

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ช
สารบัญตาราง	ฐ
สารบัญรูปภาพ	ด
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสาร	4
2.1 ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	4
2.2 การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรดินทั่วไปในประเทศไทย	8
2.3 ปัญหาและผลกระทบจากระบบการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรในปัจจุบัน	11
2.4 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางฟิสิกส์และอุทกวิทยาของดินภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ	12
บทที่ 3 วิธีการศึกษาและทดลอง	27
3.1 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	27
3.2 การสำรวจและกำหนดพื้นที่ศึกษา	27
3.3 อุปกรณ์และวิธีการศึกษา	30
บทที่ 4 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางฟิสิกส์และอุทกวิทยาของดินบางประการ	38
4.1 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน	38
4.2 คุณสมบัติทางอุทกวิทยาของดินบางประการ	56
4.3 ปริมาณการกักเก็บน้ำของดินและการกระจายของปริมาณความชื้นของดินในช่วงความลึก 1 เมตร	62

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All Rights Reserved

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 ผลการประเมินความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน ความชื้นดิน และสัมประสิทธิ์การซึมน้ำในดินโดยใช้รูปแบบจำลอง	68
5.1 ผลการศึกษาความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน	68
5.2 ระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน	73
5.3 ผลการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้น และปริมาณความชื้นในดิน โดยใช้รูปแบบจำลอง Hydrus-1D การวัดโดยตรงในภาคสนามและในห้องปฏิบัติการ	75
5.4 ผลการประเมินสัมประสิทธิ์การซึมน้ำภายในดิน (K_0) โดยใช้แบบจำลอง Marshall เปรียบเทียบกับแบบจำลอง Hydrus-1D	81
5.5 ผลการทดสอบทางสถิติในการเปรียบเทียบค่าความชื้นดิน (θ) จาก SWC ที่วัดได้ในภาคสนาม ห้องปฏิบัติการ และประเมินได้จากแบบจำลอง Hydrus-1D และการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การซึมน้ำภายในดิน (K_0) ที่ประเมินจากรูปแบบจำลอง	84
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษา ข้อเสนอแนะและแนวทางแก้ไขปัญหา	87
บรรณานุกรม	90
ภาคผนวก	93
ภาคผนวก ก. ตารางสรุปค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าการกระจายมาตรฐาน (Standard Deviation) ของคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน ที่ช่วงความลึก 0 – 40 ซม. ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดิน ประเภทต่างๆ หมู่บ้านบ่อไคร้ อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน	94
ภาคผนวก ข. ค่าผันแปรเฉลี่ย (Mean) และค่าการกระจายมาตรฐาน (Standard Deviation) ของค่าความหนาแน่นอนุภาค ($PD, Mg\ m^{-3}$) ในช่วงความลึก 0 – 40 ซม.ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ระหว่างวันที่ 12 เมษายน 2547 ถึงวันที่ 17 พฤศจิกายน 2548	97

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ค.	97
ค่าผันแปรเฉลี่ย (Mean) และการกระจายมาตรฐาน (Standard Deviation) ของความพรุนทั้งหมดของดิน (TP, $m^3/100m^3$) ในช่วงความลึก 0 – 40 ซม.ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ระหว่างวันที่ 12 เมษายน 2547 ถึงวันที่ 17 พฤศจิกายน 2548	
ภาคผนวก ง.	98
ค่าเฉลี่ยของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและแรงดึงความชื้นของดิน (Soil Water Characteristics, SWC; $m^3/100m^3$) ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ในระบบเกษตรน้ำฝนในช่วงความลึก 0 – 20, 20 – 40, 40 – 60, 60 – 80 และ 80 – 100 ซม. ที่หมู่บ้านบ่อไคร้ อำเภอบางมะฝ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน	
ภาคผนวก จ.	99
แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้น (h_c , cm) และปริมาณความชื้น (θ , $m^3 m^{-3}$) (Soil Water Characteristics, SWC) ที่วัดได้ในภาคสนามโดยใช้ Tensiometers และ TDR Probes วัดแรงดึงความชื้นและปริมาณความชื้นตามลำดับ ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบสวนมะม่วง หมู่บ้านบ่อไคร้ อำเภอบางมะฝ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน	
ภาคผนวก ฉ.	100
แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้น (h_c , cm) และปริมาณความชื้น (θ , $m^3 m^{-3}$) (Soil Water Characteristics, SWC) ที่วัดจากห้องปฏิบัติการภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบสวนมะม่วง หมู่บ้านบ่อไคร้ อำเภอบางมะฝ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน	
ภาคผนวก ช.	101
แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้น (h_c , cm) และปริมาณความชื้น (θ , $m^3 m^{-3}$) (Soil Water Characteristics, SWC) ที่ได้จากการประเมินจากแบบจำลอง Hydrus-1D ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบสวนมะม่วง หมู่บ้านบ่อไคร้ อำเภอบางมะฝ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน	

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ซ. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้น (h_t , cm) และปริมาณความชื้น (θ , $m^3 m^{-3}$) (Soil Water Characteristics, SWC) ที่วัดจากแปลงทดลองโดยใช้ Tensiometers และ TDR Probes วัดแรงดึงความชื้นและปริมาณความชื้นตามลำดับ ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบไร่ข้าวโพด หมู่บ้านบ่อไคร้ อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน	102
ภาคผนวก ฉ. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้น (h_t , cm) และปริมาณความชื้น (θ , $m^3 m^{-3}$) (Soil Water Characteristics, SWC) ที่วัดจากห้องปฏิบัติการภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบไร่ข้าวโพด หมู่บ้านบ่อไคร้ อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน	103
ภาคผนวก ช. แสดงค่าแรงดึงความชื้น (h_t , cm) และปริมาณความชื้น (θ , $m^3 m^{-3}$) (Soil Water Characteristics, SWC) ที่ได้จากการประเมินจากแบบจำลอง Hydrus-1D ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบไร่ข้าวโพด หมู่บ้านบ่อไคร้ อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน	104
ประวัติผู้เขียน	105

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1	แสดงการเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ในประเทศไทย 8
ตารางที่ 2.2	แสดงการกำหนดระบบการใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่สูงตามลักษณะความลาดชันของพื้นที่ 10
ตารางที่ 2.3	แสดงค่าความคงทนของเม็ดดินเป็นร้อยละของเม็ดดินแห้งภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ 18
ตารางที่ 2.4	ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การซึมน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturated Hydraulic Conductivity, K_s) ในห้องปฏิบัติการของตัวอย่างดินจากหมู่บ้านขุนแม่วาก ในเขตอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ 21
ตารางที่ 3.1	แสดงช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางฟิสิกส์และอุทกวิทยาของดิน การประเมินความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน และการทดสอบแบบจำลอง Hydrus-1D ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ หมู่บ้านบ่อไคร้ อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน 31
ตารางที่ 4.1	แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าการกระจายมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยรวมตลอดช่วงที่ทำการศึกษของคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินในช่วงความลึก 0 – 20, 20 – 40 และ 0 – 40 ซม. ภายใต้สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ในระบบเกษตรน้ำฝน ในระหว่างวันที่ 12 มีนาคม 2546 ถึง วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2548 ที่หมู่บ้านบ่อไคร้ อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน 40
ตารางที่ 4.2	แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าการกระจายมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยเป็นค่าเฉลี่ยตลอดช่วงที่ทำการศึกษาระหว่างวันที่ 12 มีนาคม 2546 ถึงวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2548 หมู่บ้านบ่อไคร้ อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอนของความหนาแน่นรวม (BD) ความหนาแน่นของอนุภาคดิน (PD) ความพรุนทั้งหมด (TP) ความพรุนที่มีการถ่ายเทอากาศดี (AP) และค่าเฉลี่ยการกระจายของอนุภาคดิน (Sand-Silt-Clay) ในช่วงความลึก 0 – 20, 20 – 40, 40 – 60, 60 – 80 และ 80 – 100 ซม. ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ในระบบเกษตรน้ำฝน 41

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.3	42
<p>แสดงค่าผันแปรของค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าการกระจายมาตรฐาน (Standard Deviation) ของความหนาแน่นรวมของดิน (BD) ในช่วงความลึก 0 – 20 ซม. 20 – 40 ซม. และค่าเฉลี่ย 0 – 40 ซม. ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท ในช่วงเวลาต่างๆ ระหว่างวันที่ 12 เมษายน 2547 ถึงวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2548</p>	
ตารางที่ 4.4	46
<p>แสดงค่าผันแปรของค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าการกระจายมาตรฐาน (Standard Deviation) ของค่าความจุความชื้นในสนาม (FC, $m^3/100m^3$) ในช่วงความลึก 0 – 40 ซม. ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ระหว่างวันที่ 13 สิงหาคม 2547 ถึงวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2548</p>	
ตารางที่ 4.5	49
<p>แสดงค่าผันแปรของค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าการกระจายมาตรฐาน (Standard Deviation) ของค่าความพรุนที่ระบายอากาศดี (AP, $m^3/100m^3$) ในช่วงความลึก 0 – 40 ซม. ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ระหว่างวันที่ 13 สิงหาคม 2547 ถึงวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2548</p>	
ตารางที่ 4.6	51
<p>ค่าเฉลี่ยของปริมาณของเมล็ดดินที่เสถียรเป็นร้อยละของเมล็ดดินแห้ง (SAD) และมวลดินแห้งทั้งหมด (SAT) และขนาดโดยเฉลี่ยของเมล็ดดินที่เสถียร (MWD) ตั้งแต่วันที่ 13 สิงหาคม 2547 ถึงวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2548 ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ</p>	
ตารางที่ 4.7	57
<p>แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินที่คงที่ (Steady infiltration Rate) และสัมประสิทธิ์การซึมน้ำภายในดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturated Hydraulic Conductivity, K_s) ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ในระบบเกษตรน้ำฝน หมู่บ้านบ่อไคร้ อำเภอบางมะฝ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน</p>	
ตารางที่ 4.8	63
<p>แสดงปริมาณการกักเก็บน้ำในช่วงความลึก 1 เมตร (Total Stored Water, TSW) ซึ่งผันแปรในฤดูกาลต่างๆ ภายใต้สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทในระบบเกษตรน้ำฝน ระหว่างวันที่ 17 ตุลาคม 2546 ถึงวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2548 หมู่บ้านบ่อไคร้ อำเภอบางมะฝ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน</p>	

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 5.1	70
แสดงค่าปริมาณความชื้นที่ความจุความชื้นสนาม (FC, $m^3/100m^3$) และจุดเหี่ยวเฉาถาวร (WP, $m^3/100m^3$) ที่วัดได้จากแปลงทดลอง (θ_{Field} $m^3/100m^3$) และห้องปฏิบัติการ (θ_{Lab} , $m^3/100m^3$) ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ	
ตารางที่ 5.2	71
แสดงปริมาณความจุความชื้นในสนาม (Field Capacity, FC) ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Wilting Point, WP) และความชื้นที่เป็นประโยชน์ (Available Water Capacity, AWCa) ในช่วงความลึก 1 เมตร ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ทั้งในภาคสนามและห้องปฏิบัติการ	
ตารางที่ 5.3	76
แสดงการกระจายคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน ซึ่งได้แก่ เนื้อดินหรือการกระจายของอนุภาคดิน (sand, silt และ clay, g/100g) ค่าความหนาแน่นรวม (BD, $Mg\ m^{-3}$) ความพรุนทั้งหมดของดิน (TP, $m^3/100m^3$) และความจุความชื้นในสนาม (FC, $m^3\ m^{-3}$) ของดินในช่วงความลึกต่างๆ ในสวนมะม่วงและไร่ข้าวโพด	
ตารางที่ 5.4	76
แสดงการกระจายของค่าคงที่ที่เป็นองค์ประกอบของรูปแบบจำลองที่ค้นแปรตามคุณสมบัติของดิน ซึ่งประเมินได้จากแบบจำลอง Hydrus-1D ของดินในช่วงความลึกดินชั้นต่างๆ ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบสวนมะม่วงและไร่ข้าวโพด	
ตารางที่ 5.5	85
แสดงค่า R^2 ของปริมาณความชื้น (θ , $m^3\ m^{-3}$) ที่แรงดึงความชื้น (h_c , kPa) ต่างๆ กัน ระหว่างข้อมูลในภาคสนาม ห้องปฏิบัติการ และประเมินได้จากแบบจำลอง Hydrus-1D ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบสวนมะม่วงและไร่ข้าวโพด	
ตารางที่ 5.6	86
แสดงค่า R^2 ของการประเมินค่าสัมประสิทธิ์การซึมน้ำภายในดิน (Unsaturated Hydraulic Conductivity, K_0 , $cm\ hr^{-1}$) ระหว่างแบบจำลองของ Marshall โดยใช้ SWC จากข้อมูลที่วัดได้ในภาคสนามและห้องปฏิบัติการ และค่า K_0 ที่ประเมินได้จากแบบจำลอง Hydrus-1D ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบสวนมะม่วงและไร่ข้าวโพด	

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 6.1 แสดงค่าเฉลี่ยตลอดช่วงที่ทำการศึกษาของ BD, FC, AWCa, AP, SAT และ MWD ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ได้แก่ (i) ป่าทุติยภูมิ (Secondary Forest, SF) (ii) สวนมะม่วง (Mango Orchard, MO) (iii) ไร่ข้าว (Upland Rice Field, RF) (iv) ไร่ข้าวโพด (Maize Field, MF) และ (v) พื้นที่ทิ้งร้าง (Fallow Land, FL)	87

สารบัญภาพ

	หน้า	
รูปที่ 2.1	แผนที่แสดงลักษณะทิวเขาต่างๆ ในภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งอำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอนตั้งอยู่ในแนวทิวเขาดนนงชัย	5
รูปที่ 2.2	แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งของ profile ทั้ง 8 profile และสภาพภูมิประเทศของหมู่บ้านบ่อไคร้	6
รูปที่ 2.3	แสดงปริมาณน้ำฝนสะสมตลอดทั้งปี และอุณหภูมิเฉลี่ย ณ สถานีหมู่บ้านบ่อไคร้ อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ปี 2004 จากเครื่องบันทึกภูมิอากาศอัตโนมัติ (data logger) ที่ติดตั้ง ในหมู่บ้านบ่อไคร้ อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน	7
รูปที่ 2.4	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินหมู่บ้านบ่อไคร้ อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน	9
รูปที่ 2.5	ความผันแปรของค่าเฉลี่ยความหนาแน่นรวมในช่วงความลึก 0 – 30 ซม. ภายใต้สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ในช่วงเวลา ตั้งแต่ 28 มีนาคม 2543 ถึง 15 ตุลาคม 2544	13
รูปที่ 2.6	แสดงค่าความหนาแน่นรวมของดินภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดิน ประเภทต่างๆ ที่ระดับความลึก 0 – 10 ซม.	14
รูปที่ 2.7	ค่าผันแปรของค่าความพรุนที่มีการถ่ายเทอากาศดี (AP) โดยที่ (a) 0 – 10 ซม. และ (b) 0 – 30 ซม. ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดิน ประเภทต่างๆ ในช่วง 28 มีนาคม 2543 – 15 ตุลาคม 2544	15
รูปที่ 2.8	แสดงค่าผันแปรของความจุความชื้นสนาม (FC) ที่ความลึก 0 – 30 ซม. ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ในช่วง 28 มีนาคม 2543 – 15 ตุลาคม 2544	16
รูปที่ 2.9	ค่าเฉลี่ยตลอดปีของความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (WP) ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดิน ($AWCa = FC - WP$) ความพรุนที่ระบายอากาศดี (AP) ในช่วงความลึก 0 – 30 ซม. ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ	17

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.10	ค่าเฉลี่ยของอัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดิน ประเภทต่างๆ ในช่วงฤดูฝน และฤดูแล้ง ระหว่างวันที่ 30 กันยายน 2543 ถึงวันที่ 14 ตุลาคม 2544 19
รูปที่ 2.11	แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดิน ภายใต้ระบบเกษตรแบบต่างๆ ที่ประเคนยา 20
รูปที่ 2.12	ปริมาณน้ำที่กักเก็บไว้ในดินตามความลึกของดิน (1 – 170 ซม.) ภายใต้การทำการเกษตรแบบอนุรักษ์ดินและน้ำประเภทต่างๆ คือ i) การปลูกพืชแบบเกษตรนิคม (CC) ii) การปลูกพืชบนสันร่อง (CR) iii) ปลูกพืชบนสันร่องคลุมแล้วคลุมด้วยพลาสติกและในร่องคลุมด้วยฟางข้าว (CRP) และ iv) การปลูกพืชระหว่างแถบอนุรักษ์ของมะม่วง ผสมถั่วสไตโล (AL) ตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2545 ถึง 7 พฤษภาคม 2546 23
รูปที่ 2.13	ค่าระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินที่ระดับค่า matric potential ต่างๆ ของชุดดินหลักในประเทศไทย โดย (a) คือชุดดิน Kh (คองหงส์) Mt (แม่แตง) และ Ki (กุลาร้องไห้) และ (b) คือชุดดิน Ks (กำแพงแสน) Ce (เชียงแสน) และ Sb (สระบุรี) 26
รูปที่ 3.1	แสดงปริมาณน้ำฝนสะสมตลอดทั้งปี (Cumulative Rainfall) ในช่วงที่ทำการศึกษตั้งแต่ปีพ.ศ. 2546 ถึง ปี พ.ศ. 2547 ในหมู่บ้านบ่อไคร้ อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน 28
รูปที่ 3.2	แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศและขอบเขตของหมู่บ้านบ่อไคร้ อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน รวมถึงตำแหน่งของพื้นที่ศึกษาทั้ง 5 แห่ง คือ i) ป่าทุติยภูมิ (Secondary Forest) ii) สวนมะม่วง (Mango Orchard) iii) ไร่ข้าว (Upland Rice Field) iv) ไร่ข้าวโพด (Maize Field) และ v) พื้นที่ไร่ร้างทิ้งว่างไว้ 8 ปี (Fallow Land) 28

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.3	ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา ณ หมู่บ้านบ่อไคร้ อำเภอบางมะฝ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ได้แก่ (i) พื้นที่ป่าทุติยภูมิ (Secondary Forest) (ii) พื้นที่สวนมะม่วง (Mango Orchard) (iii) พื้นที่ทำข้าวไร่ (Upland Rice Field) (iv) ไร่ข้าวโพด (Maize Field) และ (v) พื้นที่ไร่ร้างทิ้งว่างไว้ 8 ปี (Fallow Land) 29
รูปที่ 3.4	(a), (b) และ (c) แสดงวิธีการติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือวัดความชื้น (TDR) ที่เป็นแท่งแม่เหล็กโลหะนำคลื่น (wave guide) ตามความลึกของดิน ระดับต่างๆ และ (d) อุปกรณ์วัดแรงดึงความชื้นของดิน (Tensiometer) 30
รูปที่ 4.1	แสดงค่าความผันแปรของค่าเฉลี่ยความหนาแน่นรวม (BD) ในช่วงความลึก 0 – 20 ซม. ภายใต้สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท ในช่วงเวลาต่างๆ ระหว่างวันที่ 12 เมษายน 2547 ถึง 17 กุมภาพันธ์ 2548 หมู่บ้านบ่อไคร้ อำเภอบางมะฝ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน 42
รูปที่ 4.2	แสดงค่าความผันแปรของค่าเฉลี่ยความหนาแน่นรวม (BD) ในช่วงความลึก 20 – 40 ซม. ภายใต้สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท ในช่วงเวลาต่างๆ ระหว่างวันที่ 12 เมษายน 2547 ถึง 17 กุมภาพันธ์ 2548 หมู่บ้านบ่อไคร้ อำเภอบางมะฝ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน 43
รูปที่ 4.3	แสดงค่าการกระจายของค่าเฉลี่ยความหนาแน่นรวม (BD) ตามความลึกของดินในช่วง 0 – 100 ซม. ภายใต้สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ โดยเป็นค่าเฉลี่ยรวมระหว่างวันที่ 12 เมษายน 2547 ถึง 17 กุมภาพันธ์ 2548 หมู่บ้านบ่อไคร้ อำเภอบางมะฝ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน 43
รูปที่ 4.4	แสดงค่าผันแปรของค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของค่าความหนาแน่นอนุภาค (PD) ในช่วงความลึก 0 – 40 ซม. ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ระหว่างวันที่ 12 เมษายน 2547 ถึงวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2548 44

สารบัญญภาพ (ต่อ)

	หน้า	
รูปที่ 4.5	ค่าเฉลี่ยของความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (WP) ความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดิน (AWCa) และความพรุนที่ระบายอากาศดี (AP) ของชั้นดิน 0 – 40 ซม.	45
รูปที่ 4.6	แสดงค่าผันแปรของค่าเฉลี่ย (Mean) ของค่าความจุความชื้นในสนาม (FC) ในช่วงความลึก 0 – 40 ซม. ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดิน ประเภทต่างๆ ระหว่างวันที่ 13 สิงหาคม 2547 ถึง วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2548	47
รูปที่ 4.7	ค่าเฉลี่ยของความพรุนทั้งหมดของดิน (TP) ในช่วงความลึก 0 – 40 ซม. ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทที่ผันแปร ในช่วงวันที่ 13 สิงหาคม 2547 ถึงวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2548	48
รูปที่ 4.8	ค่าผันแปรของความพรุนที่ระบายอากาศดี (AP) ในช่วงความลึก 0 – 40 ซม. ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ในช่วงวันที่ 13 สิงหาคม 2547 ถึงวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2548	49
รูปที่ 4.9	ค่าเฉลี่ยตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษาของปริมาณของเมล็ดดินที่เสถียร เป็นร้อยละของเมล็ดดินแห้ง (SAD) และมวลดินแห้งทั้งหมด (SAT) และขนาดโดยเฉลี่ยของเมล็ดดินที่เสถียร (MWD)	51
รูปที่ 4.10	แสดงค่าเฉลี่ยของ SAT ที่ผันแปรในช่วงฤดูกาลต่างๆ ตั้งแต่วันที่ 13 สิงหาคม 2547 ถึง วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2548 ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ	52
รูปที่ 4.11	แสดงค่าเฉลี่ยการกระจายของปริมาณเมล็ดดินที่เสถียรขนาดต่างๆ ของดินผิวที่ความลึก 0 – 5 ซม. ตลอดช่วงฤดูกาลศึกษาระหว่าง วันที่ 13 สิงหาคม 2547 ถึง วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2548 ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ได้แก่ (a) ปริมาณเมล็ดดินที่เสถียร เป็นร้อยละของเมล็ดดินแห้ง (SAD) และ (b) ปริมาณเมล็ดดินที่เสถียรเป็น ร้อยละของมวลดินแห้งทั้งหมด (SAT)	53

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.12	54
<p>แสดงลักษณะการกระจายของกลุ่มอนุภาค Sand, Silt และ Clay ในระดับความลึกทุกๆ 20 ซม. ที่เพิ่มขึ้นในช่วง 0 – 100 ซม. โดย (a) พื้นที่ป่าทุติยภูมิ (b) สวนมะม่วง (c) ไร่ข้าว (d) ไร่ข้าวโพด และ (e) พื้นที่ทิ้งร้าง</p>	
รูปที่ 4.13	55
<p>ค่าการกระจายของอนุภาคดินกลุ่มขนาด sand silt และ clay ในช่วงความลึก 0 – 100 ซม. ของดินภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท ได้แก่ (a) ป่าทุติยภูมิ (Secondary Forest) (b) สวนมะม่วง (Mango Orchard) (c) ไร่ข้าว (Upland Rice Field) (d) ไร่ข้าวโพด (Maize Field) และ (e) พื้นที่ไร่ร้างที่ทิ้งว่างไว้ 8 ปี (Fallow Land)</p>	
รูปที่ 4.14	58
<p>แสดงค่าเฉลี่ยตลอดปีของอัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดิน ขณะที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (Steady Infiltration Rate, IR) และสัมประสิทธิ์การซึมน้ำภายในดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturated Hydraulic Conductivity, K_s) ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ในระบบเกษตรน้ำฝน หมู่บ้านบ่อไคร้ อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน</p>	
รูปที่ 4.15	59
<p>ค่าเฉลี่ยของความสัมพัทธ์ระหว่างปริมาณความชื้น (Soil water content) และแรงดึงความชื้นของดิน (Soil water suction) ภายใต้สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ในระบบเกษตรน้ำฝน ในช่วงความลึก (a) 0 – 20 ซม. (b) 20 – 40 ซม. (c) 20 – 40 ซม. (d) 20 – 40 ซม. และ (e) 20 – 40 ซม.</p>	
รูปที่ 4.16	64
<p>แสดงการผันแปรของปริมาณน้ำที่กักเก็บไว้ในดิน ในช่วงความลึก 1 เมตร ภายใต้สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ระหว่างวันที่ 17 ตุลาคม 2546 ถึงวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2548 ที่บริเวณหมู่บ้านบ่อไคร้ อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน</p>	

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.17	65
ปริมาณความชื้นในดินหน่วยเป็นปริมาตร (θ , $m^3 m^{-3}$) ที่ผันแปรในช่วงความลึก 1 เมตร ในระยะเวลาต่างๆ กัน ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท (a) 17 ตุลาคม 2546 (b) 11 เมษายน 2547 (d) 13 สิงหาคม 2547 (d) 25 พฤษภาคม 2547 และ (e) 17 กุมภาพันธ์ 2548	71
รูปที่ 5.1	72
แสดงปริมาณน้ำที่กักเก็บไว้ในดินในช่วงความลึก 1 เมตร (TSW) ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ตลอดช่วงที่ทำการศึกษา โดยกำหนดให้ปริมาณน้ำที่กักเก็บไว้ในดินวันที่ 17 ตุลาคม 2546 และ วันที่ 12 เมษายน 2547 เป็นปริมาณความชื้นในสนาม (FC) และความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (WP) ตามลำดับ	
รูปที่ 5.2	72
แสดงการกระจายปริมาณความชื้นในดินที่ระดับความลึกต่างๆ (ที่วัดได้ในภาคสนาม) ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ได้แก่ (i) ป่าทุติยภูมิ (SF) (ii) สวนมะม่วง (MO) (iii) ไร่ข้าว (RF) (iv) ไร่ข้าวโพด (MF) และ (v) ไร่ร้างที่ทิ้งร้างไว้ 8 ปี (FL) ในช่วง 0 – 100 ซม. ในภาคสนาม โดยกำหนดให้วันที่ 17 ตุลาคม 2546 และ วันที่ 12 เมษายน 2547 ซึ่งเป็นเวลาที่ดินมีค่า ปริมาณการกักเก็บน้ำสูงที่สุด คือความจุความชื้นในสนาม (FC) และต่ำสุดคือความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (WP) ตามลำดับ	
รูปที่ 5.3	72
แสดงการกระจายปริมาณความชื้นในดินที่ระดับความลึกต่างๆ (ที่วัดได้ในห้องปฏิบัติการ) ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ได้แก่ (i) ป่าทุติยภูมิ (SF) (ii) สวนมะม่วง (MO) (iii) ไร่ข้าว (RF) (iv) ไร่ข้าวโพด (MF) และ (v) ไร่ร้างที่ทิ้งร้างไว้ 8 ปี (FL) ในช่วง 0 – 100 ซม. ที่ความจุความชื้นในสนาม (Field Capacity, FC) หรือปริมาณความชื้น ที่แรงดึงความชื้น 10 kPa และความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Wilting Point, WP) หรือปริมาณความชื้นที่แรงดึงความชื้น 1500 kPa	

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า	
รูปที่ 5.4	แสดงค่าความจุจำเพาะของน้ำในดิน (Specific Water Capacity, C_0) หรือระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินในช่วงความลึก (a) 0 – 20 ซม. (b) 20 – 40 ซม. (c) 20 – 40 ซม. (d) 20 – 40 ซม. และ (e) 20 – 40 ซม.	73
รูปที่ 5.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นและปริมาณความชื้นดิน (SWC) ของชั้นดินต่างๆ ที่ประเมินจากแบบจำลอง Hydrus-1D (a) สวนมะม่วง และ (b) ไร่ข้าวโพด	77
รูปที่ 5.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นและปริมาณความชื้นดิน (SWC) ของชั้นดินต่างๆ ที่วัดจากภาคสนาม (a) แปลงสวนมะม่วง และ (b) ไร่ข้าวโพด	77
รูปที่ 5.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นและปริมาณความชื้นดิน (SWC) ของชั้นดินต่างๆ ที่วัดได้ในห้องปฏิบัติการ (a) แปลงสวนมะม่วง และ (b) ไร่ข้าวโพด	78
รูปที่ 5.8	แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นและปริมาณความชื้น (SWC) ของดินในสวนมะม่วงที่วัดได้ (i) จากภาคสนาม (field measured data) (ii) จากห้องปฏิบัติการ (laboratory measured data) และ (iii) การประเมินจากแบบจำลอง Hydrus-1D (model estimated data) ที่ระดับความลึกต่างๆ ได้แก่ (a) 0 – 16 ซม. (b) 16 – 30 ซม. (c) 30 – 46 ซม. (d) 46 – 66 ซม. และ (e) 66 – 100 ซม. ตามลำดับ	79
รูปที่ 5.9	แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นและปริมาณความชื้น (SWC) ของดินในไร่ข้าวโพดที่วัดได้ (i) จากภาคสนาม (field measured data) (ii) จากห้องปฏิบัติการ (laboratory measured data) และ (iii) การประเมินจากแบบจำลอง Hydrus-1D (model estimated data) ที่ระดับความลึกต่างๆ ได้แก่ (a) 0 – 15 ซม. (b) 15 – 38 ซม. (c) 38 – 59 ซม. (d) 59 – 84 ซม. และ (e) 84 – 100 ซม.ตามลำดับ	80

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5.10	82
<p>แสดงการเปรียบเทียบการประเมินสัมประสิทธิ์การซึมน้ำภายในดิน (K_{θ}) ที่ระดับความชื้นต่างๆ โดยการประเมินจากแบบจำลองของ Marshall โดยใช้ SWC ที่วัดได้จาก (i) ภาคสนาม (estimated-K_{θ} from field SWC using Marshall's model) และ (ii) ห้องปฏิบัติการ (estimated-K_{θ} from laboratory SWC using Marshall's model) และค่า K_{θ} ที่ประเมินได้จากแบบจำลอง Hydrus-1D (estimated-K_{θ} from Hydrus-1D model) ที่ระดับความลึกต่างๆ ได้แก่ (a) 0 – 16 ซม. (b) 16 – 30 ซม. (c) 30 – 46 ซม. (d) 46 – 66 ซม. และ (e) 66 – 100 ซม. ตามลำดับ ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบสวนมะม่วง</p>	
รูปที่ 5.11	83
<p>แสดงการเปรียบเทียบการประเมินสัมประสิทธิ์การซึมน้ำภายในดิน (K_{θ}) ที่ระดับความชื้นต่างๆ โดยการประเมินจากแบบจำลองของ Marshall โดยใช้ SWC ที่วัดได้จาก (i) ภาคสนาม (estimated-K_{θ} from field SWC using Marshall's model) และ (ii) ห้องปฏิบัติการ (estimated-K_{θ} from laboratory SWC using Marshall model) และค่า K_{θ} ที่ประเมินได้จากแบบจำลอง Hydrus-1D (estimated-K_{θ} from Hydrus-1D model) ที่ระดับความลึกต่างๆ ได้แก่ (a) 0 – 15 ซม. (b) 15 – 38 ซม. (c) 38 – 59 ซม. (d) 46 – 66 ซม. และ (e) 66 – 100 ซม. ตามลำดับ ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบไร่ข้าวโพด</p>	