

## บทที่ 5

### ผลการประเมินความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน ความชื้นดิน และสัมประสิทธิ์การ ซึมน้ำในดินโดยใช้รูปแบบจำลอง

ผลการติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่กักเก็บไว้ในดิน (Total Stored Water, TSW) และการประเมินความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ตลอดจนการศึกษาถึงปริมาณความชื้นที่สัมพันธ์กับแรงดึงความชื้นในช่วงเวลาต่างๆ ทั้งในภาคสนาม และในห้องปฏิบัติการภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบสวนมะม่วงและไร่ข้าวโพด เพื่อประโยชน์ในการวางแผนการจัดการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณหมู่บ้านบ่อไคร้ อำเภอบางมะฝ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.1 – 5.6 และรูปที่ 5.1 – 5.11

#### 5.1 ผลการศึกษาความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน

ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินในช่วงความลึก 1 เมตร อาจบ่งชี้ได้จากปริมาณการกักเก็บน้ำของดิน และลักษณะการกระจายปริมาณความชื้นในดินในช่วงความลึกต่างๆ ในแต่ละฤดูกาลว่ามีปริมาณเพียงพอกับความต้องการของพืชหรือไม่ และมีแรงดึงน้ำสูงหรือต่ำเพียงใด ซึ่งบ่งชี้ถึงความสามารถของพืชในการดูดกลืนน้ำไปใช้ได้ง่ายหรือยากเพียงใด จากการศึกษาปริมาณความชื้นภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ที่วัดจากแปลงทดลองในช่วงความลึก 1 เมตร ตลอดช่วงที่ทำการศึกษาระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2546 และ เมษายน พ.ศ. 2547 มีปริมาณความชื้นที่กักเก็บไว้ในดิน (TSW) ในช่วงที่ชื้นสูงสุดและต่ำที่สุด โดยกำหนดให้ความชื้นในช่วงนี้เป็นความจุความชื้นสนาม (FC) และความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (WP) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาอื่นๆ (ตารางที่ 5.1 และรูปที่ 5.1)

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าปริมาณความชื้น FC และ WP ที่วัดได้จากในภาคสนามขณะที่ดินมีค่า TSW สูงสุดและต่ำสุด และค่าที่วัดได้จากห้องปฏิบัติการขณะที่ดินมีความชื้นสมดุลกับแรงดึงความชื้นที่ 10 และ 1500 kPa ตามลำดับ ส่วนรูปที่ 5.2 แสดงค่าการกระจายของความชื้นในดินในช่วงความลึกที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 20 ซม. ในช่วง 0 – 100 ซม. ขณะที่ดินมีค่าความชื้นสูงสุด (FC) และต่ำสุด (WP) ในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ขณะที่รูป 5.3 แสดงการกระจายของค่าความชื้นดินที่สมดุลกับแรงดึงความชื้น 10 kPa (FC) และ 1500 kPa (WP) ที่ระดับความลึกทุก ๆ 20 ซม. ในช่วงความลึก 0 – 100 ซม. จากรูปที่ 5.2 และ 5.3 ได้แสดงค่าความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ (AWCa) ซึ่งเป็นผลต่างของค่าความจุความชื้นในสนามและความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (FC – WP) โดยค่า AWCa นี้บ่งชี้ถึงความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินที่แท้จริงในช่วงที่ทำการศึกษาในภาคสนาม

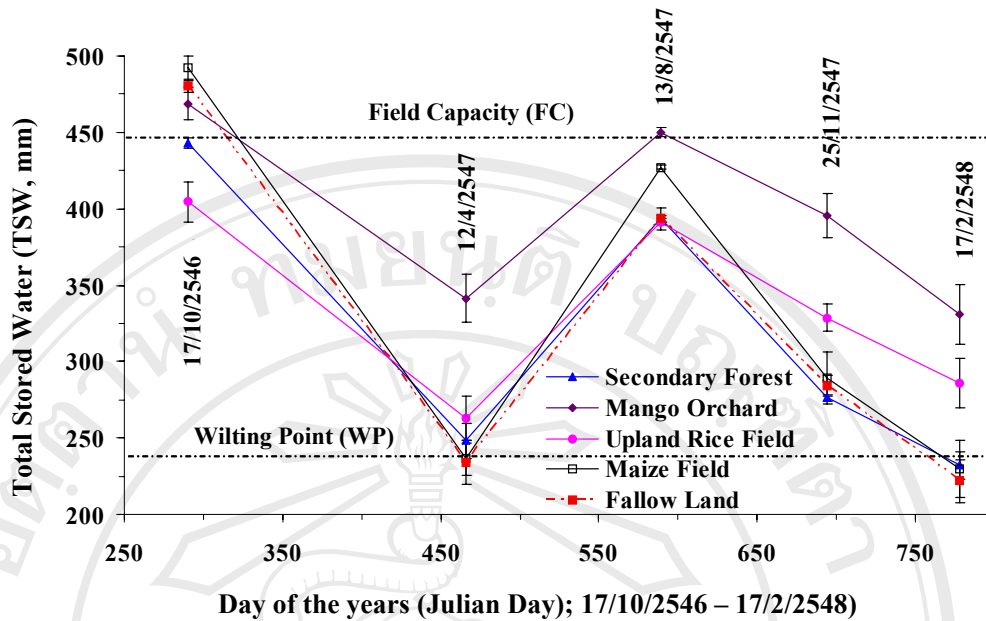
เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความชื้นที่กักเก็บไว้ในดินในช่วงความลึก 1 เมตร (TSW) ทั้งที่วัดได้โดยตรงในภาคสนามในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2546 และ เมษายน พ.ศ. 2547 และค่าความชื้นที่สมมูลกับแรงดึงความชื้น 10 และ 1500 kPa ที่วัดได้จากห้องปฏิบัติการ ซึ่งกำหนดให้เป็นค่าความจุความชื้นในสนาม (FC) และค่าความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉา (WP) ตามลำดับ พบว่าค่า FC และ WP ที่ประเมินได้ในห้องปฏิบัติการมีค่าต่ำกว่าที่วัดได้โดยตรงจากภาคสนามในทุกกรณี (ตารางที่ 5.2)

อย่างไรก็ตามค่า AWCa ของสวนมะม่วง และพื้นที่ที่หึงร้างที่วัดได้จากภาคสนามโดยตรงมีค่า AWCa ต่ำกว่าค่าที่วัดได้จากห้องปฏิบัติการ (ตารางที่ 5.2) แต่การกระจายปริมาณความชื้นของดินที่ระดับความลึกต่างๆ ในภาคสนามในช่วงที่แล้งที่สุด ยังมีปริมาณความชื้นสูงกว่า WP ที่วัดได้จากห้องปฏิบัติการ (ตารางที่ 5.2 รูปที่ 5.2 และ 5.3) ซึ่งผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าค่า WP ในภาคสนามไม่ใช่ค่า WP ที่แท้จริง เนื่องจากปริมาณการกักเก็บน้ำในดินชั้นล่างยังมีอยู่สูงและรากของต้นมะม่วงสามารถยังลึกสู่ดินชั้นล่างและใช้ประโยชน์จากน้ำในดินชั้นล่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบกับปริมาณน้ำฝนที่ซึมเข้าสู่ผิวดินและกักเก็บไว้ในโปรไฟล์ดินมีปริมาณสูงที่สุดในสวนมะม่วง เนื่องจากลักษณะของพื้นที่ค่อนข้างราบในแนวระดับมีความลาดเทน้อย การสูญเสียน้ำจากการไหลบ่าบนผิวดินเกิดขึ้นได้น้อย จึงมีน้ำซึมเข้าสู่โปรไฟล์ดินและกักเก็บไว้ได้มากกว่าพื้นที่เพาะปลูกอื่นๆ นอกจากนี้รากมะม่วงอาจใช้น้ำในดินที่ลึกเกินกว่า 100 ซม. ได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงทำให้การลดลงของน้ำในโปรไฟล์ดินในช่วง 0 – 100 ซม. ในฤดูแล้งเกิดขึ้นไม่มากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่นๆ นอกจากนี้สวนมะม่วงมีแนวโน้มให้ปริมาณการกักเก็บน้ำในดินได้สูงสุดตลอดช่วงที่ทำการศึกษาระยะเวลาปี อาจเนื่องจากดินมีโครงสร้างดี และมีปริมาณของอนุภาคดินเหนียวมากกว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท ส่วนการใช้ที่ดินประเภทอื่นๆ มีแนวโน้มในการกักเก็บน้ำในปริมาณที่ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยเฉพาะในช่วงปลายฤดูแล้ง (12/4/2004) และอาจแตกต่างกันบ้างในช่วงฤดูฝน (13/8/2004) (รูปที่ 5.1)

จากผลการศึกษาดังกล่าวข้างต้นบ่งชี้ว่าน้ำในดินที่กักเก็บไว้ตลอดช่วงที่ทำการศึกษามีมากเพียงพอสามารถปลูกพืชได้มากกว่าหนึ่งชนิดในแต่ละปี ถ้าการกระจายของปริมาณความชื้นในดินเป็นไปตามการศึกษาในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2546 – กุมภาพันธ์ 2548 อย่างไรก็ตามพืชที่ปลูกต้องมีการเจริญเติบโตของรากลึกเกิน 40 ซม. ในช่วงฤดูแล้งเพื่อการดูดกลืนน้ำในชั้นดินล่างที่ยังคงมีอยู่ในปริมาณมากพอกับการดำรงชีพของพืชในช่วงฤดูแล้ง โดยทั่วไปการปลูกพืชไร่ เช่น ข้าวไร่ หรือข้าวโพด น้ำในดินในช่วงฤดูแล้งมีไม่เพียงพอกับความต้องการของพืชเนื่องจากลักษณะของรากที่อยู่ในช่วงความลึกที่ 0 – 40 ซม. ทำให้รากพืชไม่สามารถดูดน้ำที่อยู่เลยความลึก 40 ซม. มาใช้ประโยชน์ได้ทันกับการใช้น้ำของพืช

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าปริมาณความชื้นที่ความจุความชื้นสนาม (FC,  $\text{m}^3/100\text{m}^3$ ) และจุดเหี่ยวเฉาถาวร (WP,  $\text{m}^3/100\text{m}^3$ ) ที่วัดได้จากแปลงทดลอง ( $\theta_{\text{Field}}$   $\text{m}^3/100\text{m}^3$ ) และห้องปฏิบัติการ ( $\theta_{\text{Lab}}$ ,  $\text{m}^3/100\text{m}^3$ ) ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ

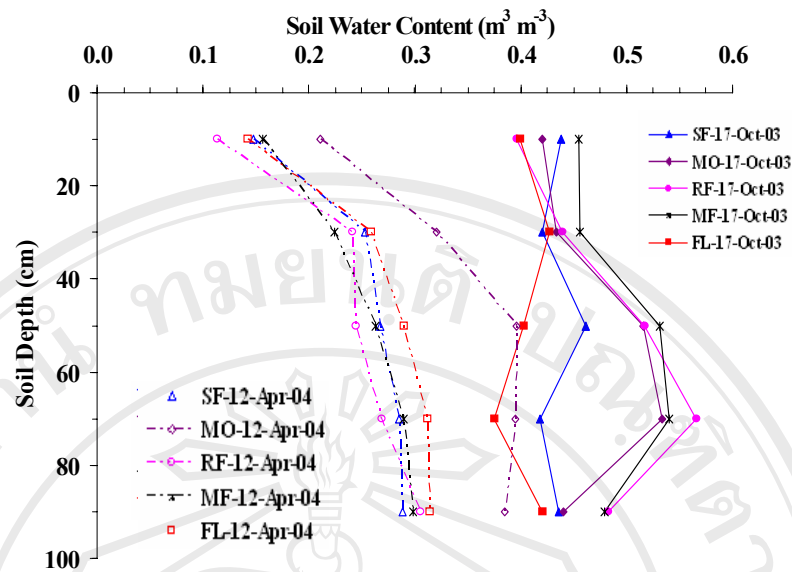
Land Use	Depth	Secondary Forest		Mango Orchard		Upland Rice Field		Maize Field		Fallow Land	
		17/10/2003	11/4/2004	17/10/2003	11/4/2004	17/10/2003	11/4/2004	17/10/2003	11/4/2004	17/10/2003	11/4/2004
Soil Water Content in the Field ( $\theta_{\text{Field}}$ )	0 – 20	43.77	14.76	42.07	21.06	39.63	11.31	45.49	15.59	39.96	14.18
	20 – 40	42.07	25.28	43.34	32.01	43.95	24.03	45.53	22.40	42.65	25.79
	40 – 60	46.19	26.78	51.60	39.61	51.71	24.40	53.13	26.24	40.21	28.91
	60 – 80	41.77	28.48	53.36	39.52	56.58	26.79	53.98	28.95	37.46	31.17
	80 – 100	43.59	28.83	44.04	38.52	48.29	30.52	47.91	29.88	42.05	31.38
	Depth	FC	WP	FC	WP	FC	WP	FC	WP	FC	WP
Soil Water Content in the Laboratory ( $\theta_{\text{lab}}$ )	0 – 20	34.96	17.83	32.79	20.86	32.94	15.73	32.32	20.16	34.67	14.34
	20 – 40	35.16	18.18	35.07	20.05	35.61	21.10	34.14	23.19	37.00	23.31
	40 – 60	37.66	18.53	36.29	24.24	33.43	20.98	33.26	20.28	41.44	25.52
	60 – 80	41.17	19.11	39.17	27.04	36.61	23.19	34.10	19.00	38.55	24.36
	80 – 100	37.74	20.63	42.35	26.22	40.85	24.83	35.65	20.16	41.39	25.29



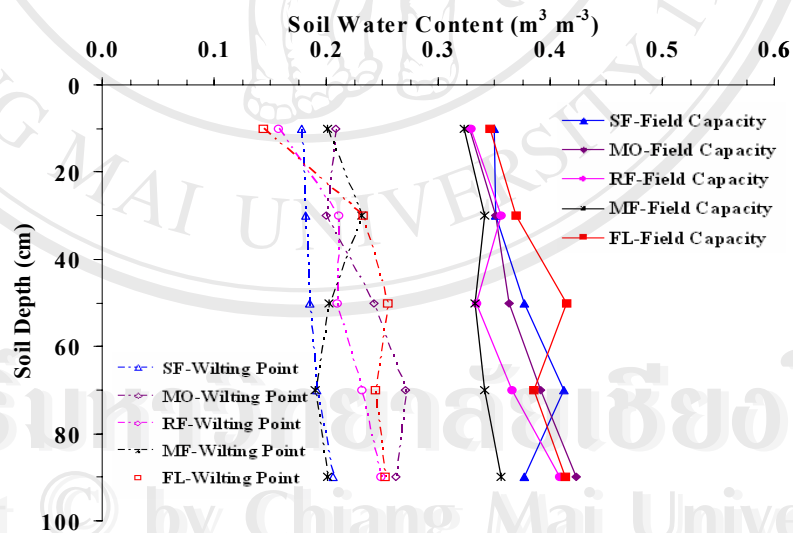
รูปที่ 5.1 แสดงปริมาณน้ำที่กักเก็บไว้ในดินในช่วงความลึก 1 เมตร (TSW) ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ตลอดช่วงที่ทำการศึกษา โดยกำหนดให้ปริมาณน้ำที่กักเก็บไว้ในดินวันที่ 17 ตุลาคม 2546 และ วันที่ 12 เมษายน 2547 เป็นปริมาณความชื้นในสนาม (FC) และความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (WP) ตามลำดับ

ตารางที่ 5.2 แสดงปริมาณความจุความชื้นในสนาม (FC) ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (WP) และความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ (AWCa) ในช่วงความลึก 1 เมตร ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ทั้งในภาคสนามและห้องปฏิบัติการ

Land Use	Secondary Forest	Mango Orchard	Upland Rice Field	Maize Field	Fallow Land
- ปริมาณการกักเก็บน้ำสูงที่สุดในภาคสนาม (17/10/2546)	443	469	480	492	405
- ความจุความชื้นที่สมดุลกับแรงดึงความชื้น 10 kPa	373	371	359	339	386
- ปริมาณการกักเก็บน้ำต่ำที่สุดในภาคสนาม (12/4/2547)	248	341	234	236	263
- ความจุความชื้นที่สมดุลกับแรงดึงความชื้น 1500 kPa	189	237	212	206	226
- ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ในภาคสนาม	195	128	268	256	142
- ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ในห้องปฏิบัติการ	184	134	147	133	160



รูปที่ 5.2 แสดงการกระจายปริมาณความชื้นในดินที่ระดับความลึกต่างๆ (ที่วัดได้ในภาคสนาม) ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ได้แก่ (i) ป่าทุติยภูมิ (SF) (ii) สวนมะม่วง (MO) (iii) ไร่ข้าว (RF) (iv) ไร่ข้าวโพด (MF) และ (v) พื้นที่ทิ้งร้าง (FL) ในช่วง 0–100 ซม. ในภาคสนาม โดยกำหนดให้วันที่ 17 ตุลาคม 2546 และ วันที่ 12 เมษายน 2547 ซึ่งเป็นเวลาที่ดินมีค่าปริมาณการกักเก็บน้ำสูงที่สุด คือความจุความชื้นในสนาม (FC) และต่ำสุด คือความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (WP) ตามลำดับ



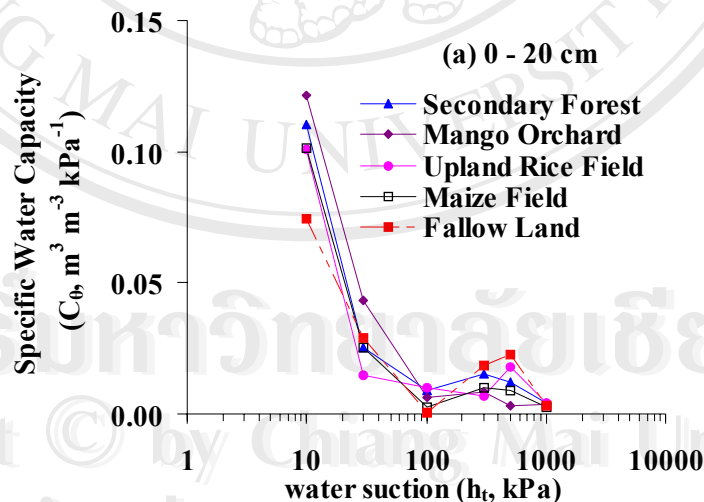
รูปที่ 5.3 แสดงการกระจายปริมาณความชื้นในดินที่ระดับความลึกต่างๆ (ที่วัดได้ในห้องปฏิบัติการ) ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ได้แก่ (i) ป่าทุติยภูมิ (SF) (ii) สวนมะม่วง (MO) (iii) ไร่ข้าว (RF) (iv) ไร่ข้าวโพด (MF) และ (v) พื้นที่ทิ้งร้าง (FL) ในช่วง 0–100 ซม. ที่ความจุความชื้นในสนาม (FC) หรือปริมาณความชื้นที่แรงดึงความชื้น 10 kPa และ ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (WP) หรือปริมาณความชื้นที่แรงดึงความชื้น 1500 kPa

## 5.2 ระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน (Soil Water Availability)

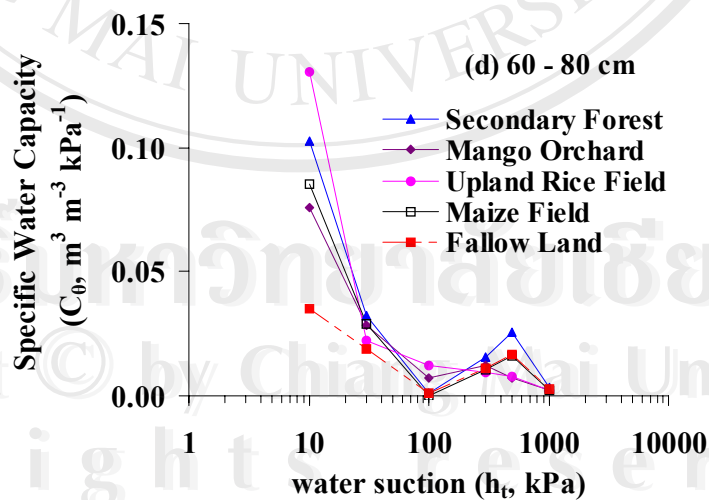
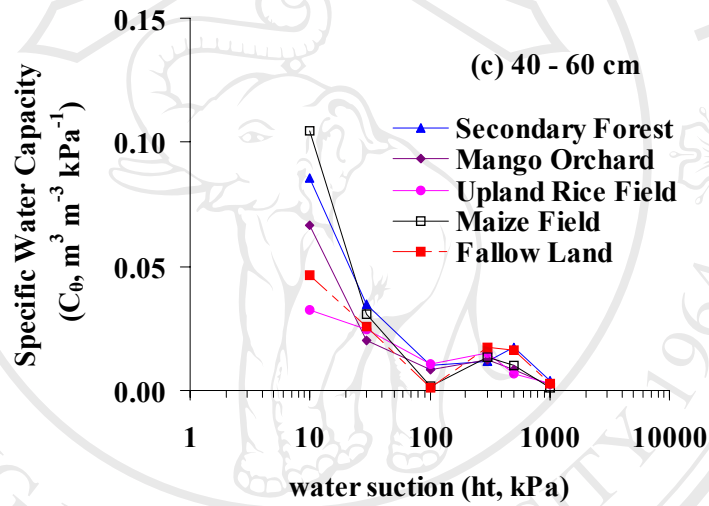
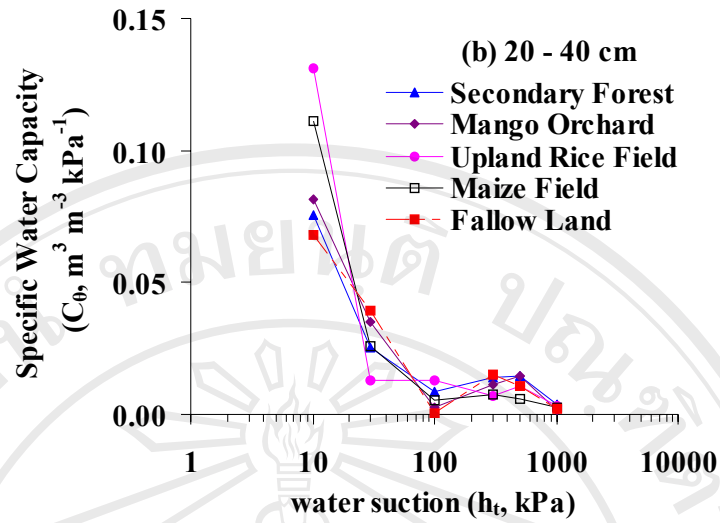
ค่าความจุความชื้นจำเพาะของดิน (Specific Water Capacity,  $C_0$ ) ซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นดินต่อหนึ่งหน่วยแรงดึงความชื้นของดิน อาจบ่งชี้ถึงระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินได้พอสังเขป หากค่า  $C_0$  สูงปริมาณความชื้นในดินย่อมถูกพืชดูดกลืนไปใช้ได้ง่ายกว่าเมื่อดินมีค่า  $C_0$  ต่ำ

จากผลการศึกษาค่าความจุความชื้นจำเพาะของดิน ( $C_0$ ) จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและแรงดึงความชื้นของดิน (SWC) ที่ความลึกของดินระดับต่างๆ ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทที่วัดได้ในห้องปฏิบัติการพบว่า  $C_0$  มีค่าสูงที่ระดับแรงดึงความชื้นของดินต่ำกว่า 30 kPa และค่า  $C_0$  ลดลงอย่างรวดเร็วตามแรงดึงความชื้นดินที่เพิ่มขึ้นในช่วง 10 – 30 kPa นอกจากนี้ค่า  $C_0$  ของดินชั้นบน (0 – 40 ซม.) ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทมีค่าใกล้เคียงกันมาก ส่วนดินชั้นล่าง (40 – 100 ซม.) มีค่าแตกต่างกันอย่างเด่นชัด (รูปที่ 5.4)

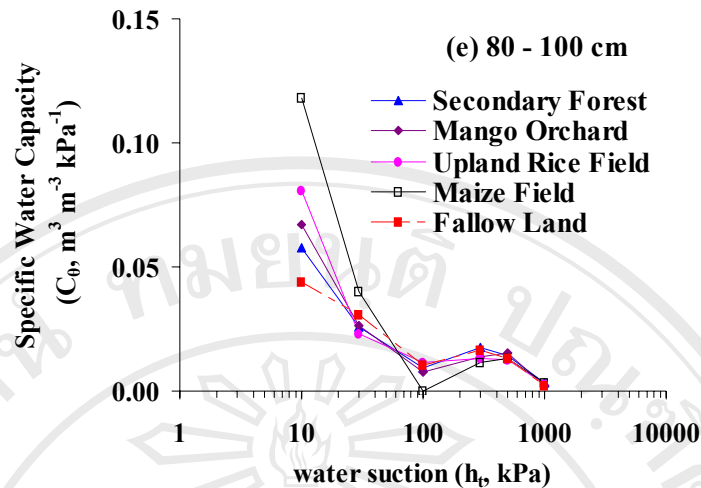
จากผลการศึกษาดังกล่าวข้างต้นพบว่าน้ำในดินมีความเป็นประโยชน์ต่อพืชแตกต่างกันตามความลึกของชั้นดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แต่ละประเภท ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นว่าพืชที่มีระบบรากตื้นๆ เช่น ข้าวไร่ และข้าวโพด อาจใช้ประโยชน์จากน้ำในดินได้ค่อนข้างจำกัด ส่วนพืชที่มีรากลึกสามารถดำรงชีพอยู่ได้ในช่วงฤดูแล้ง



รูปที่ 5.4 แสดงค่าความจุความชื้นจำเพาะของดิน (Specific Water Capacity,  $C_0$ ) หรือระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินในช่วงความลึก (a) 0 – 20 ซม. ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ



รูปที่ 5.4 (ต่อ) แสดงค่าความจุความชื้นจำเพาะของดิน (Specific Water Capacity,  $C_0$ ) หรือระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินในช่วงความลึก (b) 20 – 40 ซม. (c) 40 – 60 ซม. และ (d) 60 – 80 ซม. ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ



รูปที่ 5.4 (ต่อ) แสดงค่าความจุความชื้นจำเพาะของดิน (Specific Water Capacity,  $C_\theta$ ) หรือระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินในช่วงความลึก (e) 80 – 100 ซม. ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ

### 5.3 ผลการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นและปริมาณความชื้นในดิน โดยใช้รูปแบบจำลอง Hydrus-1D การวัดโดยตรงในภาคสนามและในห้องปฏิบัติการ

Hydrus-1D เป็นแบบจำลอง (Model) ที่สร้างขึ้นจากสมการความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นและปริมาณความชื้นดิน (Soil Water Characteristics, SWC) รวมทั้งสมการการเคลื่อนที่ของน้ำในดินที่ระดับความชื้นต่างๆ การใช้รูปแบบจำลองนี้ประเมินการเคลื่อนที่ของน้ำในดินทิศทางเดียวประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ (i) การประเมินปริมาณความชื้นที่สัมพันธ์กับแรงดึงความชื้นของดินระดับต่างๆ และ (ii) ประเมินสัมประสิทธิ์การซึมน้ำในดินที่ระดับความชื้นต่างๆ ( $K_\theta$ ) ข้อมูลที่จำเป็นต้องทราบ หรือ Input Data ในการประเมิน SWC และ  $K_\theta$  จากรูปแบบจำลอง Hydrus-1D ได้แก่ เนื้อดินหรือการกระจายของอนุภาคดินขนาดต่างๆ (Sand, Silt และ Clay) ค่าความหนาแน่นรวม (BD) ความจุความชื้นในสนาม (FC) และความจุความชื้นที่จุดหี่ยวเวลาถาวร (WP) การทดสอบรูปแบบจำลองนี้ได้ทำการศึกษาในแปลงสวนมะม่วงและไร่ข้าวโพด ระหว่างวันที่ 1 กันยายน ถึง 20 ธันวาคม 2547 ซึ่งคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินในสวนมะม่วงและไร่ข้าวโพดที่ใช้เป็น Input Data ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.3

จากข้อมูลคุณสมบัติทางฟิสิกส์และอุทกวิทยาของดินและข้อมูลภูมิอากาศในสวนมะม่วงและไร่ข้าวโพดสามารถประเมินค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในสมการของ Mualem-van Genuchten (สมการที่ 2.4 ในบทที่ 2) ได้ดังตารางที่ 5.4 ซึ่งค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวได้นำไปประเมินค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและแรงดึงความชื้นของดิน (Soil Water Characteristics, SWC) และค่าสัมประสิทธิ์การซึมน้ำภายในดินที่ระดับความชื้นต่างๆ



ตารางที่ 5.3 แสดงการกระจายคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน ซึ่งได้แก่ เนื้อดินหรือการกระจายของอนุภาคดิน (Sand, Silt และ Clay; g/100g) ค่าความหนาแน่นรวม (BD, Mg m<sup>-3</sup>) ความพรุนทั้งหมดของดิน (TP, m<sup>3</sup>/100m<sup>3</sup>) และความจุความชื้นในสนาม (FC, m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>) ของดินในช่วงความลึกต่างๆ ในสวนมะม่วงและไร่ข้าวโพด

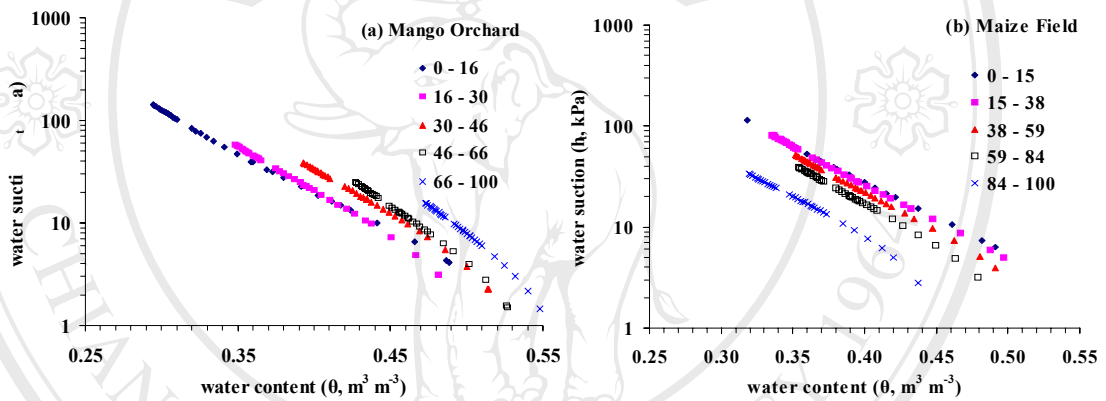
soil depth (cm)	Texture (g/100g)			BD (Mg m <sup>-3</sup> )	TP (m <sup>3</sup> /100m <sup>3</sup> )	FC (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )
	Sand	Silt	Clay			
<b>Mango Orchard</b>						
0 - 16	17	29	54	1.13	52.40	0.39
16 - 30	15	27	58	1.29	45.52	0.42
30 - 46	11	27	62	1.23	48.99	0.45
46 - 66	9	13	78	1.22	46.67	0.50
66 - 100	7	13	80	1.19	51.88	0.51
<b>Maize Field</b>						
0 - 15	28	27	45	1.05	56.34	0.41
15 - 38	26	25	49	1.07	58.23	0.40
38 - 59	26	23	51	1.17	52.48	0.40
59 - 84	24	23	53	1.25	47.54	0.40
84 - 100	22	35	43	1.40	45.34	0.36

ตารางที่ 5.4 แสดงการกระจายของค่าคงที่ที่เป็นองค์ประกอบของรูปแบบจำลองที่ผันแปรตามคุณสมบัติของดิน ซึ่งประเมินได้จากแบบจำลอง Hydrus-1D ของดินในช่วงความลึกของดินชั้นต่างๆ ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบสวนมะม่วงและไร่ข้าวโพด

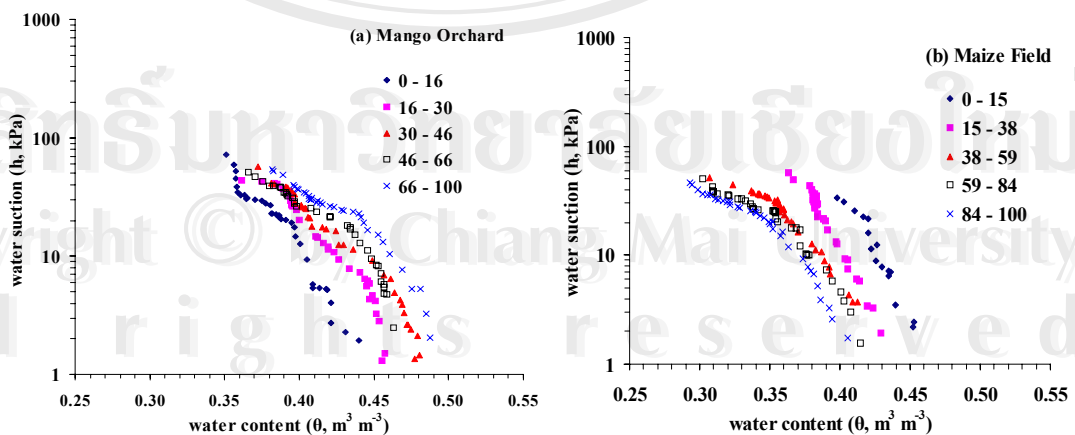
soil depth (cm)	$\theta_r$ (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	$\theta_s$ (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	$\theta_s=TP$ (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	Alpha	n	m	Ks	
							cm day <sup>-1</sup>	cm hr <sup>-1</sup>
<b>Mango Orchard</b>								
0 - 16	0.0960	0.5471	0.5240	0.0256	1.23	0.8160	53.98	2.25
16 - 30	0.0989	0.5105	0.4552	0.0193	1.20	0.8317	19.42	0.81
30 - 46	0.1024	0.5380	0.4899	0.0213	1.18	0.8449	21.78	0.91
46 - 66	0.1051	0.5548	0.4982	0.0310	1.13	0.8825	16.73	0.70
66 - 100	0.1062	0.5668	0.5188	0.0321	1.13	0.8861	18.05	0.75
<b>Maize Field</b>								
0 - 15	0.0894	0.5644	0.5634	0.0212	1.23	0.8154	74.48	3.10
15 - 38	0.0913	0.5631	0.5823	0.0248	1.22	0.8229	72.34	3.01
38 - 59	0.0932	0.5377	0.5248	0.0217	1.22	0.8210	45.98	1.92
59 - 84	0.0944	0.5143	0.4754	0.0210	1.22	0.8205	33.00	1.38
84 - 100	0.0885	0.4564	0.4534	0.0125	1.30	0.7708	10.31	0.43

จาก SWC ของสวนมะม่วงที่ประเมินจากแบบจำลอง Hydrus-1D พบว่าขณะที่ดินมีแรงดึงความชื้นระดับหนึ่งๆ ( $h_c$ ) ปริมาณความชื้นของดิน ( $\theta$ ) ในช่วงความลึก 0 – 16 และ 16 – 30 ซม. มีค่าต่ำสุดและเพิ่มขึ้นตามความลึกของดิน (รูปที่ 5.5 (a)) ส่วน SWC ของดินในไร่ข้าวโพด พบว่าที่ระดับแรงดึงความชื้นหนึ่งๆ ปริมาณความชื้นของดิน ( $\theta$ ) ในช่วงความลึก 0 – 15 และ 15 – 30 ซม. มีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับดินชั้นล่าง (รูปที่ 5.5 (b))

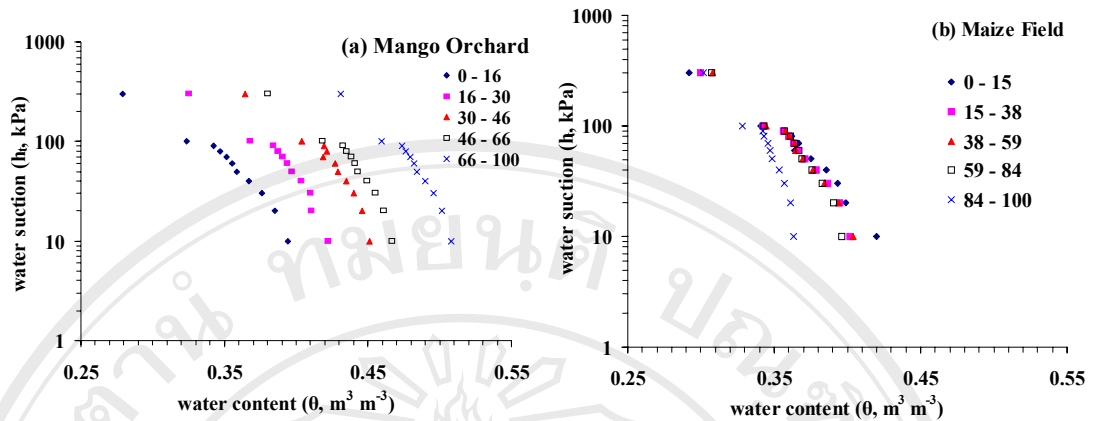
ลักษณะการผันแปรของ SWC ในช่วงความลึกระดับต่างๆ ของแปลงสวนมะม่วงและไร่ข้าวโพดที่วัดจากภาคสนามโดยตรงมีลักษณะคล้ายคลึงกับค่า SWC ที่ประเมินได้จากการใช้รูปแบบจำลอง Hydrus-1D (รูปที่ 5.6 (a) – (b)) นอกจากนี้ค่า SWC ของชั้นดินที่ระดับความลึกต่างๆ ที่วัดได้ในห้องปฏิบัติการก็มีลักษณะสอดคล้องกับค่า SWC ที่วัดได้ในภาคสนามดังกล่าวแล้วข้างต้น (รูปที่ 5.7 (a) – (b))



รูปที่ 5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นและปริมาณความชื้นดิน (SWC) ของชั้นดินต่างๆ ที่ประเมินจากแบบจำลอง Hydrus-1D (a) สวนมะม่วง และ (b) ไร่ข้าวโพด



รูปที่ 5.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นและปริมาณความชื้นดิน (SWC) ของชั้นดินต่างๆ ที่วัดจากภาคสนาม (a) แปลงสวนมะม่วง และ (b) ไร่ข้าวโพด

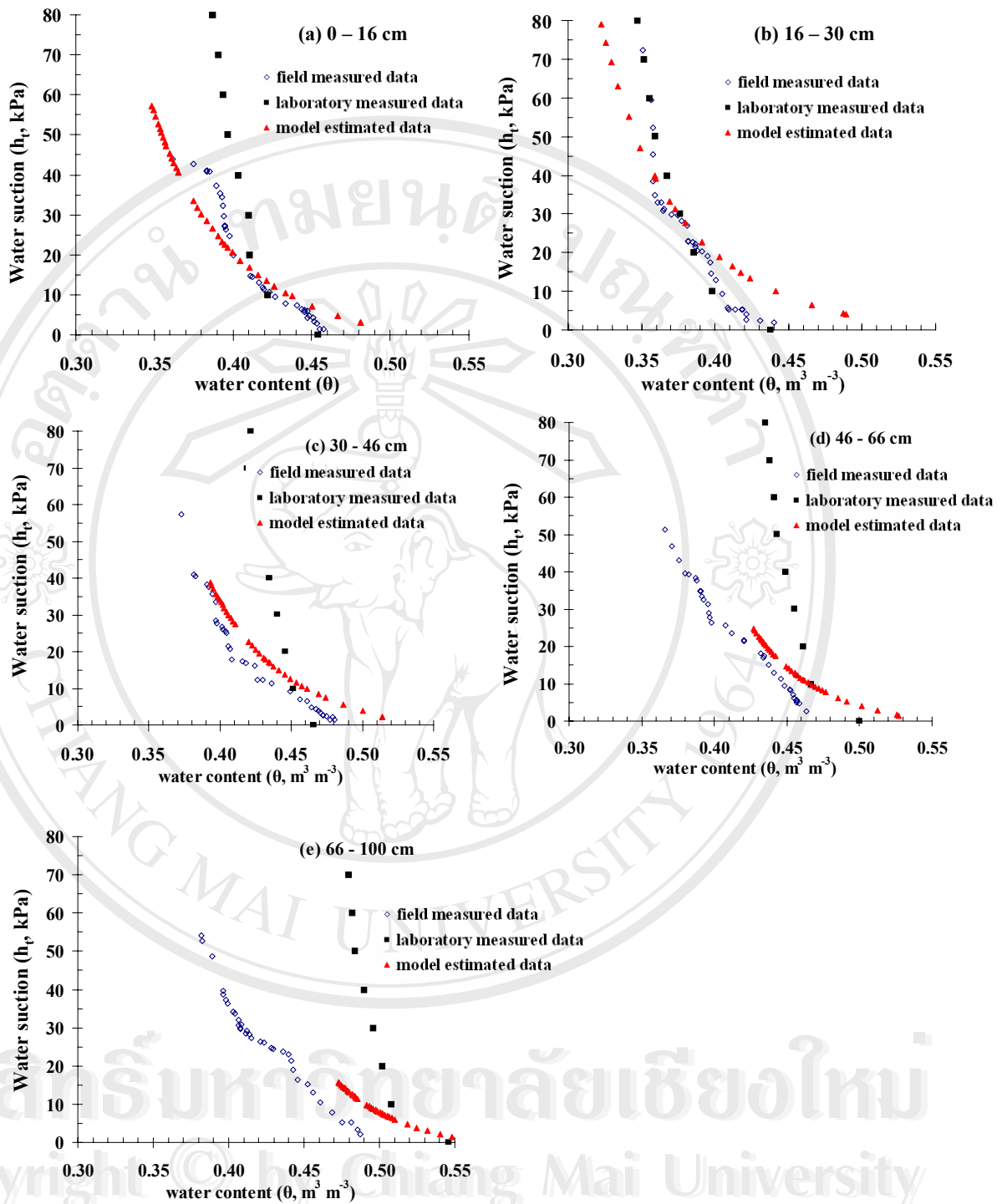


รูปที่ 5.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นและปริมาณความชื้นดิน (SWC) ของชั้นดินต่างๆ ที่วัดได้ในห้องปฏิบัติการ (a) แปลงสวนมะม่วง และ (b) ไร่ข้าวโพด

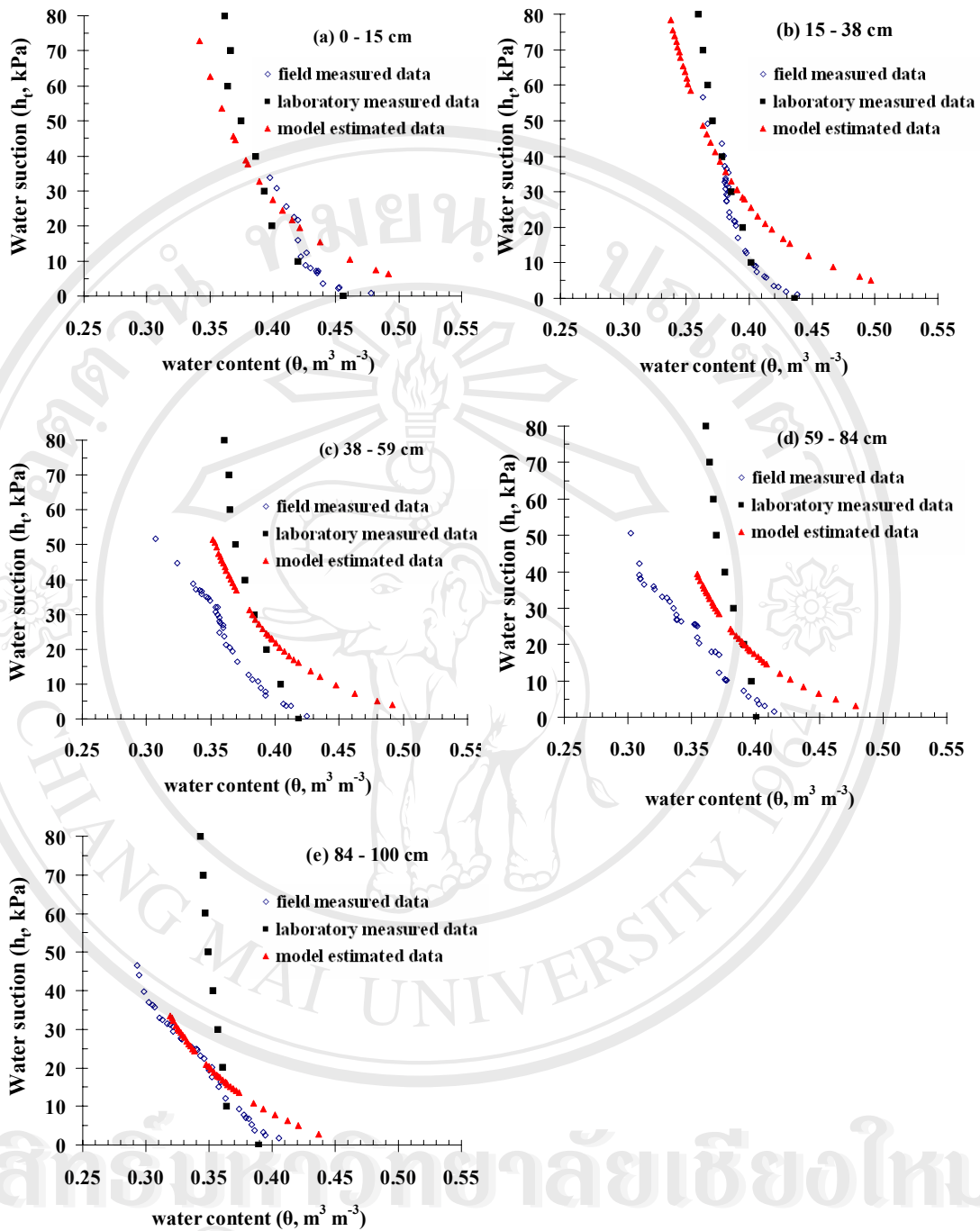
เมื่อนำค่า SWC ของสวนมะม่วงและไร่ข้าวโพดของชั้นดินต่างๆ ที่วัดได้ในภาคสนามห้องปฏิบัติการ และค่าที่ประเมินจากแบบจำลอง Hydrus-1D มาเปรียบเทียบกันโดยการสร้างกราฟ SWC ของแต่ละชั้นดิน (รูปที่ 5.8 และ 5.9) จากรูปกราฟดังกล่าวพบว่า SWC ของชั้นดินบนของดินที่ศึกษาทั้ง 2 แห่ง มีลักษณะคล้ายคลึงกันมากโดยค่า SWC ที่วัดจากภาคสนามโดยตรงและจากห้องปฏิบัติการมีค่าปริมาณความชื้น ( $\theta$ ) ไม่แตกต่างกันที่ระดับแรงดึงความชื้น ( $h_s$ ) ไม่เกิน 20 kPa อย่างไรก็ตามในช่วงความลึกของดินเกินกว่า 30 ซม. ค่า SWC ที่วัดและประเมินได้จากวิธีการดังกล่าวข้างต้น 3 วิธี เริ่มมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้เด่นชัด โดยค่า  $\theta$  ที่วัดได้จากภาคสนามโดยตรงมีแนวโน้มต่ำกว่าค่าที่ประเมินได้จากแบบจำลอง Hydrus-1D และที่วัดได้จากห้องปฏิบัติการที่  $h_s$  ระดับต่างๆ เกือบทุกกรณี (รูปที่ 5.8 c – e และ 5.9 c – e)

จากผลการศึกษาดังกล่าวข้างต้นชี้ให้เห็นว่าค่า SWC ที่ประเมินได้จากแบบจำลอง Hydrus-1D มีแนวโน้มสอดคล้องกับ SWC ที่วัดได้จากภาคสนามโดยตรง แต่จะแตกต่างกันอย่างมากจากค่าที่วัดได้ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งผลการศึกษาที่มีความขัดแย้งจากผลการศึกษาที่ผ่านมาในอดีตที่พบว่าแบบจำลอง Hydrus-1D ให้ค่า SWC ที่สอดคล้องกับค่าที่วัดได้ในห้องปฏิบัติการเท่านั้น

นอกจากนี้ผลการศึกษานี้อาจชี้ให้เห็นว่าในกรณีที่ดินมีปริมาณดินเหนียวที่สูงมาก (Clay > ร้อยละ 50) การประเมินค่า SWC จากห้องปฏิบัติการอาจให้ค่าสูงกว่าความเป็นจริงที่เกิดขึ้นในภาคสนามอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ทั้งนี้เนื่องจากความต่อเนื่องของช่องว่างในดินถูกจำกัดเมื่อมีการใช้ตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการแทนตัวอย่างดินที่แท้จริงในธรรมชาติโดยเฉพาะในดินชั้นล่าง



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



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

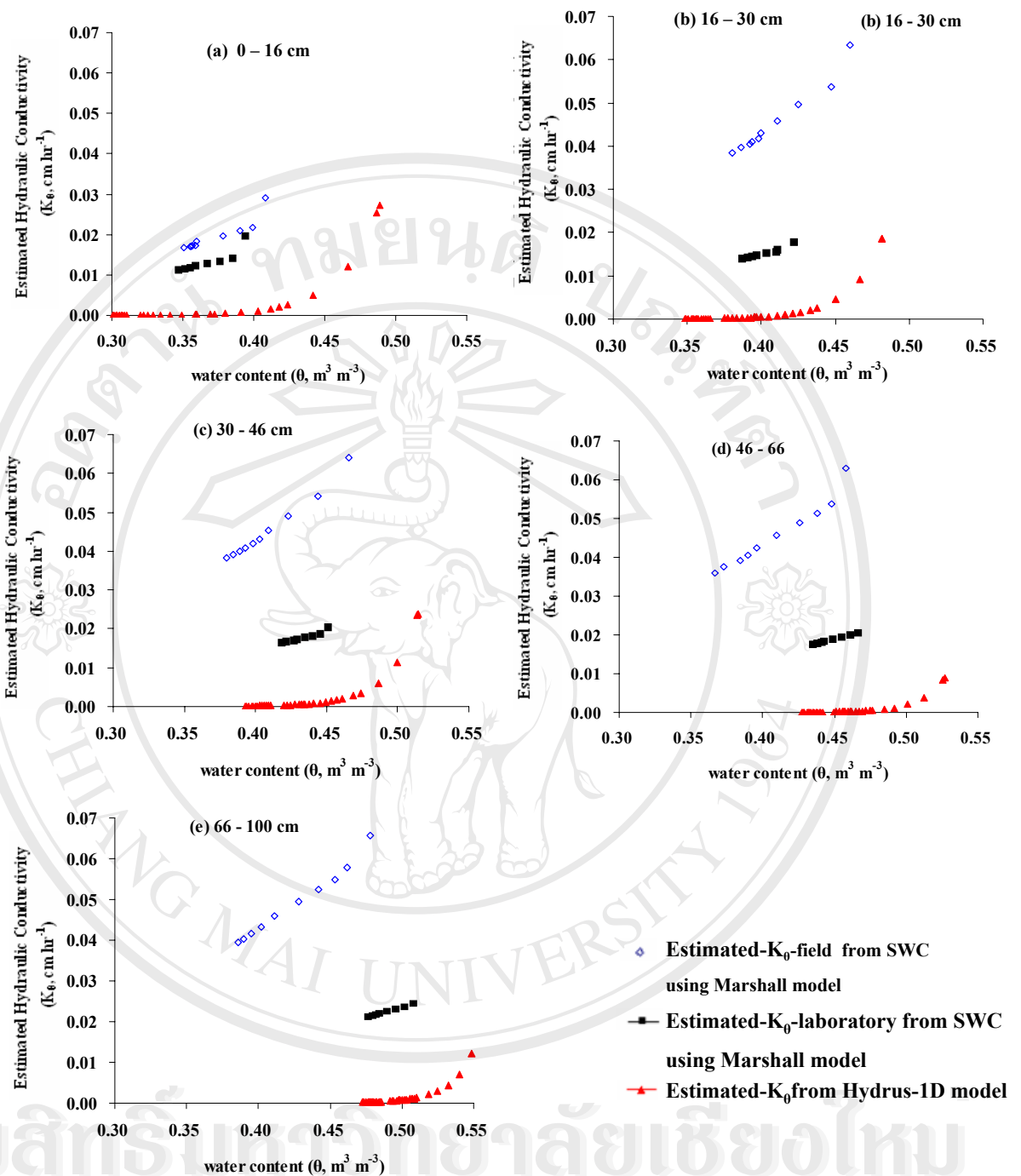
#### 5.4 ผลการประเมินสัมประสิทธิ์การซึมน้ำภายในดิน ( $K_0$ ) โดยใช้แบบจำลองของ Marshall เปรียบเทียบกับแบบจำลอง Hydrus-1D

ผลการประเมินค่าสัมประสิทธิ์การซึมน้ำภายในดิน ( $K_0$ ) ที่ระดับความชื้นต่างๆ โดยใช้แบบจำลอง Hydrus-1D ( $K_0$ -Hydrus) ที่อาศัยข้อมูลคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินเปรียบเทียบกับแบบจำลองของ Marshall ที่อาศัยความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นและปริมาณความชื้น (SWC) ที่วัดได้จากภาคสนาม ( $K_0$ -Field) และห้องปฏิบัติการ ( $K_0$ -Lab) ในสวนมะม่วงและไร่ข้าวโพด ได้แสดงค่า  $K_0$  ที่สัมพันธ์กับระดับความชื้นต่าง ๆ ( $\theta$ ) ไว้ในรูปที่ 5.10 – 5.11

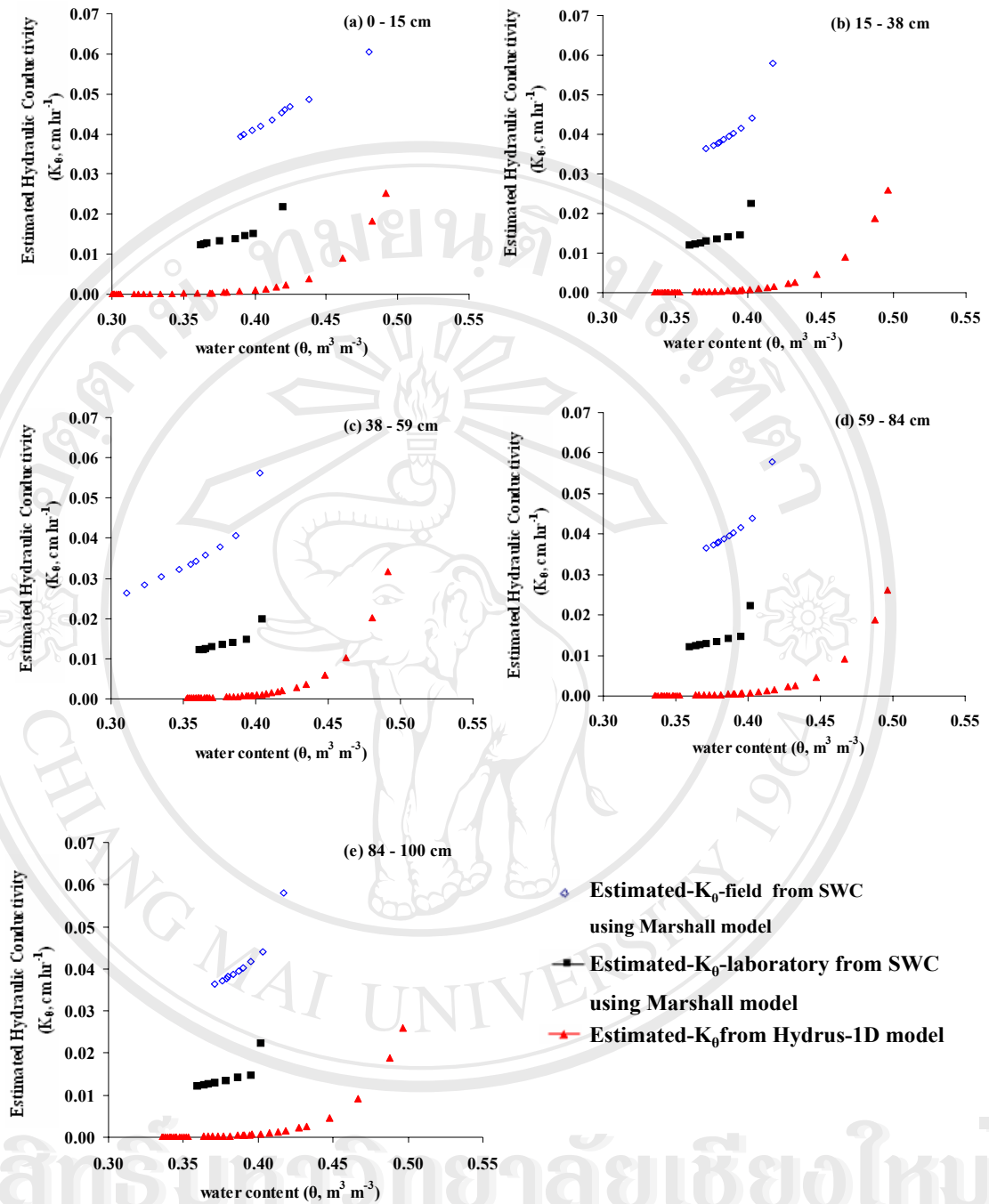
จากรูปที่ 5.10 และ 5.11 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การซึมน้ำภายในดิน ( $K_0$ ) ที่ประเมินโดยสมการของ Marshall ที่อาศัยข้อมูลจาก SWC ที่วัดได้ในภาคสนาม ( $K_0$ -Field) และห้องปฏิบัติการ ( $K_0$ -Lab) และ  $K_0$  ที่ประเมินจากแบบจำลอง Hydrus-1D ( $K_0$ -Hydrus) ในสวนมะม่วงและไร่ข้าวโพดมีลักษณะแตกต่างกันอย่างเด่นชัด โดยค่า  $K_0$ -Field มีค่าสูงที่สุดและ  $K_0$ -Hydrus มีค่าต่ำที่สุดในทุกช่วงความลึกของดิน

จากผลการศึกษาดังกล่าวข้างต้นอาจกล่าวได้ว่าค่า  $K_0$  ที่ประเมินจากทั้ง 3 วิธีการมีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมากอาจเนื่องจาก  $K_0$ -Hydrus ประเมินโดยอาศัยข้อมูลคุณสมบัติทางฟิสิกส์ เช่น ค่าการกระจายของอนุภาคดิน (Sand, Silt และ Clay) BD, FC และ WP ของดินในการคำนวณ ในขณะที่ค่า  $K_0$  ที่ประเมินจากแบบจำลองของ Marshall ใช้การคำนวณจากระดับแรงดึงความชื้นและขนาดของช่องว่างที่มีน้ำขังเต็มเป็นหลัก ดังนั้นค่า  $K_0$  ที่ประเมินได้จึงแตกต่างกัน

นอกจากนี้ค่า  $K_s$  ที่วัดได้จากห้องปฏิบัติการ (ตารางที่ 4.7 ซึ่ง  $K_s$ -Lab ของดินผิวที่วัดได้โดยตรงในห้องปฏิบัติการในสวนมะม่วงและไร่ข้าวโพดเท่ากับ 37.71 และ 42.52  $\text{cm hr}^{-1}$ ) มีค่าสูงกว่า  $K_s$  ที่ประเมินได้จากแบบจำลองอย่างมาก ( $K_s$ -Model ของดินผิวในสวนมะม่วงเท่ากับ 2.25  $\text{cm hr}^{-1}$  ส่วน  $K_s$ -Model ของดินผิวในไร่ข้าวโพดเป็น 3.10  $\text{cm hr}^{-1}$ ) ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการได้ทำลายโครงสร้างดินไปบางส่วน โดยเฉพาะการตัดความต่อเนื่องของช่องในดิน รวมถึงทำการเก็บตัวอย่างดินในช่วงฤดูแล้งซึ่งดินค่อนข้างแห้งและมีรอยแตกขนาดใหญ่ทำให้การเคลื่อนที่ของน้ำเกิดในรอยแตกขนาดใหญ่นี้ ส่วนค่า  $K_s$  ที่ประเมินจากแบบจำลอง Hydrus-1D จะอาศัย SWC ในฤดูฝนซึ่งดินมีความหนาแน่นรวมสูงหรือมีช่องว่างขนาดเล็กเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นว่าค่า  $K_0$  ที่ประเมินจากแบบจำลองไม่สามารถใช้แทนค่า  $K_0$  ที่แท้จริงได้ จำเป็นต้องมีการปรับค่าโดยใช้ matching factor หรืออาจใช้สมการปรับค่าที่เหมาะสมจากความสัมพันธ์ระหว่าง  $K_0$  ที่วัดได้จริงในภาคสนามหรือห้องปฏิบัติการและค่า  $K_0$  ที่ประเมินได้จากแบบจำลอง โดยใช้สัดส่วนของ  $K_s$  ที่วัดในห้องปฏิบัติการต่อ  $K_s$  ที่ประเมินได้จากแบบจำลองเป็นตัวปรับค่า  $K_0$  (matching factor) โดยสังเขป



รูปที่ 5.10 แสดงการเปรียบเทียบการประเมินสัมประสิทธิ์การซึมน้ำภายในดิน ( $K_{\theta}$ ) ที่ระดับความชื้นต่างๆ โดยประเมินจากแบบจำลองของ Marshall โดยใช้ SWC ที่วัดได้ใน (i) ภาคสนาม (estimated- $K_{\theta}$  from field SWC using Marshall's model) และ (ii) ห้องปฏิบัติการ (estimated- $K_{\theta}$  from laboratory SWC using Marshall's model) และ (iii)  $K_{\theta}$  ที่ประเมินจากแบบจำลอง Hydrus-1D (estimated- $K_{\theta}$  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 ในสวนมะม่วง



รูปที่ 5.11 แสดงการเปรียบเทียบการประเมินสัมประสิทธิ์การซึมน้ำภายในดิน ( $K_\theta$ ) ที่ระดับความชื้นต่างๆ โดยประเมินจากแบบจำลองของ Marshall โดยใช้ SWC ที่วัดได้ใน (i) ภาคสนาม (estimated- $K_\theta$  from field SWC using Marshall's model) และ (ii) ห้องปฏิบัติการ (estimated- $K_\theta$  from laboratory SWC using Marshall's model) และ (iii) ค่า  $K_\theta$  ที่ประเมินได้จากแบบจำลอง Hydrus-1D (estimated- $K_\theta$  from Hydrus-1D model) ที่ระดับความลึกต่างๆ ได้แก่ (a) 0 - 15 ซม. (b) 15 - 38 ซม. (c) 38 - 59 ซม. (d) 59 - 84 ซม. และ (e) 84 - 100 ซม. ตามลำดับ ในไร่ข้าวโพด



### 5.5 ผลการทดสอบทางสถิติในการเปรียบเทียบค่าความชื้นดิน ( $\theta$ ) จาก SWC ที่วัดได้ในภาคสนาม ห้องปฏิบัติการ และประเมินได้จากแบบจำลอง Hydrus-1D และการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การซึมน้ำภายในดิน ( $K_0$ ) ที่ประเมินจากรูปแบบจำลอง

จากผลการประเมินเทียบค่าปริมาณความชื้น ( $\theta$ ) จาก SWC ที่วัดได้ในภาคสนามและห้องปฏิบัติการ และสัมประสิทธิ์การซึมน้ำภายในดิน ( $K_0$ ) ที่ประเมินจาก SWC ที่วัดได้ในภาคสนามและห้องปฏิบัติการ โดยใช้รูปแบบจำลองของ Marshall (มัตติกา, 2530) และ  $K_0$  ที่ประเมินได้จากแบบจำลอง Hydrus-1D ที่ระดับแรงดึงความชื้นและความลึกของดินชั้นต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น (หัวข้อที่ 5.3 และ 5.4) เมื่อนำค่า  $\theta$  และ  $K_0$  ที่ประเมินได้มาทดสอบทางสถิติ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient,  $R^2$ ) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์และความสอดคล้องของข้อมูลที่ประเมินได้ปรากฏผลดังต่อไปนี้

จากตารางที่ 5.5 แสดงให้เห็นว่าค่าปริมาณความชื้นดิน ( $\theta$ ) ที่ประเมินได้จากแบบจำลอง Hydrus-1D มีความสัมพันธ์กับค่าที่วัดได้ในห้องปฏิบัติการและค่าที่วัดได้ในภาคสนามอย่างใกล้ชิดโดยให้ค่าเฉลี่ยของ  $R^2$  ตลอดโปรไฟล์ดินเท่ากับ 0.874 และ 0.827 ในสวนมะม่วงและเท่ากับ 0.897 และ 0.896 ในไร่ข้าวโพด ตามลำดับ ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นที่วัดได้ในภาคสนามและค่าที่ประเมินได้จากแบบจำลอง Hydrus-1D มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างสูงโดยมีค่า  $R^2$  เฉลี่ยตลอดโปรไฟล์ดินเท่ากับ 0.908 ในสวนมะม่วง และ 0.945 ในไร่ข้าวโพด

จากตารางที่ 5.6 ซึ่งให้เห็นว่าค่า  $R^2$  ของ  $K_0$  ที่ประเมินได้จากแบบจำลองของ Marshall โดยใช้ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นและปริมาณความชื้นของดิน (SWC) ที่วัดได้ในภาคสนาม ( $K_0$ -Field) และห้องปฏิบัติการ ( $K_0$ -Lab) และค่า  $K_0$  ที่ประเมินได้จากแบบจำลอง Hydrus-1D ( $K_0$ -Hydrus) มีค่าเฉลี่ย  $R^2$  ตลอดโปรไฟล์ดินระหว่าง  $K_0$ -Lab สัมพันธ์กับ  $K_0$ -Hydrus และ  $K_0$ -Lab สัมพันธ์กับ  $K_0$ -Field อย่างใกล้ชิด ( $R^2 = 0.945$  และ  $0.960$  ในสวนมะม่วง และ  $R^2 = 0.965$  และ  $0.953$  ในไร่ข้าวโพด ตามลำดับ) ส่วน  $K_0$ -Field สัมพันธ์กับ  $K_0$ -Hydrus มีค่าเฉลี่ยของ  $R^2$  ในสวนมะม่วงและไร่ข้าวโพดเท่ากับ 0.889 และ 0.908 ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์ค่า  $R^2$  ดังกล่าวข้างต้นบ่งชี้ให้เห็นว่าค่าความชื้นดินที่ระดับแรงดึงความชื้นต่างๆ ที่วัดได้ในภาคสนาม ห้องปฏิบัติการ และประเมินได้จากแบบจำลอง Hydrus-1D มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด ในทำนองเดียวกันค่าสัมประสิทธิ์การซึมน้ำภายในดินที่ระดับความชื้นต่างๆ ที่ประเมินได้จากแบบจำลองของ Marshall และ Hydrus-1D มีความสอดคล้องกันค่อนข้างสูง

ตารางที่ 5.5 แสดงค่า  $R^2$  ของปริมาณความชื้น ( $\theta$ ,  $m^3 m^{-3}$ ) ที่แรงดึงความชื้น ( $h_c$ , kPa) ต่างๆ กัน ระหว่างข้อมูลในภาคสนาม ห้องปฏิบัติการ และประเมินได้จากแบบจำลอง Hydrus-1D ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบสวนมะม่วงและไร่ข้าวโพด

	Mango Orchard		Maize Field	
	ความลึก (depth)	$R^2$	ความลึก (depth)	$R^2$
<b>Hydrus-1D vs Measured laboratory <math>\theta</math></b>	<b>0 - 16</b>	<b>0.956*</b>	<b>0 - 15</b>	<b>0.990*</b>
	<b>16 - 30</b>	<b>0.947*</b>	<b>15 - 38</b>	<b>0.987*</b>
	<b>30 - 46</b>	<b>0.908*</b>	<b>38 - 59</b>	<b>0.915*</b>
	<b>46 - 66</b>	<b>0.810*</b>	<b>59 - 84</b>	<b>0.896*</b>
	<b>66 - 100</b>	<b>0.750*</b>	<b>84 - 100</b>	<b>0.696*</b>
	<b>MEAN</b>	<b>0.874</b>	<b>MEAN</b>	<b>0.897</b>
<b>Hydrus-1D vs Measured field <math>\theta</math></b>	<b>0 - 16</b>	<b>0.942*</b>	<b>0 - 15</b>	<b>0.965*</b>
	<b>16 - 30</b>	<b>0.987*</b>	<b>15 - 38</b>	<b>0.957*</b>
	<b>30 - 46</b>	<b>0.970*</b>	<b>38 - 59</b>	<b>0.970*</b>
	<b>46 - 66</b>	<b>0.811*</b>	<b>59 - 84</b>	<b>0.941*</b>
	<b>66 - 100</b>	<b>0.829*</b>	<b>84 - 100</b>	<b>0.894*</b>
	<b>MEAN</b>	<b>0.908</b>	<b>MEAN</b>	<b>0.945</b>
<b>Measured laboratory <math>\theta</math> vs Measured field <math>\theta</math></b>	<b>0 - 16</b>	<b>0.956*</b>	<b>0 - 15</b>	<b>0.973*</b>
	<b>16 - 30</b>	<b>0.908*</b>	<b>15 - 38</b>	<b>0.905*</b>
	<b>30 - 46</b>	<b>0.686*</b>	<b>38 - 59</b>	<b>0.969*</b>
	<b>46 - 66</b>	<b>0.728*</b>	<b>59 - 84</b>	<b>0.967*</b>
	<b>66 - 100</b>	<b>0.858*</b>	<b>84 - 100</b>	<b>0.667</b>
	<b>MEAN</b>	<b>0.827</b>	<b>MEAN</b>	<b>0.896</b>

\* สอดคล้องกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 5.6 แสดงค่า  $R^2$  ของการประเมินค่าสัมประสิทธิ์การซึมน้ำภายในดิน (Unsaturated Hydraulic Conductivity,  $K_0$ ;  $\text{cm hr}^{-1}$ ) ระหว่างแบบจำลองของ Marshall โดยใช้ SWC จากข้อมูลที่วัดได้ในภาคสนามและห้องปฏิบัติการ และค่า  $K_0$  ที่ประเมินได้จากแบบจำลอง Hydrus-1D ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบสวนมะม่วงและไร่ข้าวโพด

	Mango Orchard		Maize Field	
	ความลึก (depth)	$R^2$	ความลึก (depth)	$R^2$
Estimated $K_0$ from Hydrus-1D model vs Estimated laboratory $K_0$ using Marshall model	0 - 16	0.930*	0 - 15	0.974*
	16 - 30	0.920*	15 - 38	0.945*
	30 - 46	0.950*	38 - 59	0.980*
	46 - 66	0.980*	59 - 84	0.946*
	66 - 100	na	84 - 124	0.980*
	MEAN	<b>0.945</b>	MEAN	<b>0.965</b>
Estimated $K_0$ from Hydrus-1D model vs Estimated field $K_0$ using Marshall model	0 - 16	0.637*	0 - 15	0.676*
	16 - 30	0.970*	15 - 38	0.973*
	30 - 46	0.990*	38 - 59	0.981*
	46 - 66	0.960*	59 - 84	0.930*
	66 - 100	na	84 - 124	0.980*
	MEAN	<b>0.889</b>	MEAN	<b>0.908</b>
Estimated laboratory $K_0$ using Marshall model vs Estimated field $K_0$ using Marshall model	0 - 16	0.954*	0 - 15	0.970*
	16 - 30	0.970*	15 - 38	0.971*
	30 - 46	0.977*	38 - 59	0.954*
	46 - 66	0.940*	59 - 84	0.958*
	66 - 100	na	84 - 124	0.910*
	MEAN	<b>0.960</b>	MEAN	<b>0.953</b>

na = not available (ไม่ได้ทำการวิเคราะห์)

\* สอดคล้องกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95