่อชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.46 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินเท่ากับ 5.6 ปริมาณอินทรีย์ต่ำในดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 1.70 และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.72 เซนติโมลต่อกรัม

สำหรับการซึมน้ำผ่านผิวดิน (Infiltration process) เป็นกระบวนการทางอุทกวิทยาของดินที่เกิดขึ้นต่อเนื่องจากการสกัดกั่นน้ำฝนโดยเรือนยอดของต้นไม้ และจากพืชที่ผิวดิน โดยจะเกิดขึ้นทันทีที่หยดน้ำฝนสัมผัสกับผิวดิน ทั้งนี้ กระบวนการซึมน้ำผ่านผิวดินถือเป็นจุดเชื่อมโยงระหว่างกระบวนการทางอุทกวิทยาในส่วนที่เกี่ยวข้องกับพืชที่ปกคลุมพื้นผิวดินและกระบวนการทางอุทกวิทยาในส่วนที่อยู่บนผิวดิน ในชั้นดิน และใน

ส่วนที่อยู่ด้านล่างลงไปถึงชั้นหินได้ดิน ทั้งนี้ ภายใต้ระบบนิเวศบริเวณแหล่งต้นน้ำของพื้นที่ศึกษา พบว่า อัตราการซึมนำ้าผ่านผิวดินในส่วนที่ไม่อิ่มตัว (Infiltration rate) ที่ค่าแตกต่างกันในระบบนิเวศแต่ละประเภทเมื่อจำแนกตามความลึกของระดับชั้นดิน นอกจากนี้ยังพบว่าความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน (AWC) ค่าแตกต่างกันตามระดับชั้นความลึกดินในระบบนิเวศแต่ละประเภทเช่นกัน โดยสรุปได้ดังแสดงในตาราง 5.1

ตาราง 5.1 ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินและการซึมนำ้าผ่านผิวดินในระบบนิเวศบริเวณแหล่งต้นน้ำ

ระดับความลึก (เซนติเมตร)	AWC (%)				Infiltration rate (mm/h)			
	FN	FS	BN	BS	FN	FS	BN	BS
0-10 cm	7.87 ABC	9.66 ABC	19.26 a	15.54 Ab	7.0	99.0	74.7	56.0
10-30 cm	5.98 Bb	8.66 Bab	12.65 a	10.91 Bab	56.5	120.3	126.3	100.8
30-60 cm	8.67 A	12.65 Ac	12.34	9.38 B	136.6	120.7	103.8	63.5
60-80 cm	6.99 ABC	9.41 Bb	15.59 a	7.99 Bbc	214.3	121.9	214.7	88.5
80-110 cm	5.51 Bc	10.77 ABb	16.39 a	9.50 Bb	99.7	200.9	265.5	211.6
>110 cm	6.88 ABB	9.30 Bb	17.50 a	8.46 Bb	97.2	176.2	229.8	115.0

หมายเหตุ : อัักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน หมายถึง ความสามารถต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของคุณสมบัติดินเมื่อเปรียบเทียบแต่ละระดับความลึกดินภายใต้ระบบนิเวศเดียวกัน ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p<0.05$ ) และอัักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน หมายถึง ความสามารถต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของคุณสมบัติดินในระดับชั้นดินเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบแต่ละระบบนิเวศ ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p<0.05$ ); FN : สวนไม้ผลผสมแบบบวนเกษตร, FS : สวนไม้ผลผสมแบบบวนเกษตรที่เกิดดินคล่ม, BN : ป่าเบญจพรรณผสมไม้, BS : ป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่เกิดดินถล่ม

ผลการศึกษาแสดงถึงความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินภายใต้ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้มีสูงกว่าระบบนิเวศประเภทอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกระดับชั้นความลึกของดิน ยกเว้นดินในระดับความลึกชั่ง 30-60 เซนติเมตร ที่มีความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินใกล้เคียงกับระบบนิเวศประเภทอื่น ขณะที่ดินชั้นล่างของระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้มีอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินที่ค่อนข้างสูงกว่าระบบนิเวศอื่น โดยทั่วไปชั้นดินภายใต้ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้มีปริมาณอินทรีย์ต่ำๆและรากพืชที่กำลังย่อยสลายสะสมอยู่ในชั้นดินค่อนข้างมากกว่าระบบนิเวศประเภทอื่น ซึ่งจะส่งเสริมให้เกิดการตัวกันเป็นเม็ดดินทำให้เกิดการหัก殿下ของช่องว่างขนาดใหญ่ในดิน จึงทำให้มีอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินค่อนข้างสูงกว่าระบบนิเวศประเภทอื่น

#### 5.4.2 ความสามารถรักษาระหว่างคุณสมบัติดินและความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน

สำหรับคุณสมบัติดินที่มีความสามารถสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินในเชิงปริมาณ (Soil available water capacity : AWC) ภายใต้ระบบนิเวศทุกประเภทในบริเวณแหล่งต้นน้ำของพื้นที่ตำบลแม่พูล พบว่า ตัวแปรคุณสมบัติดินที่มีความสามารถสัมพันธ์ในเชิงบางอย่างมีนัยสำคัญกับความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินได้แก่ อินทรีย์ต่ำๆ ความเป็นกรด-ด่าง องค์ประกอบดินส่วนที่เป็นอากาศ อัตราการซึมน้ำ ปริมาณอนุภาคดินทรายขณะที่ ความชื้น ณ จุดเที่ยวถ่วง และปริมาณอนุภาคดินทราย มีความสามารถสัมพันธ์ในเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้ หากวิเคราะห์ความสามารถสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติดินและความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินโดยจำแนกตามระบบนิเวศ พบว่า ภายใต้ระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินคล่ม ความจุความชื้นสูง (FC) เป็นตัวแปรเพียงตัวเดียวที่มีความสามารถสัมพันธ์เชิงบางอย่างมีนัยสำคัญกับ AWC อย่างไรก็ตาม พบว่า FC ที่มีความสามารถสัมพันธ์เชิงบางกับปริมาณอนุภาคดินเหนียว สำหรับกรณีสวนไม้ผลผสมที่เกิดดินคล่ม พบว่า ความชื้น ณ จุดเที่ยวถ่วง (PWP) เป็นตัวแปรเพียงตัวเดียวที่มีความสามารถสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญกับ AWC อย่างไรก็ตาม ค่า AWC เป็นผลจากส่วนต่างของ FC และ PWP โดยเป็นตัวแปรคุณสมบัติดินที่สำคัญในการบ่งชี้ถึงความสามารถในการ

เชิงปริมาณที่กักเก็บน้ำไว้ในดิน ซึ่งเป็นน้ำในส่วนที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ทั้งนี้ ค่า PWP ของดินภายใต้ สวนไม้ผลผสมที่เกิดดินกลม มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับ ค่า FC และ ปริมาณอนุภาคดินทราย นอกจากนี้ ความ หนาแน่นรวมเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญกับ ค่า FC ของดินในสวนไม้ผลผสมที่เกิดดินกลม

สำหรับระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมໄ่ พบร้า คุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับ ค่า AWC ของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ จุดเที่ยวตัวร แล้ว องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ ในกรณีระบบนิเวศป่าเบญจ พรรณผสมໄ่ที่เกิดดินกลม พบร้า ค่า FC องค์ประกอบส่วนที่เป็นอากาศ ความพรุนของดิน ปริมาณอนุภาคดิน ทรายเบ็ง และ ปริมาณอินทรีวัตถุในดิน เป็นคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับ ค่า AWC ขณะที่ ความ หนาแน่นรวม องค์ประกอบส่วนที่เป็นของแข็ง และค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็นคุณสมบัติดินที่มีความสัมพันธ์ในเชิง ลบกับ ค่า AWC โดยสามารถสรุปได้ดังตาราง 5.2

ตาราง 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติดินและความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน (AWC)

ประเภทระบบนิเวศ	ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติดินและ AWC <sup>a</sup>	
	เชิงบวก	เชิงลบ
สวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร	- ความชุกความชื้นสนาม	-
สวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินกลม	-	- ความชื้น ณ จุดเที่ยวตัวร - ปริมาณรากรพืช (Vertical photographs) <sup>b</sup>
ป่าเบญจพรรณผสมໄ่	- ปริมาณรากรพืช (Vertical photographs) <sup>b</sup>	- ความชื้น ณ จุดเที่ยวตัวร - องค์ประกอบส่วนที่เป็นน้ำ - ปริมาณทิน (Vertical photographs) <sup>b</sup>
ป่าเบญจพรรณผสมໄ่ที่เกิดดินกลม	- ความชุกความชื้นสนาม - ความพรุนของดิน - ปริมาณอนุภาคดินทรายเบ็ง - ปริมาณอินทรีวัตถุในดิน - องค์ประกอบส่วนที่เป็นอากาศ	- ความหนาแน่นรวม - องค์ประกอบส่วนที่เป็นของแข็ง - ค่าความเป็นกรด-ด่าง

<sup>a</sup>Pearson correlation มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95; <sup>b</sup> ข้างจาก Poesen and Lavee (1994)

## เอกสารอ้างอิง

- จรัณธร บุญญาภูภาค และประสีทธิ์ ทองเล่ม. 2556. การประเมินศักยภาพที่ดินและแนวทางการจัดรูปที่ดินเพื่อกำหนดเขตเกษตรเศรษฐกิจและพื้นที่คุ้มครองบริเวณแหล่งต้นน้ำบนพื้นที่ภูเขาสูงชัน. แผนงานสร้างเสริมนโยบายสาธารณะที่ดี (นสธ.). สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.)
- จรัณธร บุญญาภูภาค ประสีทธิ์ ทองเล่ม และ สุเมธ อุดลวิทย์. 2554. ระบบบัญชีทรัพยากรที่ดินเพื่อกำหนดเบตการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านเกษตรกรรม: กรณีศึกษาในพื้นที่เกษตรกรรมที่ได้รับความเสียหายจากดินถล่มและการทับถมของตะกอนโคลนในอำเภอถลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 144 หน้า.
- จรัณธร บุญญาภูภาค และ สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ. 2553. การวิเคราะห์ความเหมาะสมของพื้นที่ดินด้วยระบบเทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับพื้นที่การเกษตรที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดแผ่นดินถล่ม. เครือข่ายการวิจัยภาคเหนือตอนล่าง, 66 หน้า.
- จรัณธร บุญญาภูภาค และ เสวีน เปรมประสีทธิ์. 2552. การประเมินความเปราะบางของพื้นที่ ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมทางการเกษตร และแนวทางการพื้นฟูและการป้องกันพื้นที่เกิดแผ่นดินถล่ม. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 156 หน้า.
- เฉลิมพล แซมเพชร. 2535. สรีวิทยาการผลิตพืชไร่. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 188 หน้า.
- วิชา นิยม และ กิติชัย รัตนะ. 2547. การบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเชิงบูรณาการ. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 289 หน้า.
- สถานีพัฒนาที่ดินอุตรดิตถ์. 2550. สรุปผลการดำเนินงาน การพื้นฟูพื้นที่การเกษตรที่ได้รับความเสียหาย เนื่องจากอุทกภัยและดินถล่ม จังหวัดอุตรดิตถ์ ปี พศ. 2549
- สมเจตน์ จันทวัฒน์. 2526. การอนุรักษ์ดินและน้ำ เล่มที่ 2. ภาควิชาปฐพีวิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 654 หน้า
- สมบูรณ์ มั่นความดี. 2546. ความสัมพันธ์ระหว่าง ดิน น้ำ พืช. สำนักวิจัยและพัฒนา. สืบคันจาก [http://www.vijai-rid.com/relation\\_soil\\_water\\_plant.pdf](http://www.vijai-rid.com/relation_soil_water_plant.pdf)
- สุนทรี ยิ่งชชวาลย์. 2536. บทปฏิบัติการปฐพีวิทยานุสuan. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม. 113 หน้า.
- สุนทรี อัครธนากุล. 2529. หลักการปฐพีฟิสิกส์. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม. 198 หน้า.
- Boonyanuphap, J. 2013. Cost-benefit analysis of vetiver system-based rehabilitation measures for landslide-damaged mountainous agricultural lands in the lower Northern Thailand. Natural Hazards, 69 (1): 599-629.
- Kershaw, K.A. 1964. Quantitative and Dynamic Ecology. Edward Arnold. London, p.
- Mueller-Dombois, D. and Ellenberg, H. 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology John Wiley and Sons. New York.
- Richards, P.W. 1957. The Tropical Rain Forest. Cambridge Univ. Press, London.
- Songwatana, C. 1984. Water balance of various land use pattern at Sakaerat Environmental Research Station, Nakhonratchasima. Thesis, Kasetsart University.
- Wilson, J.P., Gallant, J.C. 2000. Terrain analysis: principles and applications, Wiley, New York

ประวัติศาสตร์วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นาย จรัณ บุญญาณุภาพ  
(ภาษาอังกฤษ) Mr. Jaruntorn Boonyanuphap  
หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 4 5399 000018 25 4  
ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์  
สถานที่ติดต่อ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม  
มหาวิทยาลัยนเรศวร เลขที่ 99 หมู่ที่ 9 ถนน พิษณุโลก  
ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก รหัสไปรษณีย์ 65000  
โทรศัพท์ 055962732 โทรสาร 055962750  
โทรศัพท์เคลื่อนที่ 0896641190 E-mail charuntorn@ku.ac.th

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา	คุณวุฒิ	สถาบันการศึกษา
2549	Ph.D. (Soil environmental science)	Ehime University, Japan
2544	M.Sc. (Information Technology for Natural Resources Management)	Bogor Agricultural University, Indonesia
2541	วท.ม. (วนศาสตร์)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2537	วท.บ. (วนศาสตร์)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## ประสูตรการนำร่อง (ในทำเนียบหัวหน้าโครงการ)

ปีงบประมาณ	โครงการ	แหล่งทุน	สถานการณ์ดำเนินงาน
2555	การเปลี่ยนแปลงของวิถีเกษตรกรรมและผลกระทบของสารพิษที่มีต่อความหลากหลายทางชีวภาพบนพื้นที่ต้นน้ำน่าน	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)	ปิดโครงการ
2554	การประเมินศักยภาพที่ดินและแนวทางการจัดรูปที่ดินเพื่อกำหนดเขตเกษตรเศรษฐกิจและพื้นที่คุ้มครองบริเวณแหล่งต้นน้ำบนพื้นที่ภูเขาสูงขึ้น	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.)	เสร็จสิ้นแล้ว
2553	Cost-Benefit Analysis of Landslide Rehabilitation Measure: A Case Study of the Mountainous Agricultural Area	Economy and Environment Program for Southeast Asia (EEPSEA)	ปิดโครงการ
2553	การบูรณาการวิธีทางพีชพรณและการมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่นเพื่อการพัฒนาพุทธพยากรณ์ที่ดินในพื้นที่เกษตรกรรมที่ได้รับความเสียหายจากดินถล่ม	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (ทุนวิจัยนวมินทร์)	ปิดโครงการ
2553	การพัฒนาระบบฐานข้อมูลและระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดการและการใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน	มหาวิทยาลัยนเรศวร (งบประมาณแผ่นดิน)	ปิดโครงการ
2552	ระบบบัญชีทรัพยากรที่ดินเพื่อการกำหนดเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านเกษตรกรรม	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)	ปิดโครงการ

ประสบการณ์การทำวิจัย (ในทำเนียบทั่วหน้าโครงการ)

ปีงบประมาณ	โครงการ	แหล่งทุน	สถานการณ์ดำเนินงาน
2552	กระบวนการกำหนดนโยบายสาธารณะด้านการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติในระดับชุมชน บนฐานของการใช้ระบบฐานข้อมูลแบบมีส่วนร่วมของประชาชน	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.)	ปิดโครงการ
2552	การติดตามการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศการเกษตรในระยะยาว และการประเมินผลกระทบของแผ่นดินถล่มต่อระบบนิเวศการเกษตร ในพื้นที่ อำเภอสับแล จังหวัดอุตรดิตถ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร (งบประมาณแผ่นดิน)	ปิดโครงการ
2552	การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์เพื่อคัดเลือกชนิดพืชพันธุ์พืชทางเลือกทดแทนที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่เกษตรกรรมบนเขารูสูงชันและพื้นราบ	เครือข่ายการวิจัยภาคเหนือ ตอนล่าง ปี พ.ศ. 2552	ปิดโครงการ
2551	การวิเคราะห์ความเหมาะสมของที่ดินด้วยระบบเทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) สำหรับพื้นที่การเกษตรที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดแผ่นดินถล่ม ในพื้นที่ อำเภอสับแล จังหวัดอุตรดิตถ์	เครือข่ายการวิจัยภาคเหนือ ตอนล่าง ปี พ.ศ. 2551	ปิดโครงการ
2551	การประเมินผลผลิตทางดินในระยะยาวและการสูญเสียการกักเก็บธาตุอาหารจากผลกระทบของการใช้สารเคมีปราบวชช์พืชและการถางเพาแบบเข้มข้นในระบบการเพาะปลูกบนที่ดอนในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย	มหาวิทยาลัยนเรศวร (งบประมาณแผ่นดิน)	ปิดโครงการ
2550	การประเมินความเปราะบางของพื้นที่ ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมทางการเกษตร และแนวทางการฟื้นฟูและการป้องกันพื้นที่เกิดแผ่นดินถล่ม อำเภอสับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ (ภายใต้ยุทธศาสตร์งานวิจัยด้านการพยากรณ์ป้องกันและแก้ไขปัญหาภัยพิบัติเกี่ยวกับน้ำ)	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (ยุทธศาสตร์งานวิจัยด้านการพยากรณ์ป้องกันและแก้ไขปัญหาภัยพิบัติเกี่ยวกับน้ำ)	ปิดโครงการ
2550	การประเมินความสมดุลของธาตุอาหารในดินภายใต้ระบบการเกษตรไร้เลื่อนลอยแบบเข้มข้นบนที่ดอน บริเวณภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย	งบประมาณรายได้คณะเกษตรศาสตร์ฯ ม.นเรศวร	ปิดโครงการ
2546	แบบจำลองพื้นที่ป่าไม้ที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุก บริเวณอุทยานแห่งชาติทุ่งแสงหลวง	งบประมาณรายได้คณะเกษตรศาสตร์ฯ ม.นเรศวร	ปิดโครงการ

## สาขาวิชาที่เขี่ยวชาญ

- การใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ เพื่อวางแผนการจัดการและพื้นที่ทรัพยากรธรรมชาติ
- การวางแผนการใช้ที่ดิน และการแก้ไขปัญหาที่ดินของรัฐ
- แนวทางการแก้ไขปัญหาการใช้ประโยชน์และการถือครองที่ดินในพื้นที่ส่วนคุ้มครองของรัฐบริเวณแหล่งต้นน้ำ
- การจัดทำระบบบัญชีทรัพยากรที่ดินเพื่อกำหนดเขตการใช้ที่ดินที่เหมาะสมในพื้นที่เข้าสูงชัน
- ความหลากหลายทางชีวภาพและนิเวศวิทยาของเห็ดป่าในอุทยานแห่งชาติทุ่งแสงหลวง
- การสร้างกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนห้องดินในการใช้ประโยชน์ที่ชุมชนไฟแรงเพื่อเพียงพอและพึ่งตนเอง เพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรพืชสมุนไพรในพื้นที่ป่าอนุรักษ์
- การกำหนดนโยบายสาธารณะด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติในระดับชุมชน
- การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของมาตรการพื้นฟูทรัพยากรที่ดิน: กรณีศึกษาในพื้นที่เกษตรกรรมบนภูเขาสูงชัน
- การประเมินผลผลิตของดินในระบบเกษตรกรรมบนที่ดอนในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง
- การติดตามตรวจสอบสถานภาพของราดูกาหารในดินในระบบไร่หมุนเวียน

## ภาระงานในปัจจุบัน

### ผลงานวิจัย

#### ก. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติ

- จรัณธร บุญญาณุภาพ และ กัญจน์ชญา เมี้ยส์ว. 2557. การประเมินศักยภาพที่ดินเพื่อกำหนดเขตการพัฒนาห้องถินอย่างยั่งยืนโดยใช้การตัดสินใจแบบกลุ่มด้วยเทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์. วารสารแก่นเกษตร ปีที่ 42 ฉบับที่ 4. หน้า 491-508.
- กัญจน์ชญา เมี้ยส์ และ จรัณธร บุญญาณุภาพ. 2557. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง สาเหตุ และผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำสาขาน้ำสมุนตอนล่าง จังหวัดน่าน. วารสารวิชาศาสตร์. ปีที่ 33 ฉบับที่ 2. หน้า 129-145.
- ณัฐธชย นุชชม และ จรัณธร บุญญาณุภาพ. 2554. การประเมินศักยภาพด้านการผลิตของสมุนไพรเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนในวนอุทยานเขาหลวง จังหวัดนราธิวาสและจังหวัดอุทัยธานี. วารสารวิชาศาสตร์. ปีที่ 30 ฉบับที่ 1. หน้า 1-13.
- จรัณธร บุญญาณุภาพ. 2551. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับการจัดการภัยพิบัติจากแผ่นดินถล่มในประเทศไทย. วารสารเกษตรนเรศวร. ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 หน้า 1-10.
- สุกลักษณ์ จันทรสมบติ, จรัณธร บุญญาณุภาพ, และ ชญา ณรงค์ฤทธิ์. 2548. การพยากรณ์ความต้องการน้ำประปาในพื้นที่เทศบาลนครพิษณุโลกโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. วารสารสมาคมการสำรวจและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย. ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 หน้า 1-14
- Boonyanuphap, J. 2005. Spatial Model for Determining Risk Area of Deforestation. Suranaree Journal of Science and Technology, Vol 12 (2): 145-159.
- จรัณธร บุญญาณุภาพ และ เดช วัฒนชัยยิ่งเจริญ. 2546. การกำหนดระดับความเหมาะสมของพื้นที่เพื่อการปลูกกล้วยน้ำว้าโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. วารสารวิชาการเกษตร. ปีที่ 21 ฉบับที่ 3 หน้า 210-225.

### ข. ผลงานวิจัยที่พิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ

- Boonyanuphap, J. 2013. Cost-benefit analysis of vetiver system-based rehabilitation measures for landslide-damaged mountainous agricultural lands in the lower Northern Thailand. *Natural Hazards*. 69 (1): 599-629.
- Boonyanuphap, J. and C. Hansawasdi1. 2011. Spatial Distribution of Beta Glucan Containing Wild Mushroom Communities in Subtropical Dry Forest, Thailand. *Fungal Diversity*, (46): 29-42.
- Jaiboon1, V., Boonyanuphap, J. Suwansri1, S., Ratanatraiwong1, P. and C. Hansawasdi1. 2011. Alpha amylase inhibition and roasting time of local vegetables and herbs prepared for diabetes risk reduction chili paste. *As. J. Food Ag-Ind*, 3 (1): 1-12.
- Boonyanuphap, J., Sakurai, K. and Tanaka, S. 2007. Soil nutrient status under upland farming practice in the Lower Northern Thailand. *Tropics*. 16 (3): 215-232.
- Boonyanuphap, J., Sakurai, K. and Tanaka, S. 2006. Ultisols under upland farming practices in Lower Northern Thailand with special reference to long-term productivity. *Pedologist*. 50 (3) : 68-80.
- Sakurai K., Okabayashi Y., Tanaka S., Watanabe E, Boonyanuphap J. and Nouanthasing L. 2005. Can Shifting Cultivation on Acid Soils in the Southeast Asia Be Sustainable in the Future? A Case Study in Northern Laos. *Soil Sci. Plant Nutr.* 51 (5): 767-770.
- Boonyanuphap, J., Wattanachaiyingcharoen, D., and Sakurai, K. 2004. GIS-Based Land Suitability assessment for Musa (ABB group) plantation. *Journal of Applied Horticulture*, 6 (1): 3-10.
- Boonyanuphap, J., G.F. Suratmo, Surati Jaya, F. Amhar. 2002 . GIS-Based Method in Developing Wildfire Risk Model (Case Study in SASAMBA, East KALIMANTAN, Indonesia). *Tropical Forest Management Journal*. 7 (2): 33-45.

### ค. ผลงานอื่นๆ เช่น ตำรา บทความ สิทธิบัตร ฯลฯ

- จรัณธร บุญญาภูพ. 2557. หลักการรับรู้จากการระยะไกล ด้านนิเวศวิทยาพืชพรรณและการอนุรักษ์. โอดีเยนส์โตร์: กรุงเทพฯ. 548 หน้า. ISBN : 9786165382038

### ง. รางวัลผลงานวิจัยที่เคยได้รับ

- 29 กรกฎาคม 2555 ได้เกียรติบัตรประจำปี พ.ศ.2555 ประเภทบุคลากรดีเด่น (สาขาวิชาการ), มหาวิทยาลัยนเรศวร
- 20 กันยายน 2554 ได้รับพระราชทานโล่ประกาศเกียรติคุณและเกียรติบัตร รางวัล Certificates of Excellence for The King of Thailand Vetiver Awards 2011 จากสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ด้านงานวิจัยหญ้าแฝกดีเด่น (Outstanding Vetiver Research) ในประเภท ผลงานวิจัยนอกภาคเกษตรกรรม (Non agricultural Application) Certificates of Excellence for The King of Thailand Vetiver Awards จัดโดย สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (สำนักงาน กปร.)

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาว วนิษยา ปันศักดิ์  
 (ภาษาอังกฤษ) Miss Wanwisa Pansak  
 หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3 6501 00022 27 7  
 ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์  
 สถานที่ติดต่อ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม  
 มหาวิทยาลัยนเรศวร เลขที่ 99 หมู่ที่ 9 ถนน พิษณุโลก  
 ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก รหัสไปรษณีย์ 65000  
 โทรศัพท์ 055-962724 โทรสาร 055962704  
 โทรศัพท์เคลื่อนที่ 08-1534-6644 E-mail wpunsak@yahoo.com and wanwisapa@nu.ac.th

#### ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา	คณวุฒิ	สถาบันการศึกษา
2548	วิทยาศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรม เกษตร)	มหาวิทยาลัยนเรศวร
2552	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม)	มหาวิทยาลัยนเรศวร
2556	Doctor of Dr. (Agricultural Science)	Hohenheim University, Germany

#### สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

- Carbon isotope discrimination with stable isotope analysis (Mass Spectroscopy)
- Modelling tree-soil-crop interactions and Design and working in field experiment of soil and water conservation t

#### ประสบการณ์การที่วิจัย (ในตำแหน่งหัวหน้าโครงการ)

ปีงบประมาณ	โครงการ	แหล่งทุน	สถานะการดำเนินงาน
2556-2558	ผลกระทบของการเปลี่ยนพื้นที่ปลูกพืชไร่ เป็นพื้นที่ปลูกยางพาราบนพื้นที่ลาดชันใน พื้นที่ลุ่มน้ำน่าน	สำนักงานกองทุน สนับสนุนการวิจัย (สกว.)	กำลังดำเนินการ

#### หนังสือ

W. Pansak. 2009. Soil Conservation, Erosion and Nitrogen Dynamics in Hillside Maize Cropping in Northeast Thailand. Cuvillier, Germany. 122 p.

Hilger, T., Keil, K., Lippe, M., Panomtaranichagul, M., Saint-Macary, C., Zeller, M., Pansak, W., Dinh, T. V., and Cadisch, G. 2013. Soil Conservation on Sloping Land: Technical Options and Adoption Constraints. In: Fröhlich, L. H., Schreinemachers, P., Stahr, K., Clemens, G (Eds), ustable Land Use and Rural Development in Southeast Asia: Innovations and Policies for Mountainous Areas. Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 230-279

### ผลงานตีพิมพ์

วันวิชาชีว์ ปั้นศักดิ์ และ เสรียน เปรมประสิทธิ์. การผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้จากโรงงานเบ็ดมน้ำสำปะหลัง. เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 40 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขา วิทยาศาสตร์ สาขาระจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม 4-7 กุมภาพันธ์ 2545, หน้า 307-316

W. Pansak, T. Kongkaew, G. Cadisch, and T. H. Hilger, "Nitrogen losses in hillside cropping systems of Northeast Thailand as affected by soil conservation measures", Proceedings of the 14th N Workshop, October 2005, Maastricht, the Netherlands, pp. 237-240.

W. Pansak, T. Kongkaew, T. H. Hilger, and G. Cadisch, "Nitrogen losses by erosion and leaching in hillside cropping systems of Northeast Thailand as affected by soil conservation measures: A case study", Proceedings of Tropentag 2005.

W. Pansak, T. Kongkaew, T. H. Hilger, G. Dercon, and G. Cadisch, "Spatial variability of crop growth as affected by contour hedgerow systems", Proceedings of Tropentag 2006.

W. Pansak, T. H. Hilger, M. Lippe, T. Kongkaew, and G. Cadisch, "Assessing alternative conservation strategies on a hillside cropping system of Northeast Thailand by Using WaNuLCAS", Proceedings of International Symposium: Interdependencies between Upland and Lowland Agriculture and Resource Management, Stuttgart, Germany, pp. 83-84.

W. Pansak, G. Dercon, T. H. Hilger, T. Kongkaew, and G. Cadisch, "13C isotopic discrimination: A starting point for new insights in competition for nitrogen and water under contour hedgerow systems in tropical mountainous regions", Plant and Soil 298 (2007) 175-189.

W. Pansak, T. H. Hilger, G. Dercon, T. Kongkaew, and G. Cadisch, "Changes in the relationship between soil erosion and N loss pathways after establishing soil conservation systems in uplands of Northeast Thailand", Agriculture, Ecosystems & Environment 128 (2008) 167-176.

W. Pansak, T. H. Hilger, B. Lusiana, C. Marohn, T. Kongkaew, and G. Cadisch, Assessing soil conservation strategies for upland cropping in Northeast Thailand with the Water Nutrient Light Capture in Agroforestry System model, Agroforestry Systems Journal: 79 (2010) 123-144.

W. Pansak, T. H. Hilger, G. Dercon, T. Kongkaew, and G. Cadisch, Soil Conservation and Nitrogen Dynamics in Hillside Maize Cropping in tropical mountainous regions, Soils Newsletter 31 (2009) 6-8. <http://www-naweb.iaea.org/nafa/swmn/public/snl-31-2.pdf>

วันวิสาข์ บั้นศักดิ์ และ วิภา ห้อมหลวง. การประเมินความสัมพันธ์และประสิทธิภาพของปัจจัยการผลิตต่อผลผลิตข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลกโดยแบบจำลองทางการเกษตร. รายงานการประชุมการสัมมนาวิชาการกลุ่มศูนย์วิจัยข้าว ภาคเหนือตอนบนและภาคเหนือตอนล่างประจำปี 2556.  
วันที่ 26-27 มีนาคม 2556 ณ โรงแรมดิเอมเพรส อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่.

