



# วิทยานิพนธ์

การประยุกต์แบบจำลอง Rutter เพื่อศึกษากระบวนการนำพืชยึด  
ในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน บริเวณลุ่มน้ำแม่สา  
จังหวัดเชียงใหม่

APPLICATION OF RUTTER MODEL ON INTERCEPTION  
PROCESS OF DIFFERENT LANDUSES AT MAE SA  
WATERSHED, CHIANG MAI PROVINCE

นายจักรกริช ไชยเนตร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550



## ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม)  
ปริญญา

การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม  
สาขา

อนุรักษ์วิทยา  
ภาควิชา

เรื่อง การประยุกต์แบบจำลอง Rutter เพื่อศึกษากระบวนการน้ำพืชยึดในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน บริเวณลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่

Application of Rutter Model on Interception Process of Different Landuses at Mae Sa Watershed, Chiang Mai Province

นามผู้วิจัย นายจักรกริช ไชยเนตร

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

( อาจารย์ชัชชัย ตันตสิรินทร์, วท.ม. )

กรรมการ

( อาจารย์พงษ์ศักดิ์ วิทวัสติกุล, วท.ค. )

กรรมการ

( อาจารย์จงรัก วัชรินทร์รัตน์, วท.ค. )

หัวหน้าภาควิชา

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.ชนันท์ เอ็มพันธุ์, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์นาย อางคหาญ, M.A. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 1 เดือน มิ.ย พ.ศ. 2550

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประยุกต์แบบจำลอง Rutter เพื่อศึกษากระบวนการน้ำพืชยึดในพื้นที่  
การใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน บริเวณลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่

Application of Rutter Model on Interception Process of Different Landuses  
at Mae Sa Watershed, Chiang Mai Province

โดย

นายจักรกริช ไชยเนตร

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม)

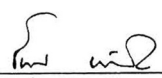
พ.ศ. 2550

จักรกริช ไชยเนตร 2550: การประยุกต์แบบจำลอง Rutter เพื่อศึกษากระบวนการนำพืชขึ้นในพื้นที่  
การใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน บริเวณลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
(การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม) สาขาวิชาการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา  
ประธานกรรมการที่ปรึกษา: อาจารย์ชัชชัย ตันตสิรินทร์, วท.ม. 132 หน้า

การศึกษากระบวนการนำพืชขึ้นครั้งนี้ดำเนินการในส่วนล้นจี่และป่ารุ่นสองบริเวณลุ่มน้ำแม่สา  
จังหวัดเชียงใหม่ โดยตรวจวัดปริมาณน้ำฝนเหนือเรือนยอดด้วยเครื่องบันทึกอัตโนมัติชนิดด้วยกระดกและติด  
ตั้งเครื่องวัดน้ำฝนผ่านเรือนยอดจำนวน 3 เครื่อง (Th11, Th12 และ Th13) ภายใต้เรือนยอดแต่ละแปลงทดลอง  
ปริมาณฝนที่ตกผ่านเรือนยอดอย่างอิสระ น้ำที่ค้างและระบายจากเรือนยอด ประมาณค่าโดยใช้แบบจำลอง  
Rutter และปรับเทียบพารามิเตอร์ของแบบจำลองด้วยวิธีการ Generalized Reduced Gradient การทดสอบความ  
ถูกต้องดำเนินการโดยเปรียบเทียบค่าที่ประมาณจากแบบจำลองกับค่าที่ตรวจวัดจริงด้วยค่าประสิทธิภาพในการ  
จำลองแบบ (model efficiency, EFF) ของ Nash and Sutcliffe ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

ค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณจากการปรับเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลที่เลือกมา 5 ช่วงเวลา มีค่าดังนี้ ค่า  
สัมประสิทธิ์น้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระ ( $p$ ) ของสวนล้นจี่ที่ตำแหน่ง Th11, Th12 และ Th13 มีค่าเท่ากับ 0.72,  
0.71, 0.62 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.68 สมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอด ( $S$ ) มีค่าอยู่ในช่วง 0.46-  
0.93 มม. และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.66 มม. สัมประสิทธิ์การระบายน้ำเริ่มแรกจากเรือนยอด ( $D_s$ ) มีค่าอยู่ในช่วง  
0.09-0.31 และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.21 ส่วนสัมประสิทธิ์การระบายน้ำจากเรือนยอด ( $b$ ) มีค่าอยู่ในช่วง 0.75-1.47  
และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.07 ปริมาณน้ำพืชขึ้นที่ประมาณได้จากแบบจำลองจากข้อมูลที่เลือกมา 5 ช่วงเวลา คิดเป็น  
ร้อยละ 4.04-5.11 โดยมีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 4.28 ของปริมาณน้ำฝนเหนือเรือนยอด ค่า EFF ที่เกิดจากการ  
ประมาณค่าโดยใช้พารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบแต่ละช่วงข้อมูลมีค่าอยู่ระหว่าง 0.8413-0.9826 และที่เกิด  
จากการใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.8064-0.9100 ส่วนพื้นที่ป่ารุ่นสองที่ตำแหน่ง Th11, Th12 และ  
Th13 มีค่า  $p$  น้อยกว่าคือมีค่าเท่ากับ 0.38, 0.43, 0.50 ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.44 แต่มีค่า  $S$  สูงกว่า คือมี  
ค่าอยู่ในช่วง 1.01-1.54 มม. และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.20 มม. ส่วนค่าสัมประสิทธิ์  $D_s$  มีค่าอยู่ในช่วง 0.20-0.39  
และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.29 และ  $b$  มีค่าอยู่ในช่วง 0.41-1.50 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.91 ปริมาณน้ำพืชขึ้นที่  
ประมาณได้จากข้อมูลที่เลือก 5 ช่วงเวลา คิดเป็นร้อยละ 7.19-7.81 และค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 7.71 ของปริมาณ  
น้ำฝนเหนือเรือนยอด ค่า EFF ที่เกิดจากการประมาณค่าโดยใช้พารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบแต่ละช่วง  
ข้อมูล มีค่าอยู่ระหว่าง 0.7490-0.9732 และที่เกิดจากการใช้พารามิเตอร์เฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 0.7136-0.8874

  
ลายมือชื่อนิสิต

  
ลายมือชื่อประธานกรรมการ

28 / พ.ค. / 2550

Jakkrit Chainet 2007: Application of Rutter Model on Interception Process of Different Landuses at Mae Sa Watershed, Chiang Mai Province. Mater of Science (Watershed and Environmental Management), Major Field: Watershed and Environmental Management, Department of Conservation. Thesis Advisor: Mr. Chatchai Tantasirin, MS. 132 pages.

A study on interception process was conducted on a lychee plantation and a secondary forest at Mae Sa Watershed, Chiang Mai province, northern Thailand. Gross rainfall was measured above the canopy using tipping bucket automatic recording rain gage. Three locations of automatic recording throughfall gages (Th11, Th12 and Th13) were set up beneath the canopy of each study plot. Rutter model was applied to estimate amount of water that fall freely pass through the canopy and water store on and drain from the canopy. Several storms of measured rainfall and throughfall were selected to verify estimated results from the model using a parameter called Model Efficiency (EFF) proposed by Nash and Sutcliffe. Several model parameters were calibrated using Generalized Reduced Gradient technique. The results can be summarized as follow.

Calibrated parameters deriving based on 5 periods of selected data of each plot are as follow. The free throughfall coefficients ( $p$ ) of lychee plantation calibrated from the model at Th11, Th12 and Th13 is 0.72, 0.71 and 0.62 respectively which is averagely equal to 0.68. Canopy capacity ( $S$ ) ranging from 0.46-0.93 mm. were found, which is averagely equal to 0.66 mm. Coefficients of the canopy drainage equation,  $D_s$  and  $b$  vary from 0.09-0.31 and 0.75-1.47 respectively or averagely equal to 0.21 and 1.07 respectively. Estimated interception from the model range from 4.04 - 5.11 or averagely equal to 4.28 percent of gross rainfall. EFF of each selected storm vary from 0.8413–0.9826. However, efficiency of estimation decreases (0.8064–0.9100) when average value of parameters were applied. In the secondary forest,  $p$  coefficient is lower than that found at lychee plantation. Values at Th11, Th12 and Th13 is 0.38, 0.43 and 0.50 respectively which is averagely equal to 0.44. However, canopy capacity is higher ranging from 1.01–1.54 mm. or averagely equal to 1.20 mm.  $D_s$  and  $b$  vary from 0.20-0.39 and 0.41-1.50 respectively or averagely equal to 0.29 and 0.91 respectively. Estimated interception of the secondary forest is higher than that found in lychee plantation. It vary from 7.19–7.81 or averagely equal to 7.71 percent of gross rainfall. EFF of each selected storm vary from 0.7490–0.9732 and range from 0.7136–0.8874 when average value of parameters were employed.

J. Chainet

Student's signature

C. Tantasirin

Thesis Advisor's signature

28 / May / 2007

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความช่วยเหลือจากหลายท่าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ชัชชัย ตันตลีรินทร์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา และคณะกรรมการอันประกอบด้วยอาจารย์พงษ์ศักดิ์ วิทวัสติกุล กรรมการวิชาเอก อาจารย์จรงค์ วัชรินทร์รัตน์ กรรมการวิชาการ อาจารย์ณัฏมล วงศ์ธนาสุนทร ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัยและศาสตราจารย์นิพนธ์ ตั้งธรรม ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ชี้แนะแนวทางในการดำเนินการวิจัย ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขจนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ไปด้วยดี

ขอขอบคุณโครงการ The Role of Land-Cover Change in Montane Mainland SE Asia in Altering Regional Hydrological Processes Under a Changing Climate ร่วมกับมหาวิทยาลัยฮาวาย ประเทศสหรัฐอเมริกาที่ได้ดูแลและให้ข้อมูลและขอขอบพระคุณ Dr.Alan ที่คอยให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูลในพื้นที่ศึกษา

ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้องๆ นิสิตปริญญาโทและเอก สาขาการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตลอดจนเพื่อนวนศาสตร์รุ่นที่ 66 ทุก ๆ คน ที่ได้ช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อศุภชัย คุณแม่แสงวุ่น ไชยเนตร ที่สนับสนุนและช่วยเหลือ รวมทั้งส่งความรักและความอบอุ่นมาเป็นกำลังใจให้ตลอดเวลา คุณประโยชน์อันพึงได้จากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ขอมอบแด่ บพการี ญาติพี่น้อง คณาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีต่อผู้วิจัยมาจนถึงทุกวันนี้

จักรกริช ไชยเนตร

พฤษภาคม 2550

## สารบัญ

|                      | หน้า |
|----------------------|------|
| สารบัญ               | (1)  |
| สารบัญตาราง          | (2)  |
| สารบัญภาพ            | (3)  |
| คำนำ                 | 1    |
| วัตถุประสงค์         | 3    |
| การตรวจเอกสาร        | 4    |
| อุปกรณ์และวิธีการ    | 18   |
| อุปกรณ์              | 18   |
| วิธีการ              | 18   |
| ผลและวิจารณ์         | 34   |
| สรุปและข้อเสนอแนะ    | 80   |
| สรุป                 | 80   |
| ข้อเสนอแนะ           | 81   |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง | 83   |
| ภาคผนวก              | 87   |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่         |                                                                                                                                                                       | หน้า |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1                | ผลการศึกษาปริมาณน้ำพืชยึดในประเทศไทย                                                                                                                                  | 9    |
| 2                | ผลการศึกษาปริมาณน้ำพืชยึดในต่างประเทศ                                                                                                                                 | 12   |
| 3                | ส่วนประกอบของ Gash's analytical Model                                                                                                                                 | 16   |
| 4                | น้ำฝนเหนือเรือนยอดและน้ำฝนผ่านเรือนยอดในพื้นที่สวนลั่นจี่<br>และป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ ปีพ.ศ.2548                                                  | 36   |
| 5                | พารามิเตอร์ของแบบจำลองในพื้นที่สวนลั่นจี่และป่ารุ่นสอง<br>กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ ปีพ.ศ.2548                                                                   | 48   |
| 6                | ปริมาณน้ำพืชยึดที่ได้จากตรวจวัดและปริมาณน้ำพืชยึดที่ได้จากแบบจำลอง<br>ในพื้นที่สวนลั่นจี่และป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ ปีพ.ศ.2548                      | 54   |
| 7                | ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดและประสิทธิภาพของการจำลองแบบที่ได้จาก<br>พารามิเตอร์แต่ละช่วงเวลาในพื้นที่สวนลั่นจี่และป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา<br>จังหวัดเชียงใหม่ ปีพ.ศ.2548 | 57   |
| 8                | ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดและประสิทธิภาพของการจำลองแบบที่ได้จาก<br>พารามิเตอร์เฉลี่ยในพื้นที่สวนลั่นจี่และป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา<br>จังหวัดเชียงใหม่ ปีพ.ศ.2548        | 79   |
| <br>ตารางผนวกที่ |                                                                                                                                                                       |      |
| 1                | ลักษณะการตกของน้ำฝนเหนือเรือนยอด บริเวณสวนลั่นจี่<br>และป่ารุ่นสองกลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ ปีพ.ศ.2548                                                           | 88   |

## สารบัญภาพ

| ภาพที่ |                                                                                                                                        | หน้า |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1      | การจำแนกประเภทของแบบจำลอง                                                                                                              | 5    |
| 2      | กรอบแนวคิด Rutter model                                                                                                                | 14   |
| 3      | พื้นที่ศึกษาบริเวณสวนลีนจีและป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่                                                                 | 19   |
| 4      | การติดตั้งเครื่องวัดน้ำฝนผ่านเรือนยอดแบบบันทึกอัตโนมัติชนิดด้วยกระดาษ                                                                  | 20   |
| 5      | ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องวัดน้ำฝนเหนือเรือนยอดและเครื่องวัดน้ำฝนผ่านเรือนยอด บริเวณสวนลีนจี                                             | 21   |
| 6      | ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องวัดน้ำฝนเหนือเรือนยอดและเครื่องวัดน้ำฝนผ่านเรือนยอดบริเวณป่ารุ่นสอง                                            | 22   |
| 7      | กรอบแนวคิดของการประยุกต์แบบจำลองน้ำพืช                                                                                                 | 25   |
| 8      | พื้นที่ปกคลุมของเรือนยอดบริเวณสวนลีนจี                                                                                                 | 26   |
| 9      | พื้นที่ปกคลุมของเรือนยอดบริเวณป่ารุ่นสอง                                                                                               | 26   |
| 10     | สภาพภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาน้ำพืช กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่                                                                     | 31   |
| 11     | น้ำฝนเหนือเรือนยอด, น้ำฝนผ่านเรือนยอด (Th11, Th12, Th13) และน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย (Avg) ระหว่างวันที่ 6-8 พ.ค. 2548 บริเวณสวนลีนจี   | 37   |
| 12     | น้ำฝนเหนือเรือนยอด, น้ำฝนผ่านเรือนยอด (Th11, Th12, Th13) และน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย (Avg) ระหว่างวันที่ 2-4 มิ.ย. 2548 บริเวณสวนลีนจี  | 38   |
| 13     | น้ำฝนเหนือเรือนยอด, น้ำฝนผ่านเรือนยอด (Th11, Th12, Th13) และน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย (Avg) ระหว่างวันที่ 12-13 ก.ค. 2548 บริเวณสวนลีนจี | 39   |
| 14     | น้ำฝนเหนือเรือนยอด, น้ำฝนผ่านเรือนยอด (Th11, Th12, Th13) และน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย (Avg) ระหว่างวันที่ 12-14 ส.ค. 2548 บริเวณสวนลีนจี | 40   |
| 15     | น้ำฝนเหนือเรือนยอด, น้ำฝนผ่านเรือนยอด (Th11, Th12, Th13) และน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย (Avg) ระหว่างวันที่ 10-12 ก.ย. 2548 บริเวณสวนลีนจี | 41   |
| 16     | น้ำฝนเหนือเรือนยอด, น้ำฝนผ่านเรือนยอด (Th11, Th12, Th13) และน้ำฝนผ่านเรือนยอด (Avg) ระหว่างวันที่ 6-8 พ.ค. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง       | 42   |

### สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ |                                                                                                                                             | หน้า |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 17     | น้ำฝนเหนือเรือนยอด, น้ำฝนผ่านเรือนยอด (Th11, Th12, Th13) และน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย (Avg) ระหว่างวันที่ 19-22 มิ.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง   | 43   |
| 18     | น้ำฝนเหนือเรือนยอด, น้ำฝนผ่านเรือนยอด (Th11, Th12, Th13) และน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย (Avg) ระหว่างวันที่ 16-18 ส.ค. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง    | 44   |
| 19     | น้ำฝนเหนือเรือนยอด, น้ำฝนผ่านเรือนยอด (Th11, Th12, Th13) และน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย (Avg) ระหว่างวันที่ 18-20 ก.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง    | 45   |
| 20     | น้ำฝนเหนือเรือนยอด, น้ำฝนผ่านเรือนยอด (Th11, Th12, Th13) และน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย (Avg) ระหว่างวันที่ 20-22 ก.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง    | 46   |
| 21     | ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการตรวจวัด ( $Th_{obs}$ ) และประมาณจากแบบจำลอง ( $Th_{est}$ ) ระหว่างวันที่ 6-8 พ.ค. 2548 บริเวณสวนลินจี่   | 58   |
| 22     | ประสิทธิภาพของการจำลองแบบระหว่างวันที่ 6-8 พ.ค. 2548 บริเวณสวนลินจี่                                                                        | 59   |
| 23     | ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการตรวจวัด ( $Th_{obs}$ ) และประมาณจากแบบจำลอง ( $Th_{est}$ ) ระหว่างวันที่ 2-4 มิ.ย. 2548 บริเวณสวนลินจี่  | 60   |
| 24     | ประสิทธิภาพของการจำลองแบบระหว่างวันที่ 2-4 มิ.ย. 2548 บริเวณสวนลินจี่                                                                       | 61   |
| 25     | ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการตรวจวัด ( $Th_{obs}$ ) และประมาณจากแบบจำลอง ( $Th_{est}$ ) ระหว่างวันที่ 12-13 ก.ค. 2548 บริเวณสวนลินจี่ | 62   |
| 26     | ประสิทธิภาพของการจำลองแบบระหว่างวันที่ 12-13 ก.ค. 2548 บริเวณสวนลินจี่                                                                      | 63   |
| 27     | ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการตรวจวัด ( $Th_{obs}$ ) และประมาณจากแบบจำลอง ( $Th_{est}$ ) ระหว่างวันที่ 12-14 ส.ค. 2548 บริเวณสวนลินจี่ | 64   |
| 28     | ประสิทธิภาพของการจำลองแบบระหว่างวันที่ 12-14 ส.ค. 2548 บริเวณสวนลินจี่                                                                      | 65   |
| 29     | ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการตรวจวัด ( $Th_{obs}$ ) และประมาณจากแบบจำลอง ( $Th_{est}$ ) ระหว่างวันที่ 10-12 ก.ย. 2548 บริเวณสวนลินจี่ | 66   |
| 30     | ประสิทธิภาพของการจำลองแบบระหว่างวันที่ 10-12 ก.ย. 2548 บริเวณสวนลินจี่                                                                      | 67   |

### สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่            |                                                                                                                                               | หน้า |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 31                | ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการตรวจวัด ( $Th_{obs}$ ) และประมาณจากแบบจำลอง ( $Th_{est}$ ) ระหว่างวันที่ 6-8 พ.ค. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง    | 68   |
| 32                | ประสิทธิภาพของการจำลองแบบระหว่างวันที่ 6-8 พ.ค. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง                                                                         | 69   |
| 33                | ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการตรวจวัด ( $Th_{obs}$ ) และประมาณจากแบบจำลอง ( $Th_{est}$ ) ระหว่างวันที่ 19-22 มิ.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง | 70   |
| 34                | ประสิทธิภาพของการจำลองแบบระหว่างวันที่ 19-22 มิ.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง                                                                      | 71   |
| 35                | ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการตรวจวัด ( $Th_{obs}$ ) และประมาณจากแบบจำลอง ( $Th_{est}$ ) ระหว่างวันที่ 16-18 ส.ค. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง  | 72   |
| 36                | ประสิทธิภาพของการจำลองแบบระหว่างวันที่ 16-18 ส.ค. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง                                                                       | 73   |
| 37                | ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการตรวจวัด ( $Th_{obs}$ ) และประมาณจากแบบจำลอง ( $Th_{est}$ ) ระหว่างวันที่ 18-20 ก.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง  | 74   |
| 38                | ประสิทธิภาพของการจำลองแบบระหว่างวันที่ 18-20 ก.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง                                                                       | 75   |
| 39                | ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการตรวจวัด ( $Th_{obs}$ ) และประมาณจากแบบจำลอง ( $Th_{est}$ ) ระหว่างวันที่ 28-30 ก.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง  | 76   |
| 40                | ประสิทธิภาพของการจำลองแบบระหว่างวันที่ 28-30 ก.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง                                                                       | 77   |
| <b>ภาพผนวกที่</b> |                                                                                                                                               |      |
| 1                 | ความหนักเบาของฝนจากน้ำฝนราย 1 นาทีและ 20 นาที บริเวณสวนลั่นจี่ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ ปีพ.ศ. 2548                                       | 89   |
| 2                 | ความหนักเบาของฝนจากน้ำฝนราย 1 นาทีและ 20 นาที บริเวณป่ารุ่นสองลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ ปีพ.ศ. 2548                                       | 90   |
| 3                 | ความสำคัญระหว่างค่าพารามิเตอร์กับค่า RMSE ตำแหน่ง Th11 ระหว่างวันที่ 2-4 มิ.ย. 2548 บริเวณสวนลั่นจี่ ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่            | 91   |

### สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพผนวกที่ | หน้า                                                                                                                                   |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4          | ความสำคัญระหว่างค่าพารามิเตอร์กับค่า RMSE ตำแหน่ง Th11 ระหว่างวันที่ 6-8 มิ.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ 92 |
| 5          | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th11 ระหว่างวันที่ 6-8 พ.ค. 2548 บริเวณสวนลั่นจี่ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ 93              |
| 6          | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th12 ระหว่างวันที่ 6-8 พ.ค. 2548 บริเวณสวนลั่นจี่ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ 94              |
| 7          | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th13 ระหว่างวันที่ 6-8 พ.ค. 2548 บริเวณสวนลั่นจี่ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ 95              |
| 8          | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย Avg ระหว่างวันที่ 6-8 พ.ค. 2548 บริเวณสวนลั่นจี่ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ 96                |
| 9          | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th11 ระหว่างวันที่ 2-4 มิ.ย. 2548 บริเวณสวนลั่นจี่ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ 97             |
| 10         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th12 ระหว่างวันที่ 2-4 มิ.ย. 2548 บริเวณสวนลั่นจี่ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ 98             |
| 11         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th13 ระหว่างวันที่ 2-4 มิ.ย. 2548 บริเวณสวนลั่นจี่ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ 99             |
| 12         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย Avg ระหว่างวันที่ 2-4 มิ.ย. 2548 บริเวณสวนลั่นจี่ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ 100              |
| 13         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th11 ระหว่างวันที่ 12-13 ก.ค. 2548 บริเวณสวนลั่นจี่ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ 101           |
| 14         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th12 ระหว่างวันที่ 12-13 ก.ค. 2548 บริเวณสวนลั่นจี่ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ 102           |
| 15         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th13 ระหว่างวันที่ 12-13 ก.ค. 2548 บริเวณสวนลั่นจี่ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ 103           |

### สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพผนวกที่ |                                                                                                                             | หน้า |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 16         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย Avg ระหว่างวันที่<br>12-13 ก.ค. 2548 บริเวณสวนลั่นจี่ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่   | 104  |
| 17         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th11 ระหว่างวันที่<br>12-14 ส.ค. 2548 บริเวณสวนลั่นจี่ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ | 105  |
| 18         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th12 ระหว่างวันที่<br>12-14 ส.ค. 2548 บริเวณสวนลั่นจี่ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ | 106  |
| 19         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th13 ระหว่างวันที่<br>12-14 ส.ค. 2548 บริเวณสวนลั่นจี่ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ | 107  |
| 20         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย Avg ระหว่างวันที่<br>12-14 ส.ค. 2548 บริเวณสวนลั่นจี่ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่   | 108  |
| 21         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th11 ระหว่างวันที่<br>10-12 ก.ย. 2548 บริเวณสวนลั่นจี่ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ | 109  |
| 22         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th12 ระหว่างวันที่<br>10-12 ก.ย. 2548 บริเวณสวนลั่นจี่ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ | 110  |
| 23         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th13 ระหว่างวันที่<br>10-12 ก.ย. 2548 บริเวณสวนลั่นจี่ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ | 111  |
| 24         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย Avg ระหว่างวันที่<br>10-12 ก.ย. 2548 บริเวณสวนลั่นจี่ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่   | 112  |
| 25         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th11 ระหว่างวันที่<br>6-8 พ.ค. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่   | 113  |
| 26         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th12 ระหว่างวันที่<br>6-8 พ.ค. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่   | 114  |
| 27         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th13 ระหว่างวันที่<br>6-8 พ.ค. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่   | 115  |

### สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพผนวกที่ |                                                                                                                           | หน้า |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 28         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย Avg ระหว่างวันที่ 6-8 พ.ค. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่      | 116  |
| 29         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th11 ระหว่างวันที่ 19-22 มิ.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ | 117  |
| 30         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th12 ระหว่างวันที่ 19-22 มิ.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ | 118  |
| 31         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th13 ระหว่างวันที่ 19-22 มิ.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ | 119  |
| 32         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย Avg ระหว่างวันที่ 19-22 มิ.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่   | 120  |
| 33         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th11 ระหว่างวันที่ 16-18 ส.ค. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่  | 121  |
| 34         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th12 ระหว่างวันที่ 16-18 ส.ค. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่  | 122  |
| 35         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th13 ระหว่างวันที่ 16-18 ส.ค. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่  | 123  |
| 36         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย Avg ระหว่างวันที่ 16-18 ส.ค. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่    | 124  |
| 37         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th11 ระหว่างวันที่ 18-20 ก.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่  | 125  |
| 38         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th12 ระหว่างวันที่ 18-20 ก.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่  | 126  |
| 39         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th13 ระหว่างวันที่ 18-20 ก.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่  | 127  |

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

| ภาพผนวกที่ |                                                                                                                          | หน้า |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 40         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย Avg ระหว่างวันที่ 18-20 ก.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่   | 128  |
| 41         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th11 ระหว่างวันที่ 28-30 ก.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ | 129  |
| 42         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th12 ระหว่างวันที่ 28-30 ก.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ | 130  |
| 43         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th13 ระหว่างวันที่ 28-30 ก.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ | 131  |
| 44         | กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย Avg ระหว่างวันที่ 28-30 ก.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่   | 132  |

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

|                   |     |                                                   |
|-------------------|-----|---------------------------------------------------|
| R                 | คือ | น้ำฝนเหนือเรือนยอด (มิลลิเมตร)                    |
| Th                | คือ | น้ำฝนผ่านเรือนยอด (มิลลิเมตร)                     |
| I                 | คือ | น้ำพืชยึด (มิลลิเมตร)                             |
| $p$               | คือ | สัมประสิทธิ์ของน้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระ            |
| $pR$              | คือ | น้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระ (มิลลิเมตร)               |
| $(1-p)R$          | คือ | น้ำฝนที่ตกบนเรือนยอด (มิลลิเมตร)                  |
| $C_t$             | คือ | น้ำฝนที่ค้างบนเรือนยอด (มิลลิเมตร)                |
| S                 | คือ | สมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอด                   |
| Ei                | คือ | การระเหยน้ำจากเรือนยอด (มิลลิเมตร)                |
| Ep                | คือ | การระเหยน้ำสูงสุด (มิลลิเมตร)                     |
| D                 | คือ | การระบายน้ำจากเรือนยอด (มิลลิเมตร)                |
| Ds                | คือ | อัตราการระบายน้ำจากเรือนยอดเริ่มแรก               |
| b                 | คือ | สัมประสิทธิ์การระบายน้ำจากเรือนยอด                |
| G                 | คือ | พื้นที่รางรับน้ำปกคลุม                            |
| B                 | คือ | พื้นที่เรือนยอดปกคลุม                             |
| Th <sub>obs</sub> | คือ | น้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการตรวจวัด (มิลลิเมตร)  |
| Th <sub>est</sub> | คือ | น้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ประมาณจากแบบจำลอง (มิลลิเมตร) |
| I <sub>obs</sub>  | คือ | น้ำพืชยึดที่ได้จากการตรวจวัด (มิลลิเมตร)          |
| I <sub>est</sub>  | คือ | น้ำพืชยึดที่ประมาณจากแบบจำลอง (มิลลิเมตร)         |

# การประยุกต์แบบจำลอง Rutter เพื่อศึกษากระบวนการน้ำพืชยึดในพื้นที่ การใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน บริเวณลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่

## Application of Rutter Model on Interception Process of Different Landuses at Mae Sa Watershed, Chiang Mai Province

### คำนำ

น้ำฝนเป็นปัจจัยนำเข้าที่สำคัญในการศึกษาด้านการจัดการลุ่มน้ำ เมื่อฝนตกลงสู่พื้นผิวโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งป่าต้นน้ำลำธารจะทำให้เกิดกระบวนการน้ำพืชยึด (interception) ซึ่งเป็นกระบวนการที่น้ำฝนถูกรองรับเอาไว้ด้วยใบ กิ่งและลำต้นของพืช ตลอดจนซากพืชซากสัตว์ที่ร่วงหล่นอยู่บนพื้นดิน สุดท้ายน้ำในส่วนนี้จะระเหยกลับสู่บรรยากาศ ซึ่งเป็นการสูญเสียน้ำออกจากพื้นที่โดยที่มนุษย์ไม่ได้ใช้ประโยชน์ ทำให้นักจัดการลุ่มน้ำให้ความสำคัญกับการสูญเสียจากกระบวนการดังกล่าว เพราะน้ำพืชยึดเป็นข้อมูลหนึ่งที่สำคัญต่อการจัดการทรัพยากรน้ำ การทราบค่าน้ำพืชยึดในแต่ละการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นจะทำให้ นักการจัดการลุ่มน้ำใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพิจารณาเกี่ยวกับการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และเกิดการสูญเสียน้ำออกจากพื้นที่โดยกระบวนการน้ำพืชยึดน้อยที่สุด

ในอดีตนักจัดการลุ่มน้ำได้พยายามศึกษากระบวนการน้ำพืชยึดแต่พบข้อจำกัดของข้อมูลที่น่ามาใช้ ทั้งนี้เนื่องจากใช้เครื่องวัดน้ำฝนที่ไม่มีการบันทึกอัตโนมัติ (non-automatic recording raingage) จึงศึกษาน้ำพืชยึดได้ในเชิงปริมาณเท่านั้น ส่วนความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการน้ำพืชยึดยังไม่ชัดเจน แต่ในปัจจุบันข้อมูลที่ได้มีความละเอียดมากขึ้น เนื่องจากใช้เครื่องวัดน้ำฝนแบบบันทึกอัตโนมัติ (automatic recording raingage) ประกอบกับมีการนำแบบจำลองน้ำพืชยึดมาช่วยในการศึกษา จึงทำให้เกิดความเข้าใจทั้งในเชิงปริมาณและมองเห็นภาพของกระบวนการน้ำพืชยึดได้ชัดเจนยิ่งขึ้น เนื่องจากแบบจำลองน้ำพืชยึดเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเลียนแบบพฤติกรรมของการเกิดน้ำพืชยึดอย่างเป็นระบบ อีกทั้งยังสามารถคาดการณ์ (prediction) ผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นจากปัจจัยนำเข้าที่แตกต่างกัน ทั้งนี้แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษากระบวนการน้ำพืชยึดมีหลายแบบจำลอง ซึ่งแต่ละแบบจำลองก็มีการเลียนแบบพฤติกรรมของการเกิดน้ำพืชยึดแตกต่างกันออกไปแต่แบบจำลอง

น้ำพืชยิดที่นำมาใช้ในการศึกษานี้คือ แบบจำลอง Rutter (Rutter Model) เนื่องจากเป็นแบบจำลองที่สามารถอธิบายกระบวนการเกิดน้ำพืชยิดได้อย่างครอบคลุมและเข้าใจง่าย

แบบจำลอง Rutter เป็นแบบจำลองประเมินกระบวนการน้ำพืชยิด ที่จำลองเหตุการณ์และกระบวนการของการเกิดน้ำพืชยิด โดยแรกเริ่มใช้ในต่างประเทศตั้งแต่ปี ค.ศ.1971 และต่อมามีการนำไปใช้ศึกษากันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถอธิบายกระบวนการเกิดและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างเป็นระบบ อีกทั้งสามารถที่จะคาดการณ์ เหตุการณ์ที่สมมติขึ้น (scenario) แต่ในประเทศไทย การศึกษาในลักษณะดังกล่าวยังไม่เคยมีการศึกษามาก่อน ทั้งที่การศึกษาลักษณะนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการลุ่มน้ำเป็นอย่างยิ่ง จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจที่จะนำแบบจำลอง Rutter มาประยุกต์เป็นเครื่องมือในการประเมินกระบวนการน้ำพืชยิดซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเชื่อมโยงถึงแบบจำลองของกระบวนการต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษาด้านการจัดการลุ่มน้ำ ทั้งนี้จะทำให้ นักจัดการลุ่มน้ำสามารถที่จะเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของแต่ละกระบวนการได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง Rutter ศึกษากระบวนการน้ำพืชยึดในพื้นที่สวนลิ้นจี่และป่า  
รุ่มสอง
2. เพื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง ในพื้นที่สวนลิ้นจี่และป่ารุ่มสอง
3. เพื่อเปรียบเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

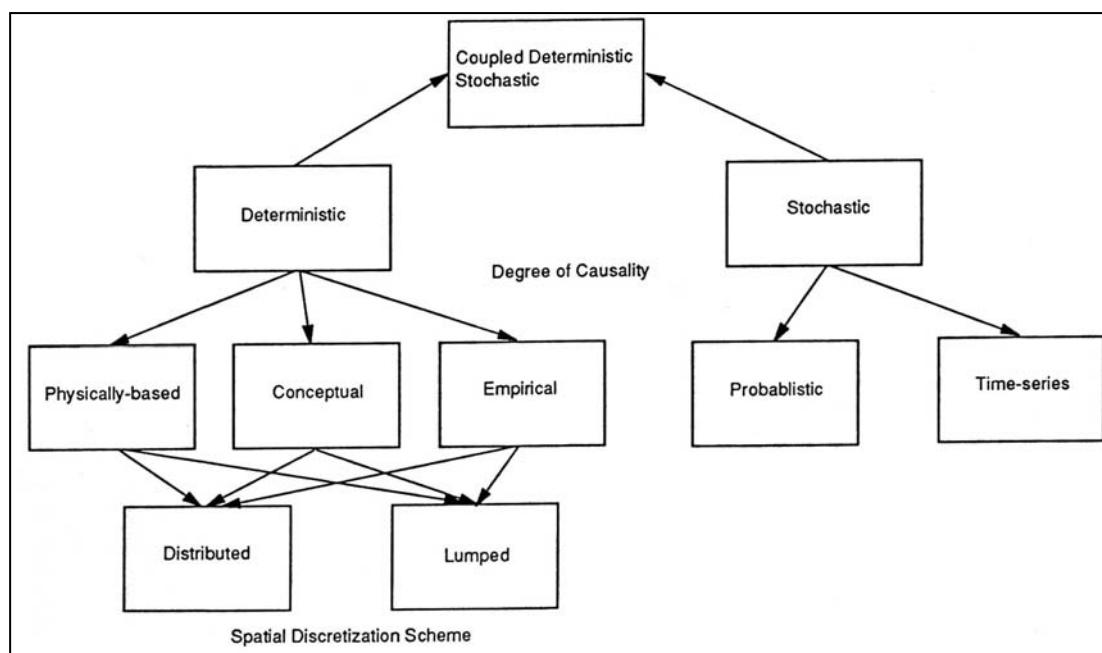
## การตรวจเอกสาร

### 1. แบบจำลอง

แบบจำลองเริ่มใช้กันมาตั้งแต่ปี 1970 ในความหมายที่ใช้แทน สูตร (formula) หรือ ทฤษฎี (theory) และบอกเป็นนัยถึงการจำลองภาพ เหตุการณ์ (simulate) หรือกระบวนการที่เกิดขึ้นโดยทำให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจง่าย (Philip, 1991) ส่วน Jorgensen (1988) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า แบบจำลองเป็นสิ่งที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาแทนของจริง เช่นเดียวกับ นิพนธ์ (2545) ที่กล่าวไว้ว่าแบบจำลองเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อเลียนแบบโครงสร้าง (structure) และหน้าที่ (function) ทางธรรมชาติเพื่อคาดการณ์ (prediction) ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นให้สมบูรณ์ แต่ก็เป็นการยากที่จะสร้างแบบจำลองให้เลียนแบบธรรมชาติได้สมบูรณ์แบบดั่งนั้น แบบจำลองจึงเป็นสิ่งที่มนุษย์พยายามสร้างขึ้นให้เลียนแบบพฤติกรรมทางธรรมชาติเพื่อคาดการณ์ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นให้สมบูรณ์ที่สุด

แบบจำลองสามารถแยกประเภทออกตามลำดับขั้นตอนของการจำลองแบบโดยใช้ระบบการจำแนกของ Backer and Serban (1990) ได้ดังภาพที่ 1 ซึ่งแบ่งแบบจำลองออกเป็น 2 ชนิดหลัก (Sim, 1990; Addiscolt, 1993) คือ แบบจำลองที่ให้คำตอบตายตัว (deterministic model) และแบบจำลองที่ให้คำตอบไม่ตายตัว (stochastic model) ต่างกันตรงที่แบบจำลองแบบ deterministic ให้ผลลัพธ์ที่ชี้ชัดไปในลักษณะที่แน่นอนว่าจะมีค่าเป็นเท่าใดในขณะที่แบบจำลอง stochastic ให้ผลลัพธ์ในลักษณะที่ไม่แน่นอนหรืออาจแสดงผลในรูปแบบของความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ (probabilistic) และอนุกรมเวลา (time series) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) แบบจำลองที่ให้คำตอบตายตัว (deterministic models) เป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นบนสมมติฐานที่ว่าด้วยเหตุการณ์ (events) ช่วงหนึ่ง ๆ หรือชุดหนึ่ง ๆ นั้นสามารถกำหนดได้แน่นอนลงไปได้เลยว่าเกิดขึ้นได้อย่างไรและให้ผลลัพธ์แน่นอนตายตัว สามารถแบ่งย่อยได้อีก 3 ประเภท คือ



ภาพที่ 1 การจำแนกประเภทของแบบจำลอง

ที่มา: Backer and Serban (1990)

(1) แบบจำลองเอมไพริคอล (empirical model) เป็นแบบจำลองที่หาผลลัพธ์ โดยใส่ปัจจัยนำเข้า (input data) แล้วนำผลที่ตรวจวัดได้ (observed data) ไปหาค่าคงที่ (empirical constant) ซึ่งค่าคงที่ที่ได้จะเป็นการหาได้จากค่าจริง

(2) แบบจำลองลักษณะกายภาพ (physically-base model) เป็นแบบจำลองที่พัฒนาบนพื้นฐานฟิสิกส์โดยพยายามที่จะเลียนแบบกลไก (mechanic) ของกระบวนการ (process) ย่อย ๆ ให้ละเอียดมากที่สุด จะเห็นว่าแบบจำลองเอมไพริคอล และแบบจำลองบนพื้นฐานฟิสิกส์ยังแยกกันไม่ขาด เนื่องจากมีหลายกรณีที่แบบจำลองบนพื้นฐานฟิสิกส์ไม่สามารถที่จะตอบได้ว่าอะไรที่ทำให้เกิดกลไก (mechanic) นั้น ๆ และในหลาย ๆ กรณีผลที่ได้มักจะติดค่าคงที่ (empirical constants)

(3) แบบจำลองมโนทัศน์ (conceptual model) เป็นแบบจำลองที่พยายามกำหนดแนวคิดความเป็นไปของกลไก (mechanic) ที่เกิดขึ้นเป็นกระบวนการย่อย ๆ และพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการย่อย ๆ ไปพร้อมกันอย่างเป็นระบบ อีกทั้งเชื่อมโยงแบบจำลองย่อย ๆ ให้มีลำดับขั้นตอนเลียนแบบธรรมชาติให้มากที่สุดเท่าที่แต่ละคนจะมีมโนทัศน์ในองค์รวมของระบบธรรมชาตินั้น ๆ

2) แบบจำลองที่ให้คำตอบไม่ตายตัว (stochastic model) เป็นแบบจำลองที่กำหนดบนสมมุติฐานที่ว่าผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์ต่าง ๆ ไม่มีความแน่นอน (uncertain) และแบบจำลองจะมีโครงสร้างเลียนแบบเหตุการณ์ที่ไม่แน่นอนซึ่งให้ผลลัพธ์ในลักษณะที่ไม่แน่นอนหรืออาจแสดงในรูปของความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ (probabilistic) และอนุกรมเวลา (time series)

นอกจากการจำแนกแบบจำลองข้างต้นแล้ว นิพนธ์ (2545) ยังได้จำแนกแบบจำลองตามรายละเอียดในการใช้พื้นที่ได้ 2 ประเภท คือแบบจำลองเหมารวมพื้นที่ (lumped models) และแบบจำลองกระจายพื้นที่ (distributed models) โดยมีความต่างกันตรงที่แบบจำลองเหมารวมพื้นที่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรใด ๆ เพียงค่าเดียวเพื่อแทนลักษณะทั้งพื้นที่ ในขณะที่แบบจำลองกระจายพื้นที่จะกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ที่แตกต่างกันไปตามความผันแปรหรือความแตกต่างของลักษณะในธรรมชาติของพื้นที่โดยให้แต่ละพื้นที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneity) ซึ่งแบบจำลองนี้มีความสมเหตุสมผลหรือใกล้เคียงความเป็นจริงมากกว่าแบบจำลองเหมารวมพื้นที่

## 2. กระบวนการน้ำพืชยึด

กระบวนการน้ำพืชยึด (interception process) คือกระบวนการที่ปริมาณน้ำฝนส่วนหนึ่งถูกยึดเอาไว้โดยเรือนยอดของต้นไม้และส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ หรืออาจเป็นสิ่งอื่น ๆ ที่ปกคลุมพื้นดิน ซึ่งน้ำในส่วนนี้ท้ายที่สุดแล้วจะสูญเสียไปโดยการระเหยคืนสู่บรรยากาศ ซึ่งมักเรียกน้ำในส่วนนี้ว่า “intercepted water” ส่วนน้ำที่หยดลงจากส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ลงสู่พื้นดินนั้นเรียกว่า น้ำฝนผ่านเรือนยอด (throughfall) และเมื่อพืชยึดน้ำจนอิ่มตัวแล้วจะทำให้เกิดน้ำส่วนที่ไหลลงตามลำต้นเรียกว่า น้ำไหลตามลำต้น (stem flow) ซึ่งทั้งน้ำฝนผ่านเรือนยอดและน้ำไหลตามลำต้นจะเป็นส่วนของน้ำที่ลงสู่พื้นดินและซึมลงไปในดินต่อไป (วิชา, 2535) นอกจากนี้ Black (1996) ได้กล่าวว่าเรือนยอดของต้นไม้ที่ยึดเกาะน้ำฝนเอาไว้ทำให้เกิดผลที่แตกต่างอย่างชัดเจน 3 ด้านคือ ทางด้านกลศาสตร์ซึ่งจะช่วยป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน, ทางด้านปริมาณซึ่งจะช่วยลดปริมาณน้ำฝนก่อนตกลงสู่พื้นดินซึ่งจะทำให้ น้ำซึมผ่านผิวดินได้มากขึ้นและทางด้านการอนุรักษ์ซึ่งจะมีส่วนช่วยให้ความชื้นในบรรยากาศสูงขึ้น

การวัดปริมาณน้ำพืชยึดโดยตรงนั้นกระทำได้ยาก ดังนั้น Kittredge (1948) ได้หาวิธีการที่จะหาปริมาณน้ำพืชยึดโดยวัดปริมาณน้ำฝนในที่โล่งหรือเหนือเรือนยอดของต้นไม้ และวัดน้ำฝนใต้เรือนยอดของต้นไม้ ซึ่งจะต้องวัดทั้งน้ำฝนผ่านเรือนยอดและน้ำไหลตามลำต้น ซึ่งผลต่างของ

ปริมาณน้ำฝนเหนือเรือนยอด กับน้ำฝนผ่านเรือนยอดและน้ำไหลตามลำต้นก็คือปริมาณน้ำพืชยืน  
นั่นเอง โดยเขียนในรูปแบบดังนี้

$$I = P - Th - St \quad (1)$$

|       |    |     |                                      |
|-------|----|-----|--------------------------------------|
| เมื่อ | I  | คือ | ปริมาณน้ำพืชยืน (มิลลิเมตร)          |
|       | P  | คือ | ปริมาณน้ำฝนเหนือเรือนยอด (มิลลิเมตร) |
|       | Th | คือ | ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอด (มิลลิเมตร)  |
|       | St | คือ | ปริมาณน้ำไหลตามลำต้น (มิลลิเมตร)     |

ในขณะที่ Anderson and Spenser (1991) ได้อธิบายเกี่ยวกับน้ำพืชยืนและสรุปเอาไว้ว่าน้ำ  
พืชยืนจะมีปริมาณมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับลักษณะการตกของฝน, ลักษณะการระเหยน้ำใน  
ขณะที่ฝนตกและโครงสร้างของเรือนยอด เช่นเดียวกับ วิชา (2535) ได้กล่าวว่าปัจจัยที่เป็นตัว  
ควบคุมน้ำพืชยืนมี 2 ปัจจัยคือ ปัจจัยทางด้านลักษณะภูมิอากาศ (climatic factors) ซึ่งเป็นปัจจัยที่  
ควบคุมไม่ได้โดยมีปัจจัยที่สำคัญได้แก่ น้ำฝน, อุณหภูมิ, ความเร็วลมและความชื้นในอากาศ แต่น้ำ  
ฝนเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่ทำให้เกิดน้ำพืชยืนทั้งนี้ น้ำพืชยืนจะมากหรือน้อยยังขึ้นอยู่กับลักษณะ  
ต่าง ๆ ของฝนเช่น ปริมาณน้ำฝน, ความหนักเบาของฝน, ระยะเวลาในการตก, ความบ่อยครั้งในการ  
ตก, ปริมาณฝนที่ตกครั้งก่อนและปัจจัยเกี่ยวกับสรีระวิทยาของพืช (plant physiology factors) โดยมี  
ปัจจัยที่สำคัญคือ ชนิดของพืช เนื่องจากพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันในด้านสรีระวิทยาเช่น  
ลักษณะขอบใบ, กิ่งก้านและลำต้น ตลอดจนความแตกต่างในด้านความหนาแน่นของเรือนยอดและ  
จำนวนชั้นของเรือนยอด

สำหรับการศึกษาปริมาณน้ำพืชยืนในประเทศไทยที่ผ่านมาส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในพื้นที่  
ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน เช่น ป่าธรรมชาติต่าง ๆ ได้แก่ ป่าดิบเขา (Hill evergreen), ป่าดิบ  
แล้ง (Dry evergreen), ป่าเต็งรัง (Dry dipterocarp), ป่าเบญจพรรณ (Mix deciduous) ตลอดจนป่าไผ่  
(Bamboo forest) นอกจากนั้นยังมีการศึกษาในพื้นที่ที่เป็นสวนป่า, สวนผลไม้และพืชไร่เพื่อ  
ประเมินปริมาณน้ำพืชยืนและนำมาเปรียบเทียบในเชิงของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันว่ามี  
โอกาสที่จะเกิดการสูญเสียน้ำออกจากพื้นที่โดยกระบวนการนำพืชยืนได้มากหรือน้อยเป็นหลักโดย  
ผลการศึกษารูปได้ดังนี้

นิพนธ์และคณะ (2545) ได้ทำการรวบรวมผลการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปริมาณน้ำพืชยึดในประเทศไทยที่ซึ่งนอกจากจะเป็นการศึกษาในป่าธรรมชาติประเภทต่าง ๆ แล้วยังมีการศึกษาในพื้นที่สวนป่า, สวนไม้ผลและพืชไร่ ซึ่งแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 1

เมื่อแยกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทซึ่งได้แก่ พื้นที่ป่าไม้, พื้นที่สวนป่าและพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อทำการเปรียบเทียบการสูญเสียน้ำจากกระบวนการน้ำพืชยึดพบว่าในพื้นที่ป่าไม้มีแนวโน้มสูญเสียน้ำจากกระบวนการน้ำพืชยึดปริมาณมากที่สุดรองลงมาคือพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่สวนป่าตามลำดับ แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบในแต่ละชนิดป่ากับแต่ละชนิดไม้ผลหรือพืชไร่ตลอดจนสวนป่าแต่ละประเภทไม่สามารถที่จะอธิบายได้เลยว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทไหนมีปริมาณน้ำพืชยึดมากที่สุดและมีความผันแปรไปในทิศทางใด เนื่องจากการศึกษาวิจัยนั้นไม่ได้ทำการวิจัยในพื้นที่กลุ่มน้ำเดียวกันและไม่ได้พิจารณาถึงความหนาแน่นของเรือนยอดพืชที่ปกคลุม อีกทั้งยังทำการวิจัยในช่วงเวลาที่แตกต่างกันออกไป

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่านอกจากปัจจัยทางด้านลักษณะภูมิอากาศโดยเฉพาะฝนที่มีผลต่อปริมาณน้ำพืชยึดแล้ว ลักษณะทางสรีระวิทยาของพืช เช่น ชนิดของพืช, ลักษณะของใบ, กิ่งก้าน, ลำต้นและจำนวนชั้นของเรือนยอด ตลอดจนความหนาแน่นของเรือนยอด ต่างก็มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำพืชยึดเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Crockford and Richardson (1990) ที่ได้ศึกษาอิทธิพลของชนิดป่า, ไม้พื้นล่างและลักษณะภูมิอากาศที่มีต่อปริมาณน้ำพืชยึดพบว่า การสูญเสียในรูปแบบของน้ำพืชยึดไม่สามารถสรุปได้ว่าขึ้นอยู่กับปัจจัยทางลักษณะภูมิอากาศเพียงอย่างเดียวทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยของลักษณะทางสรีระวิทยาของพืช ซึ่งได้แก่ความหนาแน่นของพืชต่อพื้นที่, รูปทรงของเรือนยอด, ลักษณะของกิ่งก้าน, รูปทรงและการเรียงตัวของใบเหล่านี้ล้วนส่งผลทำให้ค่าดัชนีผิวใบ (LAI) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญต่อการประเมินปริมาณน้ำพืชยึด

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาปริมาณน้ำพืชชนิดในประเทศไทย

| พืชพรรณที่ปกคลุม                               | % ของน้ำฝนรายปี |                   |                  |
|------------------------------------------------|-----------------|-------------------|------------------|
|                                                | น้ำพืชชนิด      | น้ำฝนผ่านเรือนยอด | น้ำฝนไหลตามลำต้น |
| <b>ป่าธรรมชาติ</b>                             |                 |                   |                  |
| ป่าดิบเขา (Hill-evergreen) ดอยปู่              | 8.90            | 91.34             | 0.52             |
| ป่าดิบแล้ง (Dry-evergreen) สะแกราช             | 4.07            | 94.80             | 0.97             |
| ป่าดิบแล้ง (Dry-evergreen) จ.ระยอง             | 30.34           | 69.38             | 0.21             |
| ป่าสักธรรมชาติ แม่หวด จ.ลำปาง                  | 62.67           | 37.44             | 0.02             |
| ป่าเต็งรัง (Dry-dipterocarp) แม่หวด จ.ลำปาง    | 61.04           | 39.08             | 0.01             |
| ป่าเบญจพรรณไม้สัก ดอยเชียงดาว                  | 39.21           | 60.31             | 0.38             |
| ป่าเบญจพรรณ (Mixed deciduous) จ.น่าน           | 12.72           | 86.64             | 0.62             |
| ป่าเต็งรัง (Dry-dipterocarp) จ.น่าน            | 3.75            | 95.79             | 0.44             |
| ไผ่ผาก ( <i>Gigantochloa nigruciliata</i> )    | 69.77           | 24.10             | 6.13             |
| ไผ่นวล ( <i>Dendrocalamas membranaceus</i> )   | 75.75           | 23.46             | 0.79             |
| <b>สวนป่า</b>                                  |                 |                   |                  |
| กระถินณรงค์ ( <i>Acacia auriculaeformis</i> )  | 30.96           | 67.65             | 1.39             |
| กระถินเทพา ( <i>Acacia mangium</i> )           | 34.10           | 58.40             | 7.50             |
| ยางนา ( <i>Dipterocarpus alatus</i> )          | 70.43           | 26.75             | 0.51             |
| ยูคาลิปตัส ( <i>Eucalyptus camaldulensis</i> ) | 15.67           | 82.21             | 2.12             |
| ตะเคียนทอง ( <i>Hopea odorata</i> )            | 36.35           | 60.71             | 2.95             |
| สัก ( <i>Tectona grandis</i> )                 | 36.11           | 61.62             | 1.97             |
| เลี่ยน ( <i>Melia azedarach</i> )              | 7.61            | 90.38             | 2.18             |
| กระถินยักษ์ ( <i>Leucaena leucocephalus</i> )  | 26.06           | 72.52             | 1.42             |
| <b>ไม้ผล</b>                                   |                 |                   |                  |
| เงาะ ( <i>Nephelium lappaceum</i> )            | 70.39           | 27.27             | 1.16             |
| ทุเรียน ( <i>Durio zibethinus</i> )            | 80.04           | 19.27             | 0.71             |
| มะม่วง ( <i>Mangifera indica</i> )             | 64.25           | 34.31             | 1.15             |
| ขนุน ( <i>Artocarpus heterophyllus</i> )       | 46.51           | 65.41             | 1.36             |
| กระท้อน ( <i>Sandoricum indicum</i> )          | 36.33           | 61.13             | 1.16             |
| มังคุด ( <i>Garcinia mangostana</i> )          | 48.20           | 49.30             | 2.50             |
| ชมพู ( <i>Eugenia aequa</i> )                  | 23.24           | 94.53             | 2.60             |

ที่มา: ดัดแปลงจาก นิพนธ์และคณะ (2545)

ในต่างประเทศการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณน้ำพืชยึดมีค่อนข้างมากและหลากหลายกว่าประเทศไทย ซึ่งการศึกษาจะศึกษาทั้งปัจจัยที่เกี่ยวกับลักษณะภูมิอากาศและสรีระวิทยาของพืชสามารถสรุปได้ดังนี้

Crockford and Richardson (1990) ศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำพืชยึดกับสมรรถนะในการกักเก็บน้ำของเรือนยอด (canopy storage capacity) ของสวนสน (Pine plantation) และสวนป่ายูคาลิปตัส ในประเทศออสเตรเลีย ผลการศึกษาพบว่าในสวนสนมีค่าสมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอดสูงกว่าป่ายูคาลิปตัสทั้งนี้ใช้ regression ในการประเมินพบว่าสมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอดมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำพืชยึด โดยปริมาณน้ำพืชยึดในช่วงเวลา 4 ปีของสวนสนเท่ากับ 18.3% และป่ายูคาลิปตัสเท่ากับ 11.4%

Fan *et al.* (2001) ศึกษาความสามารถในการเกิดน้ำพืชยึดของเรือนยอดในหมู่ไม้สวนป่าและป่าธรรมชาติ พบว่าน้ำพืชยึดในสวนป่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามปริมาณฝนที่ตกเนื่องจากการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอของใบและกิ่งก้านซึ่งปริมาณน้ำพืชยึดที่สูงมักจะเกิดเมื่อฝนตกน้อยกว่า 30 มิลลิเมตร ส่วนในป่าธรรมชาติฝนที่ตกน้อยกว่า 30 มิลลิเมตร มีความสัมพันธ์กับการเกิดน้ำพืชยึดน้อยมากแต่จะสัมพันธ์กับฝนที่ตกหนักมากกว่า 30 มิลลิเมตร

Huber and Iroum (2001) ศึกษาปริมาณน้ำพืชยึดของไม้ใบกว้างและใบแคบในประเทศชิลี ผลการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำพืชยึดของไม้ใบกว้างมีปริมาณมากกว่าไม้ใบแคบ ซึ่งผลการศึกษาขัดแย้งกับการศึกษาของ Cantu-Silva and Gonzalez Rodriguez (2001) และ Bryant *et al.* (2005) ที่ศึกษาปริมาณน้ำพืชยึด ผลการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำพืชยึดของไม้ใบแคบมีค่ามากกว่าไม้ใบกว้าง ทั้งนี้ทั้งสองงานวิจัยให้เหตุผลว่าปริมาณน้ำพืชยึดไม่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านพืชเพียงอย่างเดียวแต่ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านลักษณะทางภูมิอากาศด้วย

Tanaka *et al.* (2001) ศึกษาปริมาณน้ำพืชยึดของป่าดิบเขาบริเวณลุ่มน้ำห้วยคอกม้า ประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำพืชยึด 11.6% และปริมาณน้ำพืชยึดมีความผันแปรสูงทั้งนี้บางครั้งปริมาณน้ำพืชยึดที่ได้มีค่าติดลบ ซึ่งเกิดจากหยดหมอกขึ้นทำให้ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดมีค่าสูงกว่าน้ำฝนเหนือเรือนยอดอย่างไรก็ตามอิทธิพลของหยดหมอกนั้นพบได้ไม่บ่อยนักซึ่งงานวิจัยให้ความเห็นเพิ่มเติมว่าควรมีการตรวจวัดน้ำฝนเหนือเรือนยอดใกล้กับแปลงที่ทำการการศึกษา ทั้งนี้เพื่อลดความผันแปรของปริมาณน้ำพืชยึด

Hashino *et al.* (2002) ทำการศึกษาระบบการให้น้ำพืชในพื้นที่ลุ่มน้ำ Shirakawatani ของประเทศญี่ปุ่น โดยใช้ Tank model ประเมินหาปริมาณน้ำพืชและตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำพืชกับความหนักเบาของฝน (rainfall intensity), ช่วงเวลาที่ฝนตก (rainfall duration), และศักยภาพของการระเหยน้ำ (potential evaporation) พบว่าการสูญเสียน้ำในรูปของปริมาณน้ำพืชจะเพิ่มขึ้นตามความหนักเบาของฝน (rainfall intensity), ช่วงเวลาที่ฝนตก (rainfall duration), และศักยภาพของการระเหยน้ำ (potential evaporation) เช่นเดียวกับการศึกษาใน Serbia ช่วงปี 1981-1990 พบว่าปริมาณน้ำพืชมีความผันแปรในแต่ละปีโดยความหนักเบาของฝน (intensity) เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่มีผลต่อปริมาณน้ำพืชที่ได้และแสดงความสัมพันธ์ในรูปแบบ exponential curves (Letic and Macan, 1994)

นอกจากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับน้ำพืชของไม้ยืนต้น (tree) แล้วยังมีการศึกษาวิจัยในพื้นที่เกษตรกรรม เช่น van Dijk and Bruijnzeel (2001) ได้ทำการศึกษาให้น้ำพืชในพื้นที่ปลูกพืชแบบผสมซึ่งประกอบไปด้วย มันสำปะหลัง, ข้าวโพดและข้าว ของพื้นที่ลุ่มน้ำ Cikumutuk ในประเทศอินโดนีเซีย โดยทำการศึกษา 2 ช่วงเวลาคือปี 1995 และ 1999 พบว่าปริมาณน้ำพืชเท่ากับ 18% และ 8% ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณน้ำพืชที่มีค่าแตกต่างกันถึง 10% เนื่องจากลักษณะของพืชที่ปลูก (vegetation characteristics crops) ใน 2 ช่วงเวลามีลักษณะที่แตกต่างกันและได้ชี้ให้เห็นว่าปริมาณน้ำพืชจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามดัชนีผิวใบ (LAI) และการปกคลุมของเรือนยอด (canopy cover) ซึ่งให้ผลการศึกษาเช่นเดียวกับ Kang *et al.* (2005) ที่ทำการศึกษาปริมาณน้ำพืชในพื้นที่เกษตรกรรมที่ปลูกข้าวสาลีโดยใช้ระบบการให้น้ำแบบเครื่องฉีดพ่นน้ำ (sprinkler) ในอำเภอ tongzhou ของประเทศจีนพบว่าปริมาณน้ำพืชที่ตรวจวัดโดยวิธี (wipping method) เท่ากับ 1.3 % ทั้งนี้ยังชี้ให้เห็นว่านอกจากการปกคลุมของเรือนยอด (canopy cover) และดัชนีผิวใบ (leaf area index) แล้ว ความสูง (height) ของพืชก็มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำพืชเช่นกัน

Carlyle-Moses (2004) ได้รวบรวมผลการศึกษาก่อนหน้าน้ำพืช ในพื้นที่ป่าธรรมชาติประเภทต่าง ๆ และพืชแต่ละชนิด ซึ่งแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาปริมาณน้ำพืชชนิดในต่างประเทศ

| พืชพรรณที่ปกคลุม             | ปริมาณน้ำพืชชนิด<br>(%) | ระยะเวลาของการศึกษา<br>(เดือน) | สถานที่ศึกษา |
|------------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------|
| <u>Coniferous forests</u>    |                         |                                |              |
| <i>Pinus sitensis</i>        | 26.7                    | 34                             | UK           |
| <i>Pinus sylvestris</i>      | 42.4                    | 12                             | UK           |
| <i>Pinus nigra maritima</i>  | 35.3                    | 18                             | UK           |
| <i>Pseudotsuga menziesii</i> | 39.1                    | 18                             | UK           |
| <i>Picea abies</i>           | 48.0                    | 8                              | UK           |
| <i>Picea rubens</i>          | 21.7                    | 132                            | Canada       |
| <i>Pinus strobus</i>         | 30.7                    | 132                            | Canada       |
| <i>Pinus resinosa</i>        | 28.3                    | 132                            | Canada       |
| <i>Pinus wallichiana</i>     | 21.0                    | 17                             | India        |
| <u>Deciduous forests</u>     |                         |                                |              |
| Northern hardwood            | 19.3                    | 1 (Growing season)             | Canada       |
| <i>Populus grandifolia</i>   | 14.9                    | 132                            | Canada       |
| <i>Quercus petraea</i>       | 17.6                    | 12                             | UK           |
| <i>Quercus rubra</i>         | 19.5                    | 24                             | Netherlands  |
| <i>Quercus serrata</i>       | 18.0                    | 2 (Growing season)             | Japan        |
| <i>Castanopsis cuspidata</i> | 13.9                    | 24                             | Japan        |
| <i>Eucalyptus globulus</i>   | 9.7                     | 30                             | Portugal     |
| Asperulo- Fagetum            | 10.9                    | 17                             | Germany      |
| <u>Arid semi -arid veg.</u>  |                         |                                |              |
| <i>Acacia farnesiana</i> ,   | 27.9a                   | 4                              | Mexico       |
| <i>Acacia aneura</i>         | 13.0                    | 15                             | Australia    |
| <i>Anthyllus cytisoides</i>  | 40.0a                   | 14                             | Spain        |
| <i>Retama sphaerocarpa</i>   | 21.0a                   | 14                             | Spain        |
| <i>Larrea tridentata</i>     | 18.5                    | 12                             | Nex Mexico   |

หมายเหตุ: a คือ interception loss estimates from individual plants and not at the community scale.

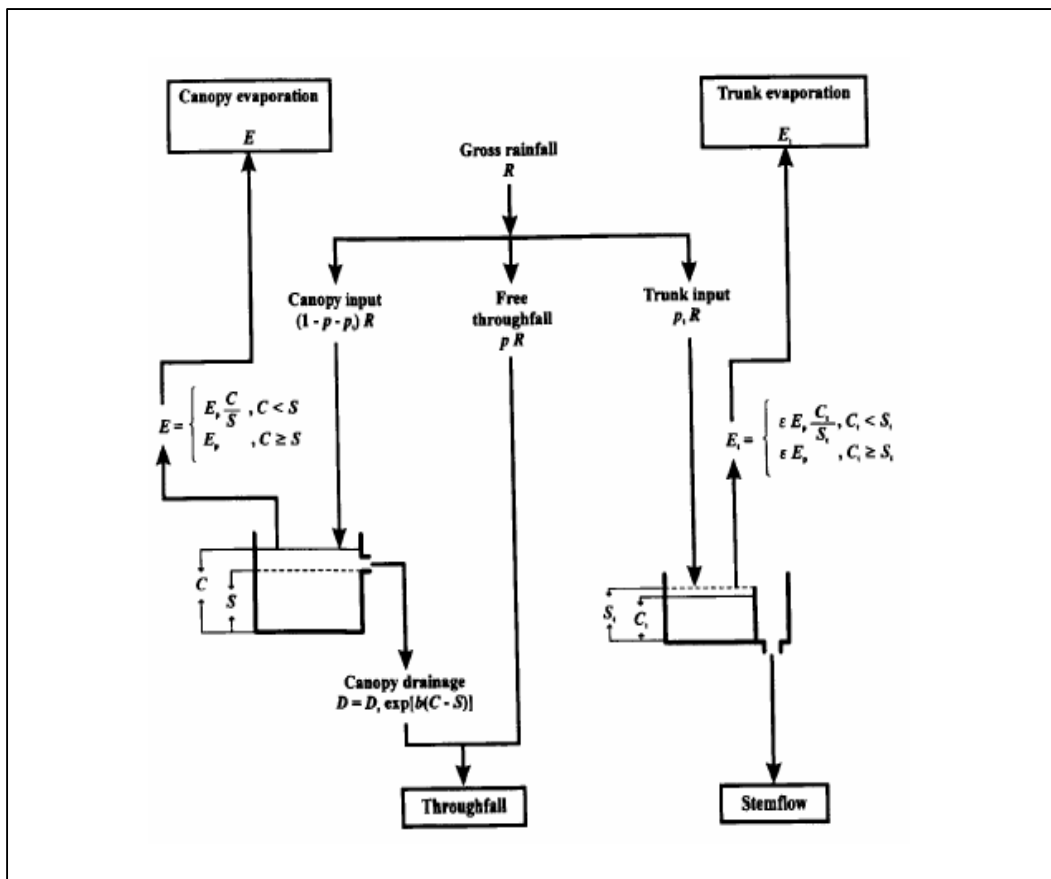
ที่มา: คัดแปลงจาก Carlyle-Moses (2004)

### 3. การศึกษากระบวนการน้ำพืชยึดโดยใช้แบบจำลอง

#### 3.1 Rutter model

Rutter model เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการประเมินกระบวนการน้ำพืชยึด (interception) เริ่มแรกใช้ศึกษากระบวนการน้ำพืชยึดในป่าสน ทางตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย โดยแบบจำลองของ Rutter *et al.* (1971) มีกรอบแนวคิดดังภาพที่ 2 ซึ่งมีมีโนทัศน์ของแบบจำลองดังนี้

Rutter *et al.* (1971) แบ่งน้ำฝนเหนือเรือนยอด (R) ออกเป็น 3 ส่วนซึ่งได้แก่น้ำฝนที่ตกลงบนพื้นดินโดยอิสระ (free throughfall;  $pR$ ), น้ำฝนตกบนลำต้น (trunk input;  $p_tR$ ) และน้ำฝนที่ตกบนเรือนยอด (canopy input;  $(1-p-p_t)R$ ) โดยน้ำฝนตกลงบนพื้นดินโดยอิสระจะตกลงสู่พื้นดินโดยตรงในขณะที่น้ำฝนตกบนลำต้นเป็นน้ำที่เข้าสู่ลำต้นโดยน้ำส่วนนี้จะเกิดการไหลตามลำต้นก็ต่อเมื่อน้ำที่ค้างบนลำต้น (water on trunk;  $C_t$ ) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับสมรรถนะการกักเก็บน้ำของลำต้น (trunk storage capacity;  $S_t$ ) จะเกิดการระเหยออกจากลำต้น (evaporation;  $E_t$ ) เท่ากับการระเหยสูงสุด (potential evaporation;  $E_p$ ) แต่ถ้าน้ำที่ค้างบนลำต้น ( $C_t$ ) มีค่าน้อยกว่าสมรรถนะการกักเก็บน้ำของลำต้น ( $S_t$ ) จะเกิดการระเหยออกจากลำต้น ( $E_t$ ) เท่ากับการระเหยสูงสุด ( $E_p$ ) คูณกับสัดส่วนของน้ำที่ค้างบนลำต้น ( $C_t$ ) กับสมรรถนะการกักเก็บน้ำของลำต้น ( $S_t$ ) ส่วนน้ำฝนตกบนเรือนยอดเป็นน้ำฝนที่เข้าสู่เรือนยอดโดยน้ำส่วนนี้จะเกิดการระบายออกจากเรือนยอด (drainage from canopy;  $D$ ) เมื่อน้ำฝนที่ค้างบนเรือนยอด (water on canopy;  $C$ ) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับสมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอด (canopy storage capacity;  $S$ ) และจะเกิดการระเหยน้ำออกจากเรือนยอด ( $E_i$ ) เท่ากับการระเหยสูงสุด ( $E_p$ ) แต่ถ้าน้ำที่ค้างบนเรือนยอด ( $C$ ) มีค่าน้อยกว่าสมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอด ( $S$ ) จะไม่เกิดการระบายน้ำจากเรือนยอด แต่จะเกิดการระเหยน้ำออกจากเรือนยอด ( $E_i$ ) เท่ากับการระเหยสูงสุด ( $E_p$ ) คูณกับสัดส่วนของน้ำที่ค้างบนเรือนยอด ( $C$ ) กับสมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอด ( $S$ ) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง คือน้ำฝนผ่านเรือนยอดและน้ำฝนที่ไหลตามลำต้น โดยน้ำฝนผ่านเรือนยอด เป็นผลรวมระหว่างน้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระกับน้ำที่ระบายจากเรือนยอดและน้ำฝนที่ไหลตามลำต้นเป็นผลต่างระหว่างน้ำที่ค้างบนลำต้นกับสมรรถนะการกักเก็บน้ำของลำต้น ทั้งนี้โครงสร้างของเรือนยอด (canopy structure) จะเป็นตัวควบคุมสัมประสิทธิ์ของน้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระ (free throughfall coefficient;  $p$ ) สมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอดและสมรรถนะการกักเก็บน้ำของลำต้น แท้จริงแล้วแนวคิดของแบบจำลอง Rutter เป็นพื้นฐานสมดุลของน้ำจากเรือนยอดและจากลำต้น (Rutter *et al.*, 1971) ซึ่งสามารถ



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดของ Rutter model

ที่มา: Valente *et al.* (1997)

แสดงสมการสมดุลของน้ำ ดังสมการ

$$(1-p-p_i) \int R dt = \int D dt + \int E dt + \Delta C \quad (2)$$

$$p_i \int R dt = Sf + \int St + \int E_i dt + \Delta C_i \quad (3)$$

|       |            |     |                                                             |
|-------|------------|-----|-------------------------------------------------------------|
| เมื่อ | $R$        | คือ | ปริมาณน้ำฝนเหนือเรือนยอด (มิลลิเมตร)                        |
|       | $D$        | คือ | ปริมาณน้ำที่ระบายจากเรือนยอด (มิลลิเมตร)                    |
|       | $E$        | คือ | ปริมาณน้ำที่ระเหยน้ำจากเรือนยอด (มิลลิเมตร)                 |
|       | $\Delta C$ | คือ | ปริมาณการเปลี่ยนแปลงของการกักเก็บน้ำของเรือนยอด (มิลลิเมตร) |
|       | $Sf$       | คือ | ปริมาณน้ำฝนที่ไหลตามลำต้น (มิลลิเมตร)                       |

Et คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยน้ำจากลำต้น (มิลลิเมตร)  
 $\Delta Ct$  คือ ปริมาณการเปลี่ยนแปลงของการกักเก็บน้ำของลำต้น (มิลลิเมตร)

### 3.2 Gash's analytical model

Gash's analytical model เป็นอีกแบบจำลองหนึ่งที่ใช้ในการประเมินกระบวนการน้ำพืชและที่สำคัญ Gash's analytical model แสดงสมการอยู่ในรูปของสมการถดถอยเชิงเส้น และมีกรอบแนวคิดบางส่วนคล้ายกับ Rutter model แต่แตกต่างกันตรงที่ Gash's analytical model แยกน้ำฝนเหนือเรือนยอดออกเป็น 3 ระยะซึ่งประกอบไปด้วย wetting phase, saturation phase และ drying phase ทั้งนี้ Valente *et al.*, 1997 ได้สรุปสมการกระบวนการน้ำพืชของ Gash's analytical model ดังตารางที่ 3

Rutter model เป็นแบบจำลองที่เข้าใจง่ายกว่า Gash's analytical model เนื่องจากเป็นแบบจำลองมโนทัศน์ (conceptual model) และสมการไม่สลับซับซ้อนแต่ Gash's analytical model เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่มีสมการสลับซับซ้อนและในปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำพืชด้วยกันอย่างกว้างขวางแต่กระนั้นพื้นฐานของแบบจำลองก็มาจากแบบจำลองต้นแบบซึ่งก็คือ Rutter model และ Gash's analytical model

## 4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ Rutter model กับกระบวนการน้ำพืช

ดังได้กล่าวมาแล้วว่า Rutter model เป็นแบบจำลองที่คิดค้นโดย Rutter แรกเริ่มในปี 1971 ซึ่งถือเป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษากระบวนการน้ำพืชโดยใช้แบบจำลองต่อมามีการใช้ Rutter model ศึกษากระบวนการน้ำพืชกันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศแต่ในประเทศไทยการศึกษาลักษณะนี้ยังไม่มีการศึกษาวิจัย ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

Rutter *et al.* (1971) ศึกษากระบวนการน้ำพืชของป่าสนใน Southeast England โดยใช้ Rutter model พบว่าสมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอดมีค่าเท่ากับ 1.05, drainage rate ( $C=S$ ) มีค่าเท่ากับ 0.002, drainage coefficient มีค่าเท่ากับ 3.7 และ free throughfall coefficient มีค่าเท่ากับ 0.25 และสรุปว่าค่าสมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอดจะเป็นตัวควบคุมกระบวนการน้ำพืช

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบของ Gash's analytical model

| ส่วนประกอบของน้ำพืชยึด                                                                                             | สมการในการคำนวณ                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ปริมาณน้ำฝนที่ทำให้เรือนยอดอึดตัวด้วยน้ำ<br>(Amount of gross rainfall necessary to saturate the canopy, $P_{g'}$ ) | $-\left(\frac{\bar{R}}{E}\right) S \ln \left[ 1 - \left( \frac{E}{1 - \rho - \rho_t} \right) \bar{R} \right]$   |
| น้ำพืชยึดจากเรือนยอด :                                                                                             |                                                                                                                 |
| สำหรับ m small storm ซึ่งไม่เพียงพอที่จะ<br>ทำให้เรือนยอดอึดตัวด้วยน้ำ<br>( $P_g < P_{g'}$ )                       | $(1 - \rho - \rho_t) \sum_{j=1}^m P_{g,j}$                                                                      |
| สำหรับ n large storm ซึ่งเพียงพอที่จะทำ<br>ให้เรือนยอดอึดตัวด้วยน้ำ ( $P_g \geq P_{g'}$ )                          | $n(1 - \rho - \rho_t) \cdot P_{g'} + \left( \frac{E}{R} \right) \sum_{j=1}^m (P_{g,j} - P_{g'})$                |
| น้ำพืชยึดจากลำต้น :                                                                                                |                                                                                                                 |
| สำหรับ q storm ที่ทำให้ลำต้นอึดตัว<br>( $P_g \geq St / \rho_t$ )                                                   | $q \cdot St$                                                                                                    |
| สำหรับ m+n-q storms ( $P_g < St / \rho_t$ )                                                                        | $\rho_t \sum_{j=1}^{m+n-q} P_{g,j}$                                                                             |
| stemflow                                                                                                           | $\rho_t \sum_{j=1}^q P_{g,j} - (q \cdot St)$                                                                    |
| throughfall                                                                                                        | $P \sum_{j=1}^{m+n} P_{g,j} + \left[ (1 - \rho - \rho_t) - \frac{E}{R} \right] \sum_{j=1}^m (P_{g,j} - P_{g'})$ |

ที่มา: Valente *et al.* (1997)

Rutter *et al.* (1975) ซึ่งศึกษาต่อจากการศึกษาเดิมในปี 1971 โดยทำการเปรียบเทียบ 2 พื้นที่ศึกษาซึ่งได้แก่ coniferous and hardwood stands ผลการศึกษาพบว่าใน coniferous stands มีค่า free throughfall coefficient และสมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอดมีค่าเท่ากับ 0.25 และ 1.05 ในขณะที่ hardwood stands มีค่าเท่ากับ 0.35-0.85 และ 0.18-1.00 ตามลำดับทั้งนี้เมื่อประเมินกระบวนการน้ำพืชยึดพบว่าปริมาณน้ำพืชยึดที่ประมาณจากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าตรวจวัดจริง

Llorent (1997) ทำการศึกษาระบวนการน้ำพืชยึดของป่าสน (*Pinus sylvestris*) บริเวณ Mediterranean mountains โดยใช้ Gash's analytical model ผลการศึกษาพบว่าน้ำพืชยึดที่ประมาณจากแบบจำลองมีปริมาณต่ำกว่าค่าตรวจวัดจริง 7% เช่นเดียวกับการศึกษาของ Schellekens *et al.* (1999) และ Bryant *et al.* (2005) ที่ได้คำนวณน้ำพืชยึดจากแบบจำลองต่ำกว่าค่าตรวจวัดจริง

Valente *et al.* (1997) ใช้ Rutter model และ Gash's analytical model ศึกษากระบวนการน้ำพืชยึดในพื้นที่ที่มีเรือนยอดปกคลุมเบาบางของไม้ Pinus pinaster และ Eucalyptus globulus ในประเทศโปรตุเกสพบว่าปริมาณน้ำพืชยึดที่ได้จากแบบจำลองทั้ง 2 ให้ค่าสูงกว่าค่าตรวจวัดได้จริงถึง 29-44% ทั้งนี้ได้ประยุกต์แบบจำลองน้ำพืชยึดเป็น Sparse Rutter model และ Sparse Gash's analytical model พบว่าปริมาณน้ำพืชยึดที่ได้จากแบบจำลองให้ค่าต่ำกว่าค่าตรวจวัดได้จริงแค่ 1-4% และยังพบว่า Rutter model มีความถูกต้องมากกว่า Gash's analytical model ทั้งที่เป็นแบบจำลองต้นแบบและแบบจำลองประยุกต์

Gash and Morton (1978) ใช้ Rutter model ศึกษากระบวนการน้ำพืชยึดของพื้นที่ Thetford forest ในภาคตะวันออกของ Englia แต่ยังคงใช้ค่าตัวแปรบางตัวเหมือนกับการศึกษาของ (Rutter *et al.*, 1971) ซึ่งได้แก่ drainage rate ( $C=S$ ) ผลการศึกษาพบว่าค่า free throughfall coefficient และสมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอดมีผลต่อกระบวนการเกิดน้ำพืชยึดมากที่สุดโดยแบบจำลองให้ค่าน้ำพืชยึดที่ผิดพลาดจากค่าที่ได้จากการตรวจวัด 7%

Zeng *et al.* (2000) ทำการศึกษากระบวนการน้ำพืชยึดโดยใช้ฝนเทียมใน Amazon และ Southwestern France ผลการศึกษาพบว่าการประเมินน้ำพืชยึดจากสมการคณิตศาสตร์ให้ผลเหมือนกับ Rutter model แต่มีความยุ่งยากมากกว่าซึ่งผลการศึกษาในระยะยาวโดยใช้ Rutter model ให้ค่าน้ำพืชยึดที่ใกล้เคียงกับค่าตรวจวัดจริงและสรุปว่าการสูญเสียน้ำจากกระบวนการน้ำพืชยึดขึ้นอยู่กับปัจจัยเบื้องต้น 3 ประการคือ ช่วงระยะเวลาระหว่างฝนตกปัจจุบันกับฝนครั้งก่อน, ความยาวนานของฝนที่ตกและระยะเวลาที่ใช้ในการระเหยจากเรือนยอดเมื่อเรือนยอดอิ่มตัว

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. เครื่องวัดน้ำฝนมาตรฐานแบบบันทึกอัตโนมัติ (automatic recording rain gauge) ชนิดถ้วยกระดก (tipping bucket) ขนาด 8 นิ้ว จำนวน 2 เครื่อง
2. เครื่องวัดน้ำฝนผ่านเรือนยอดแบบบันทึกอัตโนมัติ (automatic recording throughfall gauge) ชนิดถ้วยกระดก (tipping bucket) จำนวน 6 เครื่อง
3. รางรับน้ำฝนผ่านเรือนยอดยาว 4 เมตร กว้าง 4.5 เซนติเมตร จำนวน 72 ราง
4. คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์สำหรับถ่ายโอนข้อมูล
5. โปรแกรมสำหรับการคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูล

### วิธีการ

#### 1. การเลือกพื้นที่

เนื่องจากการศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิจัยเรื่อง The Role of Land-Cover Change in Montane Mainland SE Asia in Altering Regional Hydrological Processes Under a Changing Climate ร่วมกับมหาวิทยาลัยฮาวาย ประเทศสหรัฐอเมริกาโดยทำการศึกษาในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ การเลือกพื้นที่ศึกษาจึงกำหนดตามวัตถุประสงค์ของโครงการซึ่งตำแหน่งของสถานีตรวจวัดข้อมูลมีทั้งหมด 13 สถานีครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำโดยเลือกเพียง 2 สถานีซึ่งได้แก่บริเวณพื้นที่สวนลื่นจีและป่ารุ่นสอง (ภาพที่ 3) เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินหลักของพื้นที่ลุ่มน้ำประกอบด้วยลื่นจีเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีการส่งเสริมให้ปลูกซึ่งแนวโน้มในอนาคตจะกระจายครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่ ส่วนป่ารุ่นสองยังไม่เคยมีการศึกษาวิจัย แต่ในป่าธรรมชาติ

เคยมีการศึกษาวิจัยในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยคอกม้า จังหวัดเชียงใหม่แล้ว (กฤษฎาพร, 2548; Tanaka *et al.*, 2001) ทั้งนี้โครงการวิจัยมีการตรวจวัดข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยาตลอดทั้งปี



(A)



(B)

ภาพที่ 3 พื้นที่ศึกษาบริเวณสวนลินจี่ (A) และป่ารุ่นสอง (B) ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่  
ปีพ.ศ. 2548

## 2. การติดตั้งเครื่องมือ

### 2.1 การติดตั้งเครื่องวัดน้ำฝนเหนือเรือนยอด (gross rainfall)

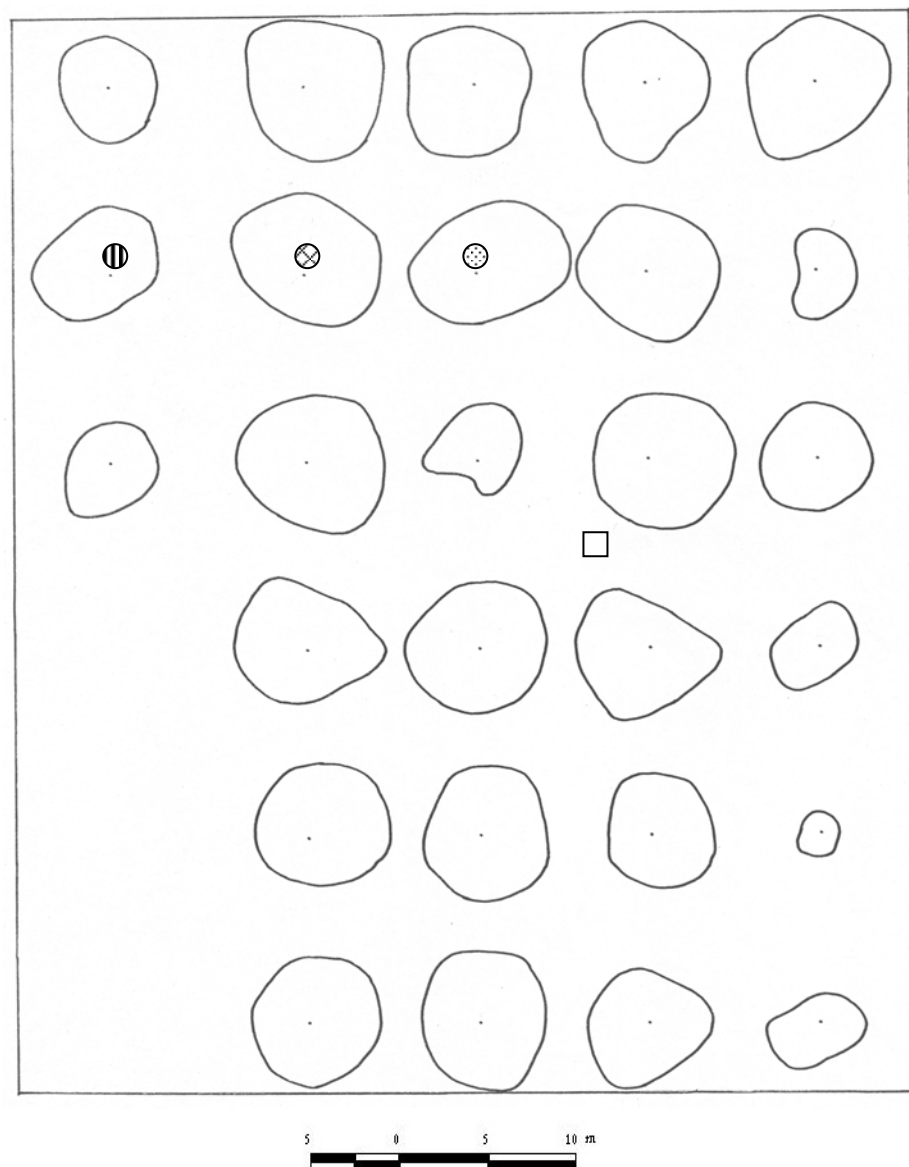
การศึกษานี้ได้ใช้เครื่องวัดน้ำฝนเหนือเรือนยอดของมหาวิทยาลัยสวาย ประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งติดตั้งบริเวณเหนือเรือนยอดพื้นที่แปลงทดลองทั้ง 2 แปลง แปลงละ 1 เครื่องโดยติดตั้งเครื่องวัดน้ำฝนมาตรฐานอัตโนมัติชนิดถ้วยกระดก ขนาด 8 นิ้วไว้บนหอคอยตรวจวัดอากาศสูงประมาณ 15 เมตร

## 2.2 การติดตั้งเครื่องวัดน้ำฝนผ่านเรือนยอด (throughfall)

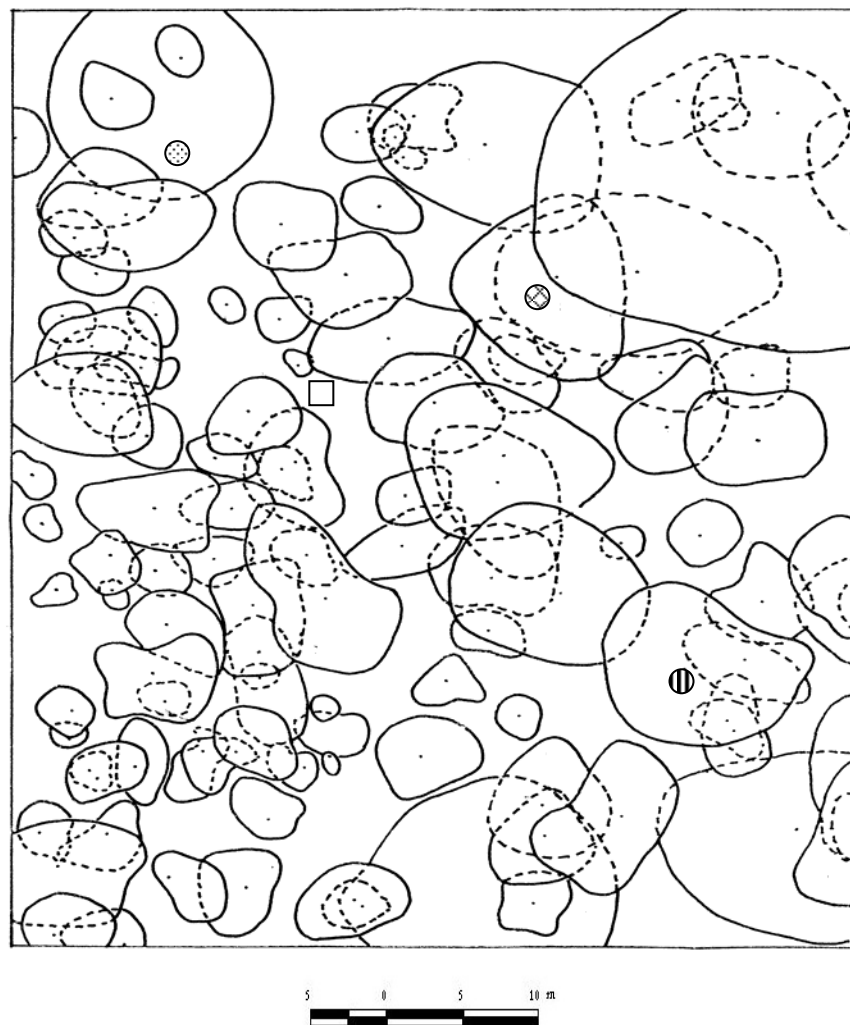
การศึกษานี้ติดตั้งเครื่องวัดน้ำฝนผ่านเรือนยอดบนที่ก้อัดโนมัตชนิดด้วยกระดกแบบรางรับน้ำในพื้นที่แปลงทดลองทั้ง 2 แปลง แปลงละ 3 เครื่องสุ่มกระจายครอบคลุมทั้งแปลงโดยตัวเครื่องวัดน้ำฝนผ่านเรือนยอด ประกอบด้วยรางรับน้ำฝนจำนวน 6 ราง ขนาดกว้าง 4.5 เซนติเมตร ยาว 4 เมตร ซึ่งติดตั้งให้มีความชันประมาณ 9% ทุกรางรับน้ำฝน เพื่อให้น้ำที่รองรับได้ไหลลงสู่เครื่องวัดน้ำฝนได้อย่างสะดวกและบันทึกข้อมูลด้วยถ้วยกระดก ขนาดประมาณ 0.2 มิลลิเมตรต่อการกระดก 1 ครั้ง การกระดกแต่ละครั้งจะครบวงจรไฟฟ้าแล้วมีการบันทึกลงในเครื่องรับข้อมูล (data logger) ทุก ๆ ครั้งที่ถ้วยกระดก การติดตั้งเครื่องวัดน้ำฝนผ่านเรือนยอดแบบบนที่ก้อัดโนมัตชนิดด้วยกระดก แสดงดังภาพที่ 4 ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องวัดน้ำฝนผ่านเรือนยอดของพื้นที่สวนลิ้นจี่และป่ารุ่นสอง แสดงดังภาพที่ 5-6



ภาพที่ 4 การติดตั้งเครื่องวัดน้ำฝนผ่านเรือนยอดแบบบนที่ก้อัดโนมัตชนิดด้วยกระดก



ภาพที่ 5 ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องวัดน้ำฝนเหนือเรือนยอดและเครื่องวัดน้ำฝนผ่านเรือนยอด  
บริเวณสวนลิ้นจี่ ขนาด 37 x 46 เมตร กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ ปีพ.ศ. 2548



- จุดเก็บน้ำฝนเหนือเรือนยอด (R)
- Ⓜ จุดเก็บน้ำฝนผ่านเรือนยอด (Th11)
- ⊗ จุดเก็บน้ำฝนผ่านเรือนยอด (Th12)
- ⊙ จุดเก็บน้ำฝนผ่านเรือนยอด (Th13)

ภาพที่ 6 ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องวัดน้ำฝนเหนือเรือนยอดและเครื่องวัดน้ำฝนผ่านเรือนยอด  
บริเวณป่ารุ่นสอง ขนาด 30 x 35 เมตร กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ ปีพ.ศ. 2548

### 3. การรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลที่ทำกรตรวจวัดระหว่างช่วงฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนเมษายน 2548 ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2549 โดยทำการรวบรวมข้อมูลเป็นเวลาประมาณ 1 ปีครั้งการรวบรวมข้อมูลแยกเป็น 4 ส่วนประกอบด้วยข้อมูลน้ำฝนเหนือเรือนยอด, ข้อมูลน้ำฝนผ่านเรือนยอด, ข้อมูลอุณหภูมิตามวิทยา และข้อมูลการปกคลุมเรือนยอดของพืชโดยเลือกข้อมูลน้ำฝนเหนือเรือนยอดพื้นที่ศึกษาละ 5 ช่วง เวลาซึ่งแต่ละช่วงเวลากว้างประมาณ 2 วันเนื่องจากกระบวนการนำพืชยึดเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยครอบคลุมช่วงต้นฤดู (มีนาคม-พฤษภาคม), กลางฤดู (มิถุนายน-สิงหาคม) และปลายฤดูฝน (กันยายน-ตุลาคม) ข้อมูลน้ำฝนผ่านเรือนยอด (Th) เลือกตามช่วงเวลาของข้อมูล น้ำฝนเหนือเรือนยอด (R) พื้นที่ละ 3 ตำแหน่ง ซึ่งได้แก่ Th11, Th12, Th13 และค่าเฉลี่ย(Avg) จาก 3 ตำแหน่ง

ข้อมูลน้ำฝนเหนือเรือนยอดและน้ำฝนผ่านเรือนยอดตรวจวัดจากเครื่องวัดน้ำฝนแบบ บันทึกอัตโนมัตินี้จะทำการถ่ายโอนข้อมูลจาก data logger ทุก ๆ 1 เดือนและตรวจสอบการทำงานของเครื่องรวมทั้งบำรุงรักษาเครื่องหลังจากที่ทำการถ่ายโอนข้อมูลเสร็จทุกครั้ง ข้อมูลอุณหภูมิตามวิทยา ทำการตรวจวัดจากเครื่องวัดอากาศแบบบันทึกอัตโนมัติ (automatic weather station) ทำการถ่ายโอนข้อมูลจาก data logger ทุก ๆ 1 เดือน ส่วนข้อมูลการปกคลุมเรือนยอดของพืชทำการตรวจวัดในปีแรกของการรวบรวมข้อมูลโดยทั้งนี้ทำการวัดการปกคลุมของเรือนยอดใน 8 ทิศและเขียนการปกคลุมของเรือนยอด (canopy projection map)

การศึกษานี้ทำการแปลงข้อมูลน้ำฝนเหนือเรือนยอดและน้ำฝนผ่านเรือนยอดก่อนนำข้อมูลไปวิเคราะห์โดยใช้คำสั่ง Pivot Table ใน Microsoft Excel สรุปข้อมูลน้ำฝนเหนือเรือนยอดและน้ำฝนผ่านเรือนยอดให้เป็นราย 20 นาที เนื่องจากข้อมูลทางอุณหภูมิตามวิทยาทำการตรวจวัดทุก ๆ 20 นาที

### 4. การประยุกต์แบบจำลองน้ำพืชยึด

การประยุกต์แบบจำลองน้ำพืชยึดในการศึกษานี้ใช้โมเดลของแบบจำลอง Rutter (1971) ดังภาพที่ 2 มาใช้เป็นแนวทางในการศึกษาโดยไม่พิจารณาน้ำฝนในส่วนที่เป็นน้ำไหลตามลำต้น เนื่องจากการรวบรวมผลการศึกษาของ นิพนธ์และคณะ (2545) ซึ่งให้น้ำในส่วนนี้มีค่า

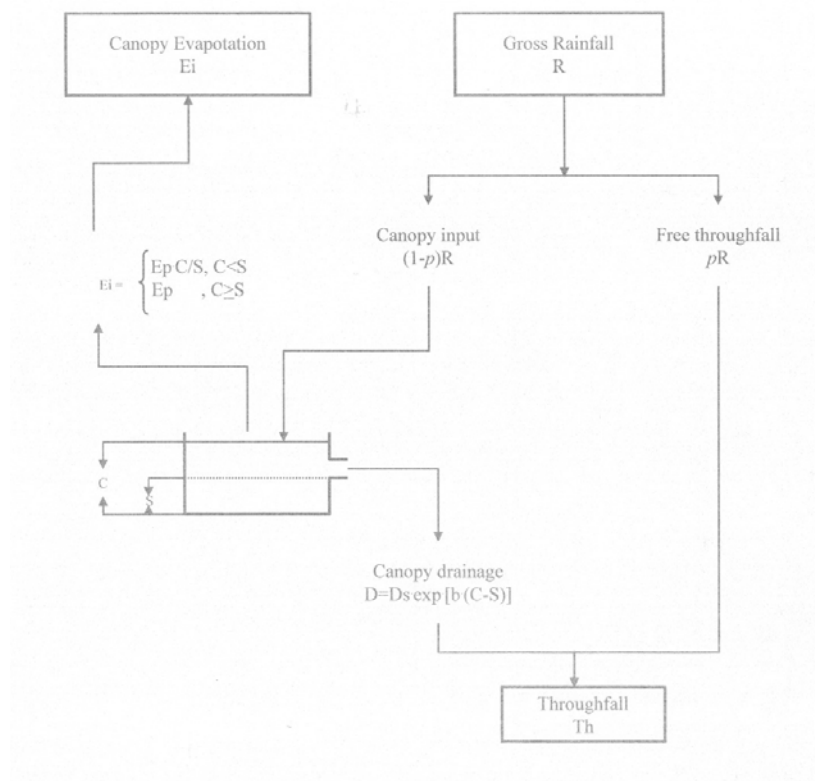
น้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำฝนเหนือเรือนยอด (ตารางที่ 1) ดังนั้นจึงเหลือตัวแปรในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ น้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระ (free throughfall coefficient;  $pR$ ), น้ำฝนที่ตกบนเรือนยอด (canopy input ;  $(1-p)R$ ), สมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอด (canopy storage capacity;  $S$ ), น้ำฝนค้างบนเรือนยอด (canopy storage;  $C$ ) และการระบายน้ำจากเรือนยอด (canopy drainage;  $D$ ) ได้กรอบแนวคิดของแบบจำลองน้ำพืชยึด แสดงดังภาพที่ 7

#### 4.1 มโนทัศน์ของแบบจำลอง

แบบจำลองน้ำพืชยึด Rutter แบ่งน้ำฝนเหนือเรือนยอด ( $R$ ) ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ น้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระและน้ำฝนที่ตกบนเรือนยอดโดยน้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระตกลงสู่พื้นดินโดยตรงในขณะที่น้ำฝนตกบนเรือนยอดเป็นน้ำฝนที่เข้าสู่เรือนยอดโดยน้ำส่วนนี้จะเกิดการระบายออกจากเรือนยอดเมื่อน้ำที่ค้างบนเรือนยอดมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับสมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอดและเกิดการระเหยออกจากเรือนยอด (Evaporation from canopy;  $E_i$ ) เท่ากับการระเหยสูงสุด (Potential evaporation;  $E_p$ ) แต่ถ้าน้ำที่ค้างบนเรือนยอดมีค่าน้อยกว่าสมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอดจะไม่เกิดการระบายน้ำจากเรือนยอดและจะเกิดการระเหยออกจากเรือนยอดเท่ากับการระเหยสูงสุดคูณกับสัดส่วนของน้ำที่ค้างบนเรือนยอดกับสมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอด ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง คือ น้ำฝนผ่านเรือนยอด (throughfall) โดยน้ำฝนผ่านเรือนยอดเป็นผลรวมระหว่างน้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระกับน้ำที่ระบายจากเรือนยอด

#### 4.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง

พารามิเตอร์ของแบบจำลองที่ต้องทำการประมาณค่าได้แก่ สัมประสิทธิ์น้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระ ( $p$ ), สมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอด ( $S$ ), น้ำฝนที่ค้างบนเรือนยอด ( $C$ ), ปริมาณน้ำที่ระเหยจากเรือนยอด ( $E_i$ ) และปริมาณน้ำที่ระบายจากเรือนยอด ( $D$ ) โดยการศึกษาประมาณค่าพารามิเตอร์ทุกตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดข้อมูลน้ำฝนผ่านเรือนยอด ซึ่งได้แก่ Th11, Th12 และ Th13 โดยแยกเป็น 5 ช่วงระยะเวลาทั้งนี้หาค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ในแต่ละช่วงระยะเวลาเพื่อใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย (Avg) มีแนวทางดำเนินการดังนี้



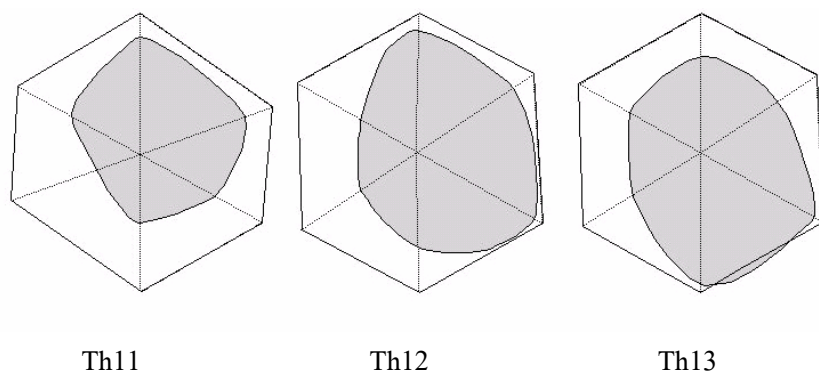
ภาพที่ 7 กรอบแนวคิดของการประยุกต์แบบจำลองน้ำพืช  
ที่มา: ดัดแปลงจาก Valente *et al.* (1997)

4.2.1  $p$  (free throughfall coefficient) เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำฝนที่ตกสู่พื้นดินโดยตรงประมาณจากพื้นที่ส่วนที่เป็นช่องว่าง (gap) (ภาพที่ 8-9) โดยนำพื้นที่ปกคลุมของทรงรับน้ำลบด้วยพื้นที่ปกคลุมของเรือนยอดหารด้วยพื้นที่ปกคลุมของทรงรับน้ำ (สมการที่ 4) จะเห็นว่าวิธีการที่ใช้ในการศึกษานี้จะแตกต่างจากที่ใช้ในการศึกษาของ Rutter *et al.* (1971)

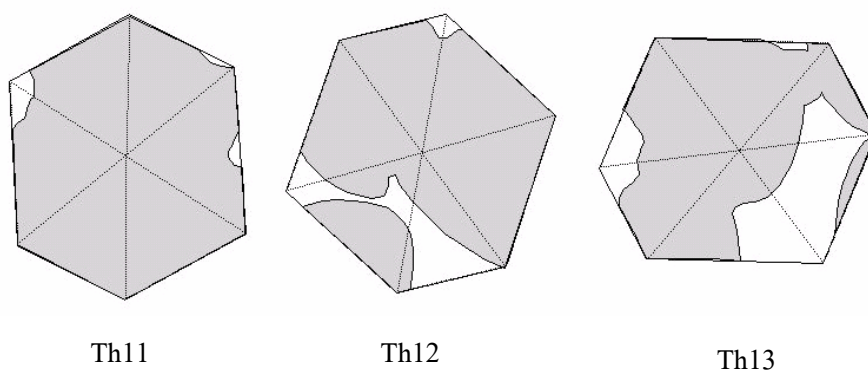
$$p = \frac{(G - B) \cdot 100}{G} \quad (4)$$

|       |     |     |                           |
|-------|-----|-----|---------------------------|
| เมื่อ | $G$ | คือ | พื้นที่ปกคลุมของทรงรับน้ำ |
|       | $B$ | คือ | พื้นที่ปกคลุมของเรือนยอด  |

เมื่อประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระได้แล้วสามารถประมาณค่าน้ำฝนที่เข้าสู่เรือนยอดและน้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระได้



ภาพที่ 8 พื้นที่ปกคลุมเรือนยอดบริเวณสวนลินจี ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ ปีพ.ศ.2548



ภาพที่ 9 พื้นที่ปกคลุมเรือนยอดบริเวณป่ารุ่นสอง ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ ปีพ.ศ.2548

หมายเหตุ: -พื้นที่ในรูปหกเหลี่ยมเป็นพื้นที่รางรับน้ำ

-พื้นที่สีเทาเป็นพื้นที่ปกคลุมของเรือนยอด

-เส้นประเป็นทิศทางของรางรับน้ำโดยทำมุมกับทิศเหนือ

4.2.2 S (canopy storage capacity) เป็นสมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอด ซึ่งค่านี้ประเมินได้จากค่าดัชนีผิวใบของพืช (LAI) แต่ในการศึกษานี้กำหนดให้สมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอดมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0.70 ในพื้นที่สวนลื่นจีและ 1.20 ในพื้นที่ป่ารุ่นสอง

4.2.3  $C_t$  (water on canopy) เป็นน้ำฝนที่ค้างบนเรือนยอดซึ่งหาได้ดังสมการ

$$C_t = [(C_{t-1}) + (1 - p)R] - (E_i + D) \quad (5)$$

|       |           |     |                                    |
|-------|-----------|-----|------------------------------------|
| เมื่อ | $C_t$     | คือ | ค่าน้ำฝนที่ค้างบนเรือนยอดเวลาใด ๆ  |
|       | $C_{t-1}$ | คือ | ค่าน้ำฝนที่ค้างบนเรือนยอดครั้งก่อน |
|       | $(1-p)R$  | คือ | ค่าน้ำฝนที่ตกบนเรือนยอด            |
|       | $E_i$     | คือ | ค่าการระเหยน้ำจากเรือนยอด          |
|       | $D$       | คือ | ค่าการระบายน้ำจากเรือนยอด          |

4.2.4  $E_i$  (evaporation from canopy) เป็นการระเหยน้ำจากเรือนยอดจากแนวคิดของ Rutter กำหนดให้ค่าการระเหยน้ำจากเรือนยอดแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

1) เมื่อน้ำฝนที่ค้างบนเรือนยอดน้อยกว่าสมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอด ( $C < S$ )

$$E_i = E_p \cdot \frac{C}{S} \quad (6)$$

2) เมื่อน้ำฝนที่ค้างบนเรือนยอดมากกว่าหรือเท่ากับสมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอด ( $C \geq S$ )

$$E_i = E_p \quad (7)$$

$E_p$  เป็นการระเหยน้ำสูงสุดจากเรือนยอดใช้ Penman equation (Penman, 1948) ในการคำนวณดังสมการ

$$E_p = \frac{sRn + (\rho_c \cdot VPD) / r_a}{\lambda(s + \gamma)} \quad (8)$$

|       |           |     |                                                                                                                        |
|-------|-----------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| เมื่อ | $E_p$     | คือ | อัตราการระเหยน้ำสูงสุด (potential rate of evaporation, มม./วินาที)                                                     |
|       | $\rho_c$  | คือ | ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ (specific heat of dry air, $2.9 \times 10^{-4}$ แคลอรี/ลบ.ชม./องศาเซลเซียส)            |
|       | VPD       | คือ | ค่าความดันไอน้ำในส่วนที่ขาดจากความอิ่มตัว (vapour pressure deficit, มิลลิบาร์)                                         |
|       | s         | คือ | ค่าการเปลี่ยนแปลงความดันไอน้ำโดยอุณหภูมิ (change of vapour pressure of water with temperature, มิลลิบาร์/องศาเซลเซียส) |
|       | $r_a$     | คือ | ค่าความต้านทานของบรรยากาศ (aerodynamic resistance, วินาที/ชม.)                                                         |
|       | Rn        | คือ | ค่ารังสีดวงอาทิตย์สุทธิ (net radiation, แคลอรี/ตร.ชม./วินาที)                                                          |
|       | $\lambda$ | คือ | ค่าความร้อนที่ใช้ในการเผาผลาญน้ำ (latent heat of vaporization, 590 แคลอรี/ลบ.ชม.)                                      |
|       | $\gamma$  | คือ | ค่าคงที่ Psychrometer (Psychrometric Constant, 0.66 มิลลิบาร์/องศาเซลเซียส)                                            |

และ

$$r_a = \frac{1}{k^2 u} \left\{ \ln \left( \frac{z - d}{z_0} \right) \right\}^2 \quad (9)$$

|       |       |     |                                                                      |
|-------|-------|-----|----------------------------------------------------------------------|
| เมื่อ | $r_a$ | คือ | ค่าความต้านทานของบรรยากาศ (aerodynamic resistance, วินาที/ชม.)       |
|       | k     | คือ | ค่าคงที่ของ วอน คาร์แมน (von Karman's constant, 0.4)                 |
|       | u     | คือ | ค่าความเร็วลม (wind speed, ชม./วินาที)                               |
|       | z     | คือ | ความสูงของจุดวัดความชื้นในบรรยากาศ (ชม.)                             |
|       | $z_0$ | คือ | ความยาวของพื้นผิวไม่สม่ำเสมอ (roughness length, ชม.)                 |
|       | d     | คือ | ความสูงที่ความเร็วลมคงที่ใกล้จุดระเหย (zero plane displacement, ชม.) |

4.2.5 D (canopy drainage) เป็นค่าการระบายน้ำจากเรือนยอด จากแนวคิดของ Rutter กำหนดให้ค่าการระบายน้ำของเรือนยอดแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

1) เมื่อน้ำฝนที่ค้างบนเรือนยอดน้อยกว่าสมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอด ( $C < S$ )

$$D = 0 \quad (10)$$

2) เมื่อน้ำฝนที่ค้างบนเรือนยอดมากกว่าหรือเท่ากับสมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอด ( $C \geq S$ )

$$D = D_s \cdot \exp[b(C - S)] \quad (11)$$

โดย  $b$  (drainage coefficient) เป็นค่าสัมประสิทธิ์การระบายน้ำจากเรือนยอดซึ่งค่านี้บอกความช้าเร็วในการระบายน้ำจากเรือนยอดกำหนดให้มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 1.10 ในพื้นที่สวนลิ้นจี่และ 0.80 ในป่ารุ่นสอง

$D_s$  เป็นการระบายน้ำจากเรือนยอดเมื่อน้ำที่ค้างบนเรือนยอดเท่ากับสมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอด หรือการระบายน้ำเริ่มแรก กำหนดให้มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0.20 ในพื้นที่สวนลิ้นจี่และ 0.10 ในป่ารุ่นสอง

4.2.6  $Th$  (throughfall) เป็นค่าน้ำฝนผ่านเรือนยอดซึ่งเท่ากับผลรวมของค่าระบายน้ำจากเรือนยอดกับค่าน้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระ

$$Th = D + (pR) \quad (12)$$

|       |      |     |                                           |
|-------|------|-----|-------------------------------------------|
| เมื่อ | $D$  | คือ | ปริมาณน้ำที่ระบายจากเรือนยอด (มิลลิเมตร)  |
|       | $pR$ | คือ | ปริมาณน้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระ (มิลลิเมตร) |

4.2.7  $I$  (intercepted water) เป็นค่าน้ำพืชยึดซึ่งเท่ากับผลรวมของปริมาณน้ำที่ระเหยจากเรือนยอดทั้งหมดกับน้ำที่ค้างบนเรือนยอดสุดท้าย ( $C_{t_{สุดท้าย}}$ )

$$I = \sum Ei + (C_{t_{สุดท้าย}}) \quad (13)$$

|       |                          |     |                                               |
|-------|--------------------------|-----|-----------------------------------------------|
| เมื่อ | $E_i$                    | คือ | ปริมาณน้ำที่ระเหยจากเรือนยอด (มิลลิเมตร)      |
|       | $C_{t_{\text{สุดท้าย}}}$ | คือ | ปริมาณน้ำที่ค้างบนเรือนยอดสุดท้าย (มิลลิเมตร) |

#### 4.3 การปรับเทียบค่าพารามิเตอร์ (calibration)

การศึกษานี้ดำเนินการปรับเทียบพารามิเตอร์ซึ่งได้แก่ สมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอด, การระบายน้ำเริ่มแรกจากเรือนยอดและสัมประสิทธิ์การระบายน้ำของเรือนยอด โดยวิธี Generalized Reduced Gradient (GRG) ด้วยคำสั่ง Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งเป็นการหาค่าที่เหมาะสมภายใต้ขอบเขตที่กำหนด (กิตติ, 2541) โดยการศึกษานี้กำหนดขอบเขตเป็นค่าต่ำสุดของ (root mean square error; RMSE) ทั้งนี้เพื่อปรับเทียบให้ค่าที่ตรวจวัดได้จากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจวัดได้จริงหรือมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน

#### 5. การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การศึกษานี้ทำการตรวจสอบความถูกต้องโดยการเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการตรวจวัดกับปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากแบบจำลองด้วยประสิทธิภาพในการจำลองแบบ (Modelling Efficiency; EFF) ของ Nash and Sutcliffe (1970) ดังสมการ

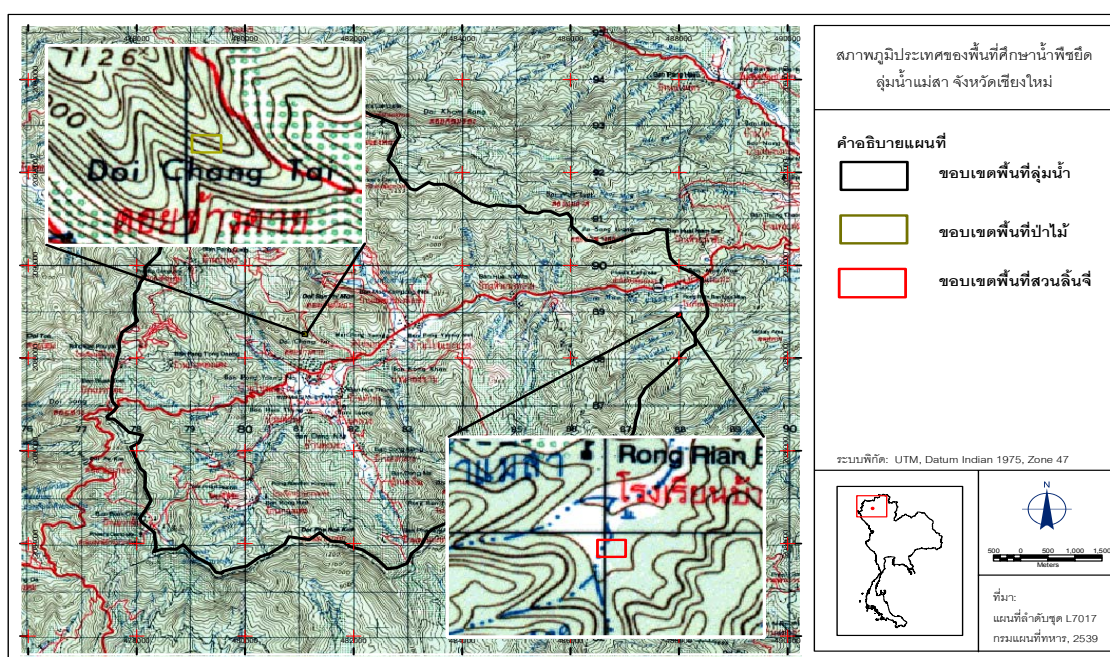
$$\begin{aligned}
 \text{EFF} &= 1 - \frac{\text{residual variance}}{\text{observed variance}} \\
 &= 1 - \frac{\sum (Q_{\text{obs}} - Q_{\text{sim}})^2}{\sum (Q_{\text{obs}} - \bar{Q}_{\text{obs}})^2}
 \end{aligned} \tag{14}$$

โดยแบ่งเป็น 2 กรณี ได้แก่ ความถูกต้องจากการใช้พารามิเตอร์แต่ละช่วงเวลาและความถูกต้องจากการใช้พารามิเตอร์เฉลี่ยซึ่งค่า EFF ในสมการชี้ถึงสัดส่วนของค่าที่ได้จากแบบจำลองมีความแปรปรวนจากค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริงมากน้อยเพียงใดกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดมีความแปรปรวนจากค่าเฉลี่ยของค่าที่ได้จากการตรวจวัดเพียงใด กล่าวคือยิ่ง EFF ที่ได้มีค่าเข้าใกล้ 1 ประสิทธิภาพในการจำลองแบบก็เพิ่มขึ้นหรืออาจกล่าวได้ว่าแบบจำลองมีความถูกต้องเพิ่มขึ้น

## พื้นที่ศึกษา

### 1. ที่ตั้งและลักษณะภูมิประเทศ

การศึกษครั้งนี้ทำการศึกษาในพื้นที่สวนลันจีและป่ารุ่นสอง บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งห่างจากจังหวัดเชียงใหม่ประมาณ 20 กิโลเมตร มีอาณาเขตติดต่อ 3 อำเภอ คือ อำเภอสะเมิง, อำเภอหางดงและอำเภอแม่ออน ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 72 ตารางกิโลเมตร อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่  $18^{\circ}50'$  เหนือ ถึง  $18^{\circ}57'$  เหนือและเส้นแวงที่  $98^{\circ}47'$  ตะวันออก ถึง  $98^{\circ}59'$  ตะวันออก ลักษณะพื้นที่เป็นภูเขาที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 300-1,700 เมตร ทิศตะวันออกเป็นเนินเขาและที่ราบหุบเขามีแม่น้ำแม่สาไหลผ่านไปบรรจบกับแม่น้ำปิงที่สบสา (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 สภาพภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษากระบวนการน้ำพืชยิด ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่

## 2. ลักษณะทางปฐพีวิทยา

ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่สา ดินที่อยู่ในพื้นที่ลาดชัน, ลอนคลื่นลาดชัน, หุบและร่องห้วย มีลักษณะดินเป็นดินร่วนปนทราย สีเทา มีคุณสมบัติอุ้มน้ำและซึมน้ำดี บริเวณที่เป็นยอดเขาที่ดินจะมีลักษณะเป็นกรดปานกลาง มีเปอร์เซ็นต์ของอินทรียวัตสูง การยึดเกาะของเม็ดดินค่อนข้างต่ำ เป็นดินที่ง่ายต่อการถูกชะล้างพังทลาย บริเวณไหล่เขาต่ำลงมาดินส่วนใหญ่เป็นดินลูกรังสีน้ำตาลปนแดง มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ เป็นดินที่มีการพังทลายปานกลาง ส่วนดินบริเวณที่ราบเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์มาก แต่มีกรวดทรายบนผิวดินมาก ซึ่งเป็นส่วนที่เกิดจากการทับถมของตะกอนที่น้ำชะล้างมาในฤดูฝน (องค์การบริหารส่วนตำบลคอนแก้ว, 2549)

## 3. ลักษณะพืชพรรณ

สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าไม้อยู่ในเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติสุเทพ-ปุย เป็นป่าหลากหลายชนิดและพันธุ์พืชผสมผสานกันเป็นบริเวณกว้าง ได้แก่ ป่าดิบเขา, ป่าเต็งรัง, ป่าเบญจพรรณและทุ่งหญ้า (องค์การบริหารส่วนตำบลคอนแก้ว, 2549)

## 4. ลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา

สภาพอากาศในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่สาจัดเป็นแบบมรสุมเขตร้อน (tropical monsoon) ซึ่งประกอบด้วยฤดูฝนและฤดูแล้งโดยฤดูฝนได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งพัดพาเอาความชุ่มชื้นมาจากทะเลจีนใต้จึงทำให้ฝนตกชุกตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ฤดูหนาวได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งพัดพาความกดอากาศสูงมาจากประเทศจีนจึงทำให้อากาศหนาวเย็นและฤดูแล้งเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ส่วนฤดูร้อนไม่ร้อนมากนักเริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดประมาณ 26.0 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดประมาณ 17.0 องศาเซลเซียสปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีประมาณ 1,500 มิลลิเมตร (องค์การบริหารส่วนตำบลคอนแก้ว, 2549)

## 5. ลักษณะพืชพรรณบริเวณแปลงทดลอง

5.1 สวนลั่นทมมีอายุประมาณ 10 ปี โดยมีระยะปลูก 8x8 เมตรและขนาดพื้นที่ประมาณ 1 ไร่ อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 500 เมตร มีความสูงของชั้นเรือนยอด 1 ชั้นซึ่งมีความสูงเฉลี่ยประมาณ 2 เมตร ความกว้างของเรือนยอดไม่เรียงชิดติดกันโดยมีความกว้างของเรือนยอดเฉลี่ยประมาณ 4 เมตร

5.2 ป่ารุ่นสองในอดีตเคยเป็นป่าเบญจพรรณ ซึ่งมีไม้เด่นได้แก่ สัก, ประดู่, แดง, มะค่าโมง และมีไม้พื้นล่างได้แก่ ไม้ต่อมากถูกชาวบ้านบุกรุกเพื่อใช้เป็นพื้นที่ทำการเกษตรปัจจุบันได้มีการปล่อยให้พื้นที่ดังกล่าวฟื้นคืนสู่สภาพเดิมโดยปล่อยให้มีการทดแทนตามธรรมชาติ (natural succession) ทั้งนี้ไม้เด่นได้แก่ มะค่าโมงและแดงส่วนไม้พื้นล่างได้แก่ ไม้และลูกไม้ของไม้ชั้นเรือนยอดบน ลักษณะโครงสร้างของเรือนยอดจากการประเมินด้วยสายตาประกอบด้วย 2 ชั้นเรือนยอด โดยชั้นเรือนยอดบนมีความสูงระหว่าง 10-22 เมตร ชนิดไม้เด่นได้แก่ มะค่าโมง, แดงและชั้นเรือนยอดรองมีความสูงระหว่าง 3-10 เมตร ชนิดไม้เด่นได้แก่ ไม้, แสลงใจและลูกไม้ของไม้ชั้นเรือนยอดบน ซึ่งมีความหนาแน่นของต้นไม้ต่อพื้นที่ประมาณ 250 ต้น/ไร่ และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ย 30 เซนติเมตร โดยมีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 1,000 เมตร

## ผลและวิจารณ์

การประยุกต์แบบจำลอง Rutter ศึกษากระบวนการนำพืชชนิดในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน บริเวณลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ โดยเลือกพื้นที่สวนลื่นจีและป่ารุ่นสองเป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษาและใช้ข้อมูลน้ำฝนเหนือเรือนยอดที่ตรวจวัดจากเครื่องวัดน้ำฝนแบบบันทึกอัตโนมัติ ซึ่งติดตั้งไว้เหนือเรือนยอดบนหอคอยตรวจวัดอากาศ พื้นที่ศึกษาละ 1 เครื่อง, ข้อมูลน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ตรวจวัดจากเครื่องวัดน้ำฝนผ่านเรือนยอดแบบบันทึกอัตโนมัติ พื้นที่ศึกษาละ 3 เครื่องและข้อมูลภูมิอากาศที่ตรวจวัดจากเครื่องวัดอากาศแบบอัตโนมัติ ตั้งแต่เดือนเมษายน 2548–ตุลาคม 2549 ได้ผลดังนี้

### 1. น้ำฝนเหนือเรือนยอด (R) และน้ำฝนผ่านเรือนยอด (Th)

ปริมาณน้ำฝนเหนือเรือนยอดและน้ำฝนผ่านเรือนยอด ที่ทำการเลือกมาพื้นที่ละ 5 ช่วงโดยครอบคลุมต้นฤดู กลางฤดูและปลายฤดูฝน ดังรายละเอียดในตารางผนวกที่ 1 และภาพผนวกที่ 1-2 สรุปผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 4 มีรายละเอียดดังนี้

#### 1.1 น้ำฝนเหนือเรือนยอดและน้ำฝนผ่านเรือนยอด ของพื้นที่สวนลื่นจี

น้ำฝนเหนือเรือนยอดที่ตรวจวัดได้มีความหนักเบาเฉลี่ยจากข้อมูลน้ำฝนราย 1 นาทีเท่ากับ 15.45-22.80 มม./ชม. ความหนักเบาเฉลี่ยจากข้อมูลน้ำฝนราย 20 นาทีเท่ากับ 5.00-9.80 มม./ชม. และความหนักเบาสูงสุดจากข้อมูลน้ำฝนราย 1 นาทีเท่ากับ 33.57-107.76 มม./ชม., ความหนักเบาสูงสุดจากข้อมูลน้ำฝนราย 20 นาทีเท่ากับ 7.49-38.83 มม./ชม. ส่วนน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ตรวจวัดได้ในตำแหน่ง Th13 มีปริมาณมากกว่า Th11 และ Th12 ตามลำดับ ทั้งที่ตำแหน่ง Th13 มีการปกคลุมของเรือนยอดหนาแน่นและพื้นที่ปกคลุมของเรือนยอดมากกว่าตำแหน่ง Th11 และ Th12 อีกทั้งยังพบว่าปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดมีปริมาณสูงกว่าปริมาณน้ำฝนเหนือเรือนยอดในทุกช่วงระยะเวลา ทั้งนี้เนื่องจากตำแหน่ง Th13 อยู่ในตำแหน่งที่น้ำฝนไหลตามลำต้นเกิดการหยดได้ง่าย ซึ่งเกิดจากลักษณะทางสรีระวิทยาของพืชที่ปกคลุมจึงไม่นำมาหาคำนวณน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย (Avg) แต่จากการศึกษาของ Tanaka *et al.* (2001) พบว่าในบางครั้งน้ำฝนผ่านเรือนยอดอาจมีปริมาณมากกว่าน้ำฝนเหนือเรือนยอด ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของหมอกแต่ละจะพบได้ไม่บ่อยนัก ทั้งนี้

ปริมาณน้ำฝนเหนือเรือนยอดและน้ำฝนผ่านเรือนยอดในตำแหน่ง Th11, Th12, Th13 และน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย (Avg) ทั้ง 5 ช่วง แสดงดังภาพที่ 11-15

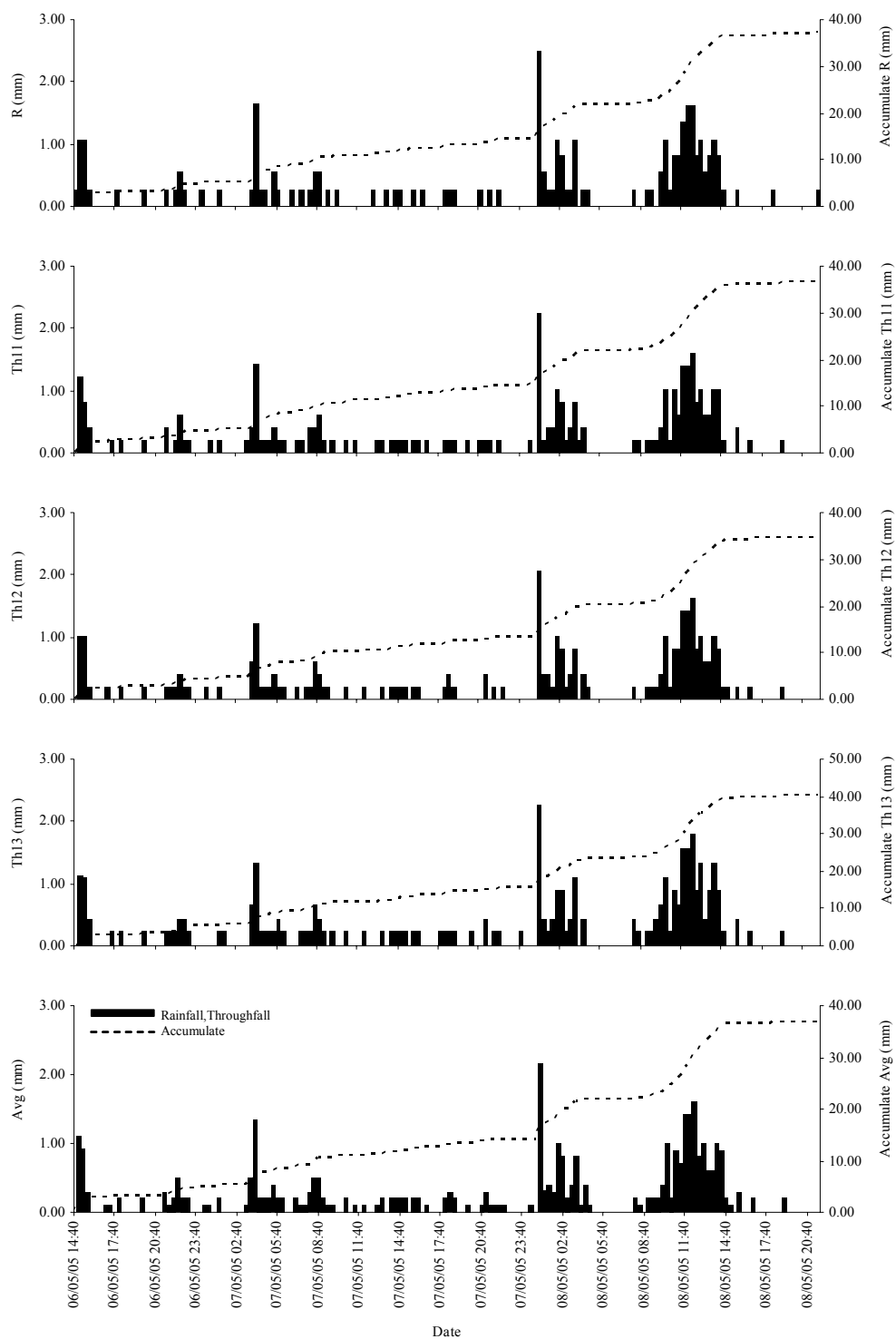
#### 1.2 น้ำฝนเหนือเรือนยอดและน้ำฝนผ่านเรือนยอด ของพื้นที่ป่ารุ่นสอง

น้ำฝนเหนือเรือนยอดที่ตรวจวัดได้มีความหนักเบาเฉลี่ยจากข้อมูลน้ำฝนราย 1 นาที เท่ากับ 15.00-20.50 มม./ชม. ความหนักเบาเฉลี่ยจากข้อมูลน้ำฝนราย 20 นาทีเท่ากับ 5.00-6.48 มม./ชม. และความหนักเบาสูงสุดจากข้อมูลน้ำฝนราย 1 นาทีเท่ากับ 16.75-87.90 มม./ชม. ความหนักเบาสูงสุดจากข้อมูลน้ำฝนราย 20 นาทีเท่ากับ 8.16-24.13 มม./ชม. ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ตรวจวัดได้ในตำแหน่ง Th13 มีปริมาณมากกว่า Th11 และ Th12 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากตำแหน่ง Th13 มีการปกคลุมเรือนยอดเบาบางกว่าในขณะที่ตำแหน่ง Th11 และ Th12 มีเรือนยอดที่หนาแน่น ประกอบกับพืชที่ปกคลุมมีหลายชั้นเรือนยอด ปริมาณน้ำฝนเหนือเรือนยอดและน้ำฝนผ่านเรือนยอดในตำแหน่ง Th11, Th12, Th13 และน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย (Avg) ทั้ง 5 ช่วงระยะเวลา แสดงดังภาพที่ 15-20

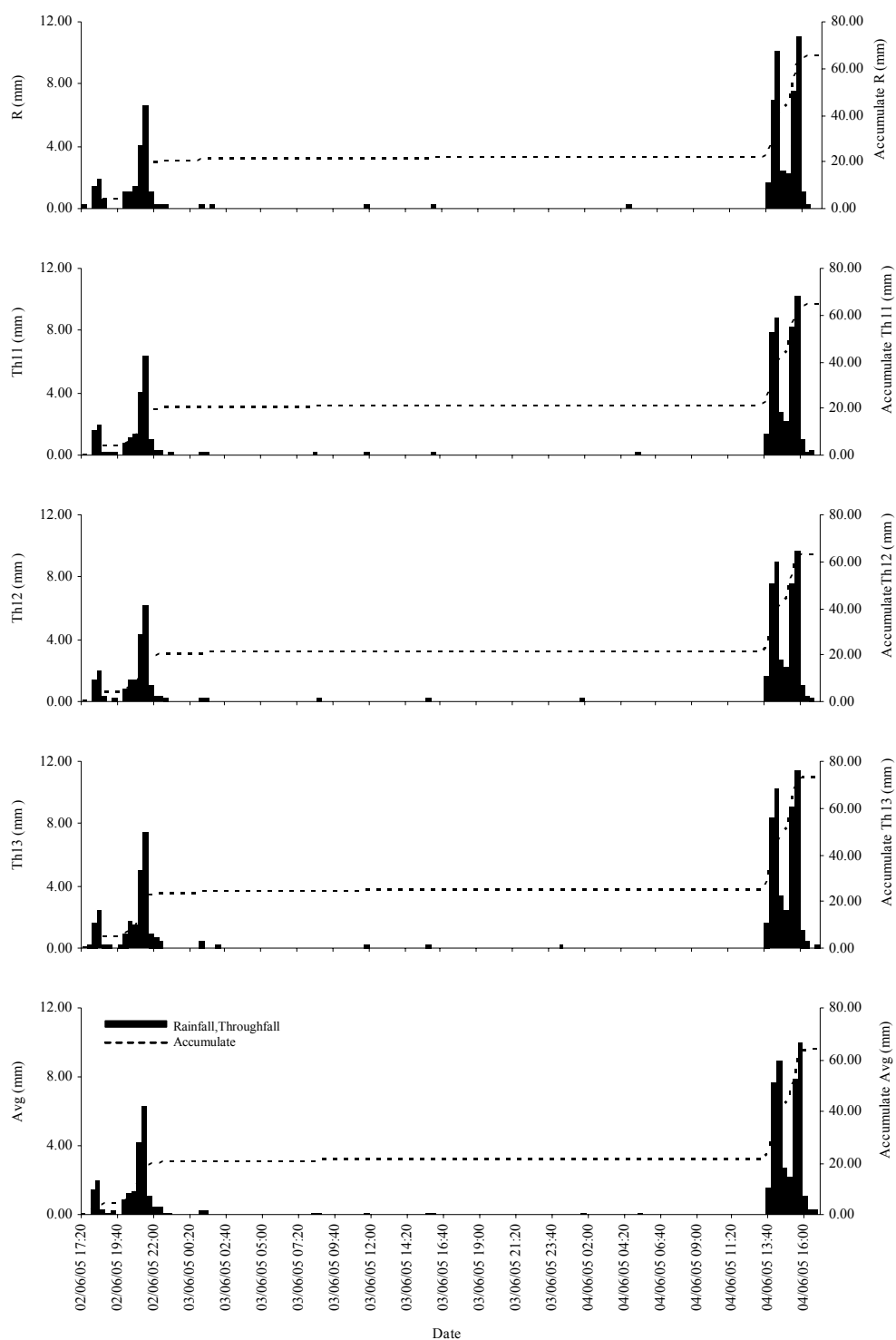
จากผลการศึกษาข้อ 1.1 และ 1.2 พบว่าปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดในพื้นที่สวนลั่นจี่ มีปริมาณมากกว่าพื้นที่ป่ารุ่นสอง นอกจากนั้นยังพบว่าปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดของพื้นที่สวนลั่นจี่มีปริมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ของน้ำฝนเหนือเรือนยอด ซึ่งมีค่าสูงกว่าไม้ผลทุกชนิดที่ นิพนธ์และคณะ (2545) รวบรวมไว้ (ตารางที่ 1) ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยด้านลักษณะภูมิอากาศและสรีระวิทยาของพืชโดยเฉพาะความหนาแน่นของเรือนยอดพืช ส่วนป่ารุ่นสองมีปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอด 89 เปอร์เซ็นต์ของน้ำฝนเหนือเรือนยอด ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับป่าธรรมชาติที่ นิพนธ์และคณะ (2545) ได้รวบรวมไว้

ตารางที่ 4 น้ำฝนเหนือเรือนยอด (R), น้ำฝนผ่านเรือนยอด (Th11,Th12,Th13) และน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย (Avg) บริเวณสวนลิ้นจี่และป่ารุ่นสอง  
ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ ปีพ.ศ. 2548

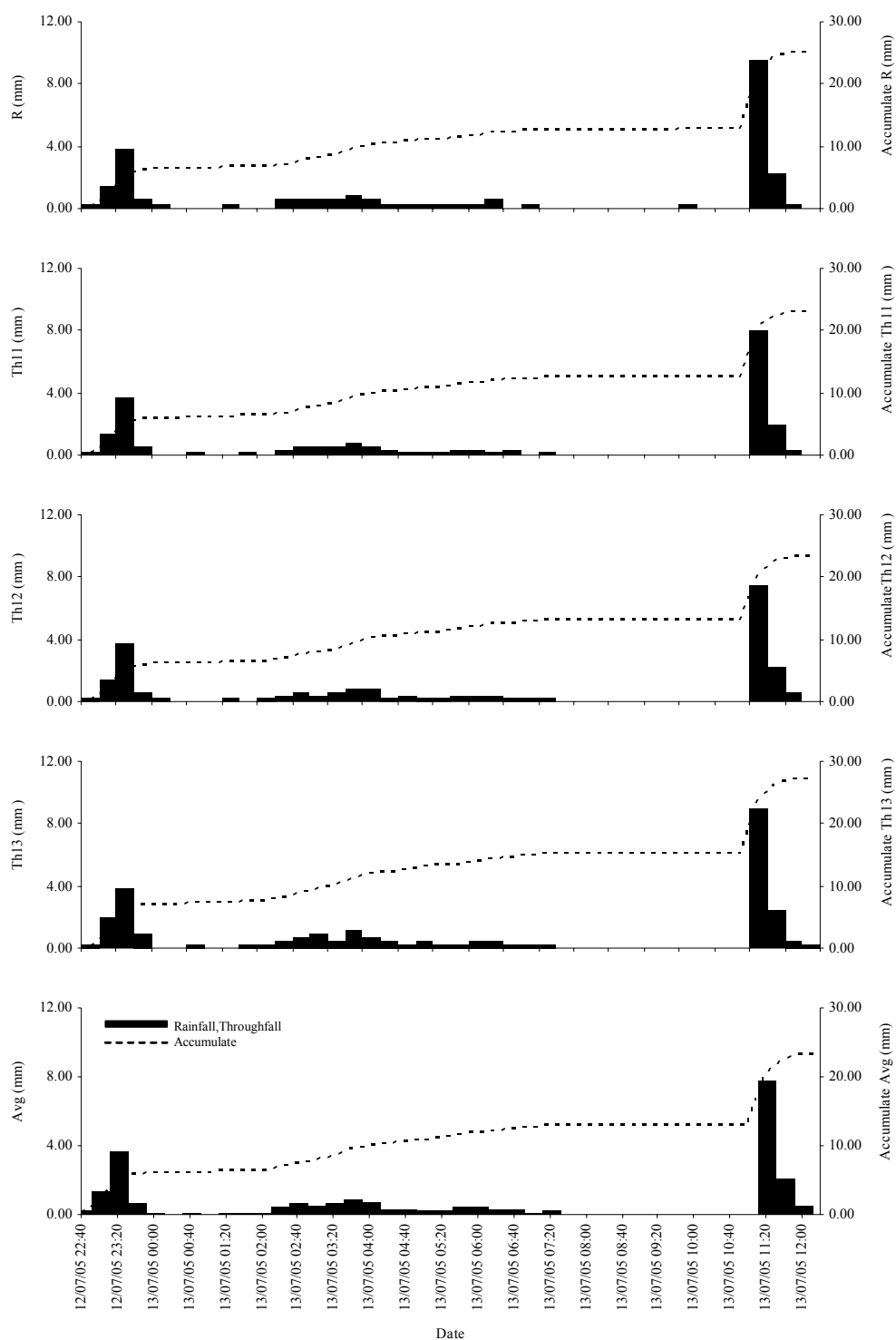
| ช่วงเวลา   | ฝนเริ่มตก<br>(ว/ด/ป เวลา) | ฝนหยุดตก<br>(ว/ด/ป เวลา) | น้ำฝนเหนือเรือนยอด<br>(มม) | น้ำฝนผ่านเรือนยอด (มม) |       |        |       |
|------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------|-------|--------|-------|
|            |                           |                          |                            | Th11                   | Th12  | Th13   | Avg   |
| สวนลิ้นจี่ |                           |                          |                            |                        |       |        |       |
| ต้นฤดูฝน   | 06/05/05 14:40            | 08/05/05 21:40           | 37.15                      | 36.44                  | 34.62 | 40.13  | 35.53 |
|            | 02/06/05 17:20            | 04/06/05 17:00           | 64.96                      | 64.64                  | 63.16 | 73.44  | 63.90 |
| กลางฤดูฝน  | 12/07/05 22:40            | 13/07/05 12:20           | 24.91                      | 22.97                  | 23.34 | 27.17  | 23.16 |
|            | 12/08/05 13:40            | 14/08/05 20:00           | 82.05                      | 77.56                  | 81.44 | 101.31 | 79.50 |
| ปลายฤดูฝน  | 10/09/05 02:40            | 12/09/05 19:40           | 54.37                      | 53.44                  | 52.95 | 63.53  | 53.20 |
| ป่ารุ่นสอง |                           |                          |                            |                        |       |        |       |
| ต้นฤดูฝน   | 06/05/05 21:20            | 08/05/05 20:40           | 39.28                      | 29.89                  | 33.19 | 31.93  | 31.67 |
|            | 19/06/05 21:20            | 22/06/05 01:00           | 22.76                      | 20.37                  | 20.03 | 22.39  | 20.93 |
| กลางฤดูฝน  | 16/08/05 13:00            | 18/08/05 21:20           | 31.17                      | 28.71                  | 28.50 | 29.17  | 28.80 |
| ปลายฤดูฝน  | 18/09/05 03:40            | 20/09/05 18:20           | 90.40                      | 84.58                  | 85.03 | 85.25  | 84.95 |
|            | 28/09/05 03:40            | 30/09/05 21:20           | 32.42                      | 29.24                  | 29.66 | 28.92  | 29.28 |



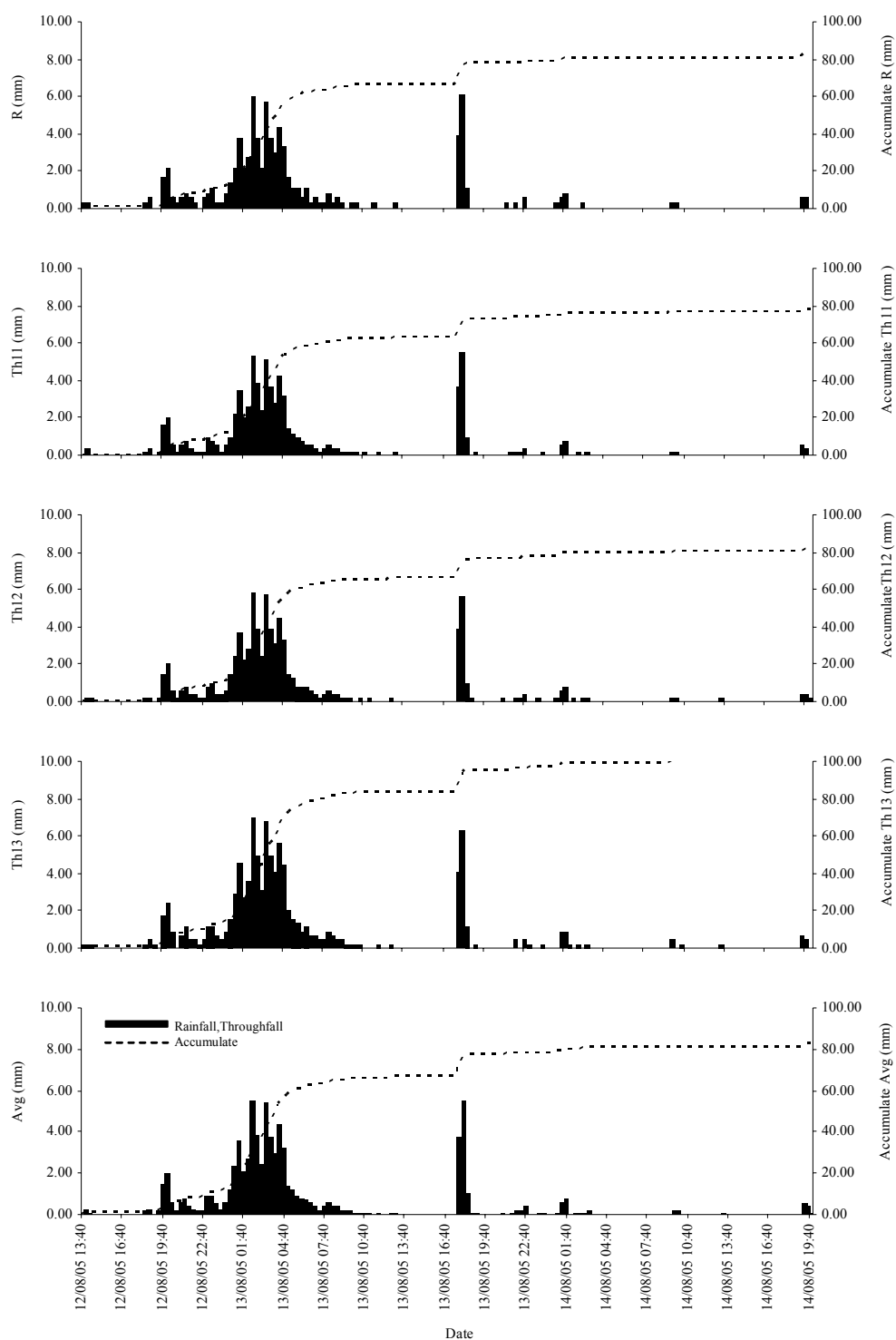
ภาพที่ 11 น้ำฝนเหนือเรือนยอด (R), น้ำฝนผ่านเรือนยอด (Th11, Th12, Th13) และน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย (Avg) ระหว่างวันที่ 6-8 พ.ค. 2548 บริเวณสวนลั่นจี่  
ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



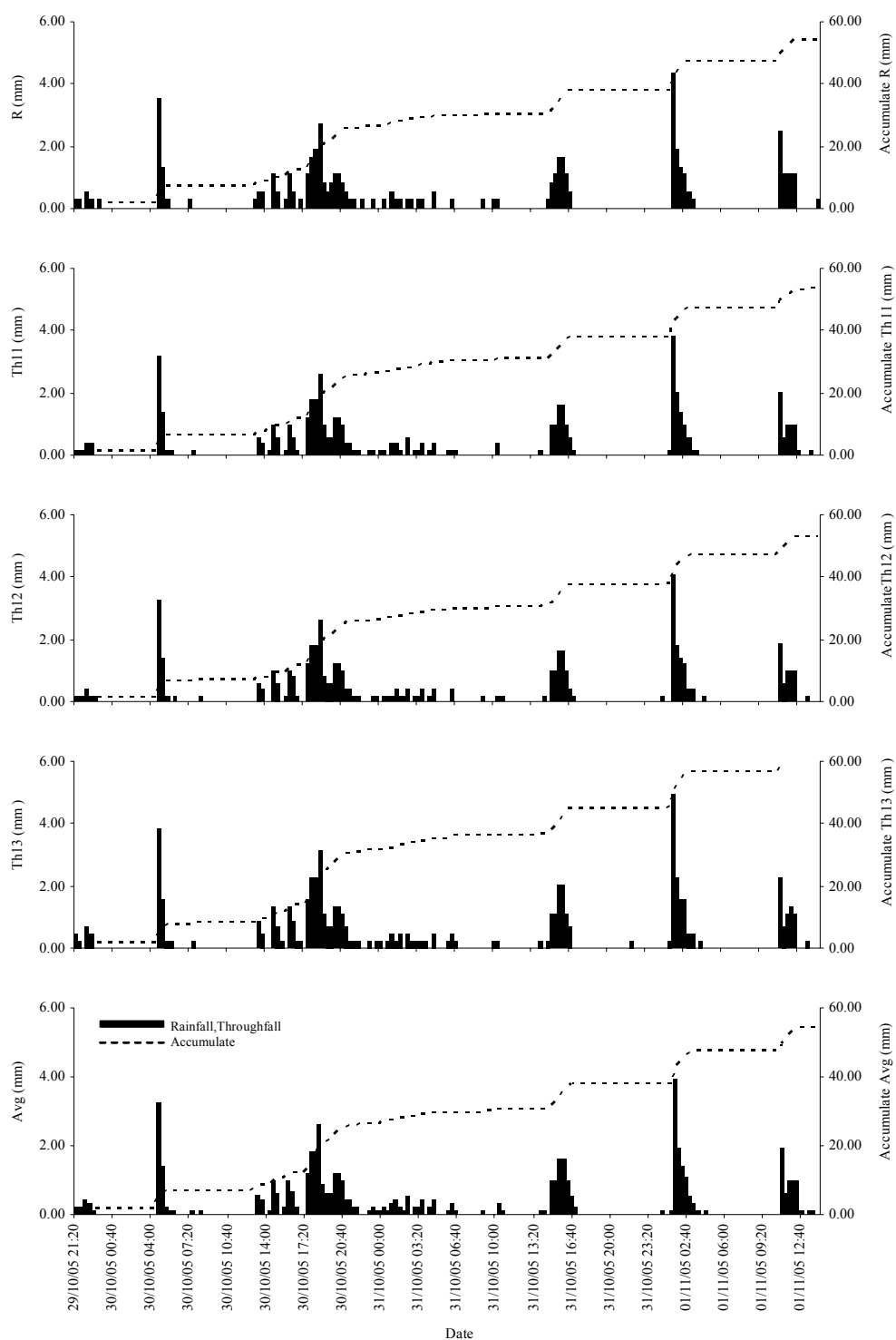
ภาพที่ 12 น้ำฝนเหนือเรือนยอด (R), น้ำฝนผ่านเรือนยอด (Th11, Th12, Th13) และน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย (Avg) ระหว่างวันที่ 2-4 มิ.ย. 2548 บริเวณสวนลินจีลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



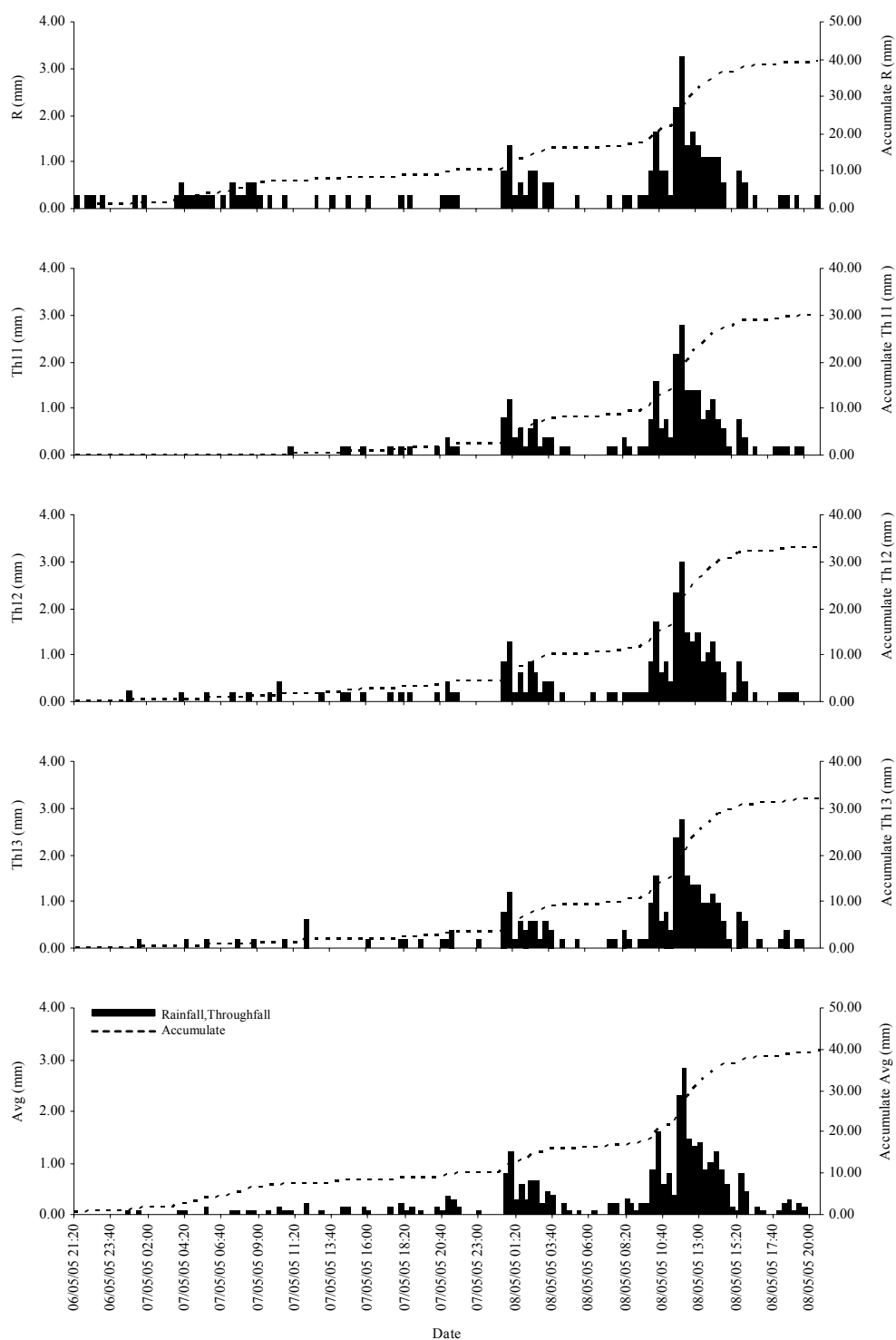
ภาพที่ 13 น้ำฝนเหนือเรือนยอด (R), น้ำฝนผ่านเรือนยอด (Th11, Th12, Th13) และน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย (Avg) ระหว่างวันที่ 12-13 ก.ค. 2548 บริเวณสวนลั่นจี๋ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



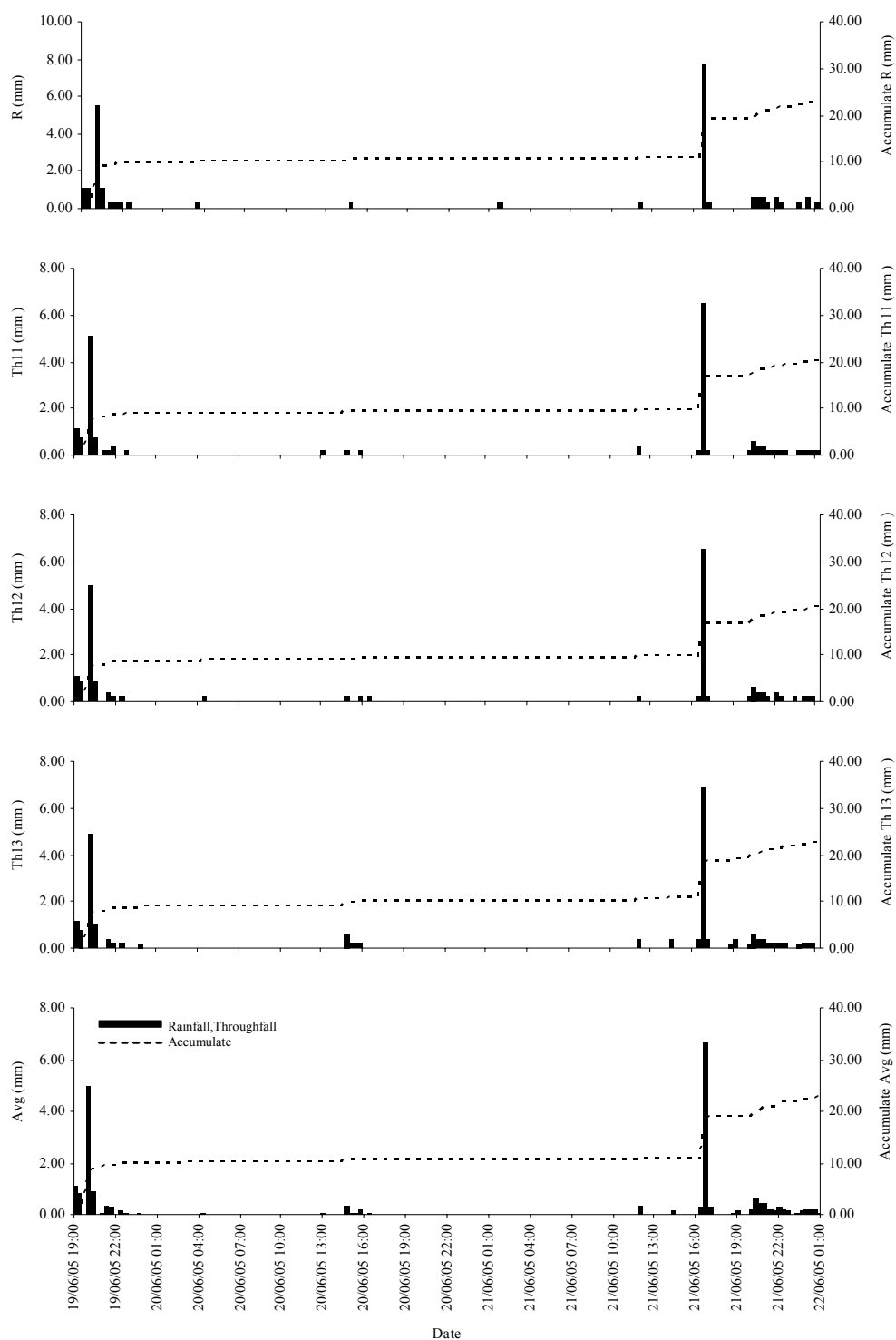
ภาพที่ 14 น้ำฝนเหนือเรือนยอด (R), น้ำฝนผ่านเรือนยอด (Th11, Th12, Th13) และน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย (Avg) ระหว่างวันที่ 12-14 ส.ค. 2548 บริเวณสวนลั่นจี๋ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



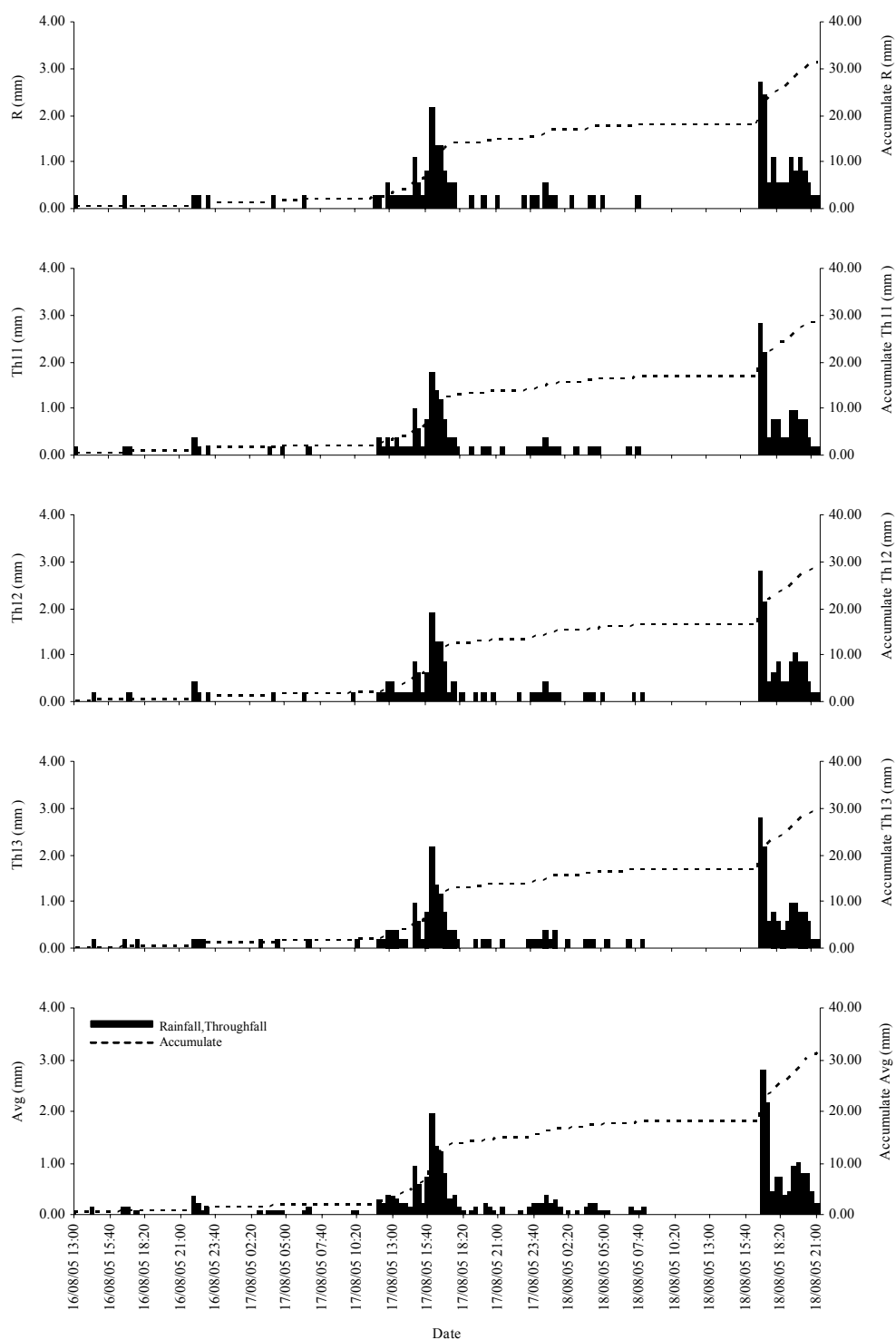
ภาพที่ 15 น้ำฝนเหนือเรือนยอด (R), น้ำฝนผ่านเรือนยอด (Th11, Th12, Th13) และน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย (Avg) ระหว่างวันที่ 10-12 ต.ค. 2548 บริเวณสวนลั่นจี๋ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



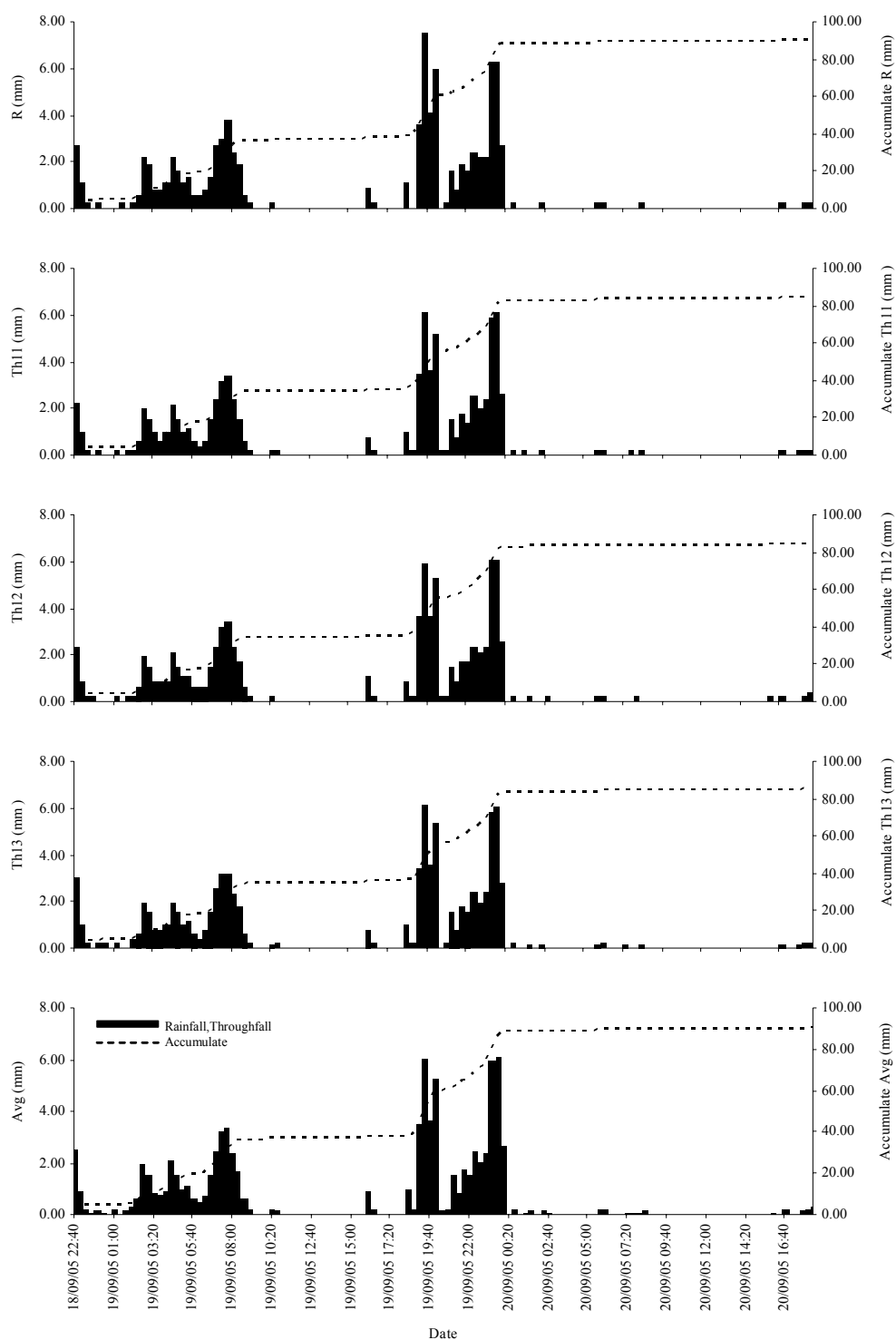
ภาพที่ 16 น้ำฝนเหนือเรือนยอด (R), น้ำฝนผ่านเรือนยอด (Th11, Th12, Th13) และน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย (Avg) ระหว่างวันที่ 6-8 พ.ค. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง  
ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



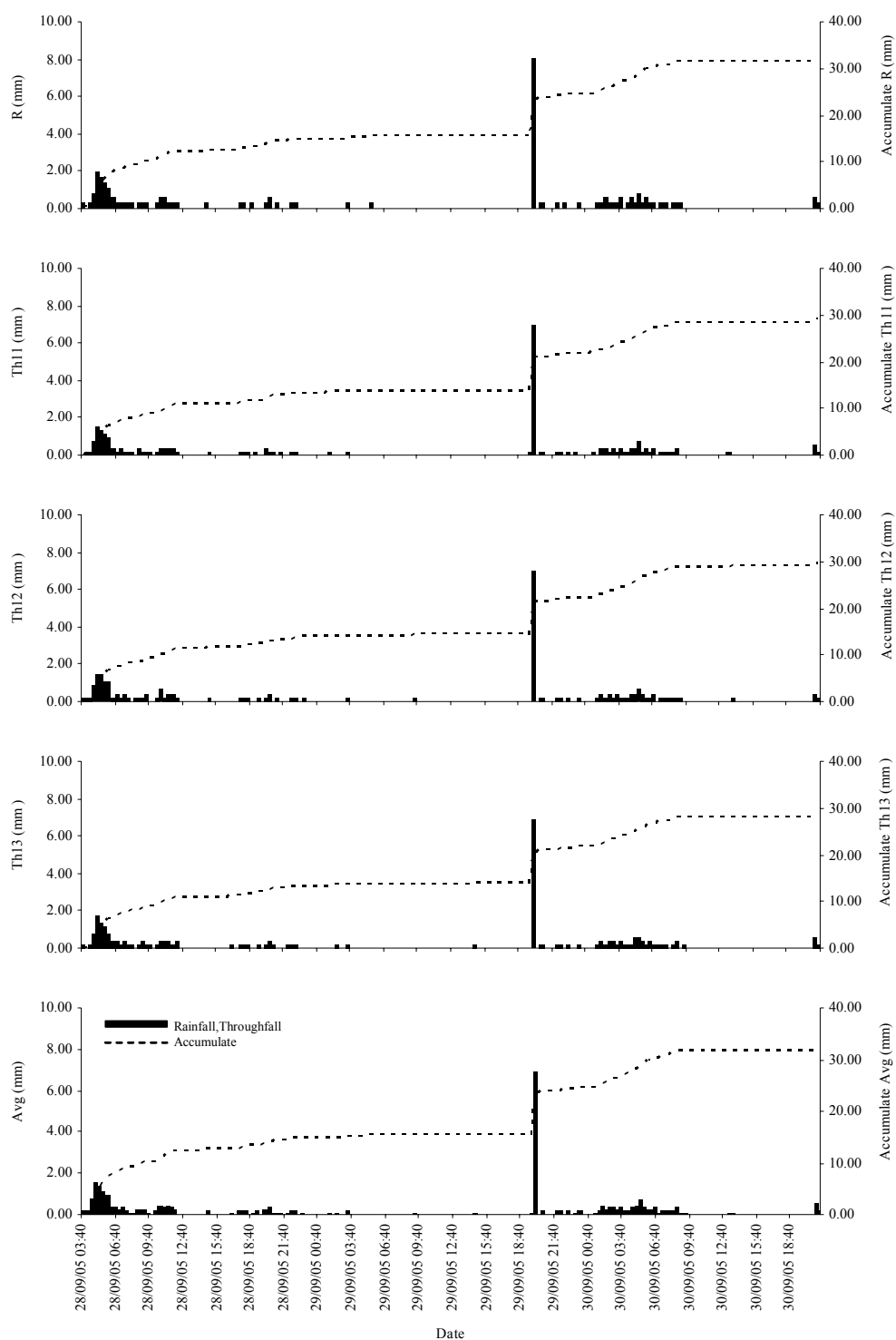
ภาพที่ 17 น้ำฝนเหนือเรือนยอด (R), น้ำฝนผ่านเรือนยอด (Th11, Th12, Th13) และน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย (Avg) ระหว่างวันที่ 19-22 มิ.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง  
ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



ภาพที่ 18 น้ำฝนเหนือเรือนยอด (R), น้ำฝนผ่านเรือนยอด (Th11, Th12, Th13) และน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย (Avg) ระหว่างวันที่ 16-18 ส.ค. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง  
ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



ภาพที่ 19 น้ำฝนเหนือเรือนยอด (R), น้ำฝนผ่านเรือนยอด (Th11, Th12, Th13) และน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย (Avg) ระหว่างวันที่ 18-20 ก.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง  
ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



ภาพที่ 20 น้ำฝนเหนือเรือนยอด (R), น้ำฝนผ่านเรือนยอด (Th11, Th12, Th13) และน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย (Avg) ระหว่างวันที่ 28-30 ก.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง  
ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่

## 2. การประยุกต์แบบจำลอง Rutter

การประยุกต์แบบจำลอง Rutter เพื่อศึกษากระบวนการนำพืชอีกครั้งนี้ใช้พารามิเตอร์ของแบบจำลองประเมินปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดและน้ำพืชยึดโดยใช้ข้อมูลน้ำฝนเหนือเรือนยอดพื้นที่ศึกษาละ 5 ช่วง ได้ผลการศึกษาดังนี้

### 2.1 พารามิเตอร์ของแบบจำลอง

พารามิเตอร์ของแบบจำลองที่วิเคราะห์ซึ่งได้แก่ สัมประสิทธิ์ของน้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระ ( $p$ ), สมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอด ( $S$ ), การระบายน้ำจากเรือนยอดเริ่มแรก ( $D_s$ ) และสัมประสิทธิ์การระบายน้ำจากเรือนยอด ( $b$ ) ซึ่งทำการวิเคราะห์เป็นรายตำแหน่ง ได้แก่ Th11, Th12, Th13 และค่าเฉลี่ย (Avg) จาก 3 ตำแหน่ง รายละเอียดการวิเคราะห์พารามิเตอร์ด้วยวิธี GRG แสดงดังภาพผนวกที่ 3-4 และผลการศึกษาที่ได้แสดงดังตารางที่ 5 มีรายละเอียดดังนี้

#### 2.1.1 สัมประสิทธิ์ของน้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระ ( $p$ )

1) พื้นที่สวนลั่นจี่มีสัมประสิทธิ์ของน้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระ ( $p$ ) ในตำแหน่ง Th11 มากกว่า Th12 และ Th13 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากตำแหน่ง Th11 มีเรือนยอดปกคลุมเบาบางประกอบกับมีพื้นที่ปกคลุมของเรือนยอดต่ำกว่าตำแหน่ง Th12 และ Th13 โดยมีค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งเท่ากับ 0.68

2) พื้นที่ป่ารุ่นสองมีสัมประสิทธิ์ของน้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระ ( $p$ ) ในตำแหน่ง Th13 มากกว่า Th12 และ Th11 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากตำแหน่ง Th13 มีเรือนยอดปกคลุมเรือนยอดเบาบางในขณะที่ตำแหน่ง Th12 และ Th11 มีเรือนยอดปกคลุมหนาแน่นประกอบกับพืชที่ปกคลุมมี 2 ชั้นเรือนยอดโดยมีค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งเท่ากับ 0.44

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์ของน้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระ ( $p$ ) ในสวนลั่นจี่มีค่าสูงกว่าพื้นที่ป่ารุ่นสอง ทั้งนี้เนื่องจากสวนลั่นจี่มีช่องว่างระหว่างเรือนยอด (gap) มากกว่าป่ารุ่นสองประกอบกับสวนลั่นจี่มีชั้นเรือนยอดเดียวในขณะที่ป่ารุ่นสองมี 2 ชั้นเรือนยอด ซึ่งค่าเฉลี่ยทั้ง 2 พื้นที่มีค่าสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Rutter *et al.*(1975) ที่ศึกษาเรือนยอดของไม้

ตารางที่ 5 พารามิเตอร์ของแบบจำลองบริเวณสวนลีนีและป่ารุ่นสอง ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ ปีพ.ศ. 2548

| ช่วงเวลา   | ฝนเริ่มตก<br>(ว/ค/ป เวลา) | ฝนหยุดตก<br>(ว/ค/ป เวลา) | สัมประสิทธิ์ของน้ำฝนที่ตก  |      |      |      | สมรรถนะการกักเก็บน้ำของ |      |      |      | การระบายน้ำเริ่มแรกจาก |      |      |      | สัมประสิทธิ์การระบายน้ำ |      |      |      |
|------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|------|------|------|-------------------------|------|------|------|------------------------|------|------|------|-------------------------|------|------|------|
|            |                           |                          | บนดินโดยอิสระ ( <i>p</i> ) |      |      |      | เรือนยอด (S)            |      |      |      | เรือนยอด (Ds)          |      |      |      | จากเรือนยอด (b)         |      |      |      |
|            |                           |                          | Th11                       | Th12 | Th13 | Avg  | Th11                    | Th12 | Th13 | Avg  | Th11                   | Th12 | Th13 | Aavg | Th11                    | Th12 | Th13 | Avg  |
| สวนลินจี   |                           |                          |                            |      |      |      |                         |      |      |      |                        |      |      |      |                         |      |      |      |
| ต้นฤดูฝน   | 06/05/05 14:40            | 08/05/05 21:40           | 0.72                       | 0.71 | 0.62 | 0.68 | 0.76                    | 0.93 | 0.65 | 0.78 | 0.10                   | 0.09 | 0.13 | 0.11 | 1.12                    | 0.96 | 1.20 | 1.09 |
|            | 02/06/05 17:20            | 04/06/05 17:00           | ”                          | ”    | ”    | ”    | 0.69                    | 0.71 | 0.72 | 0.71 | 0.31                   | 0.28 | 0.21 | 0.27 | 1.19                    | 1.20 | 1.06 | 1.15 |
| กลางฤดู    | 12/07/05 22:40            | 13/07/05 12:20           | ”                          | ”    | ”    | ”    | 0.57                    | 0.64 | 0.46 | 0.56 | 0.16                   | 0.20 | 0.20 | 0.19 | 0.83                    | 0.85 | 0.83 | 0.84 |
|            | 12/08/05 13:40            | 14/08/05 20:00           | ”                          | ”    | ”    | ”    | 0.53                    | 0.66 | 0.52 | 0.57 | 0.20                   | 0.24 | 0.31 | 0.29 | 0.75                    | 0.96 | 0.81 | 0.84 |
| ปลายฤดู    | 10/09/05 02:40            | 12/09/05 19:40           | ”                          | ”    | ”    | ”    | 0.59                    | 0.70 | 0.70 | 0.66 | 0.15                   | 0.20 | 0.28 | 0.21 | 1.23                    | 1.47 | 1.56 | 1.42 |
| ป่ารุ่นสอง |                           |                          |                            |      |      |      |                         |      |      |      |                        |      |      |      |                         |      |      |      |
| ต้นฤดู     | 06/05/05 21:20            | 08/05/05 20:40           | 0.38                       | 0.43 | 0.50 | 0.44 | 1.20                    | 1.54 | 1.33 | 1.36 | 0.27                   | 0.30 | 0.27 | 0.28 | 1.15                    | 1.50 | 1.43 | 1.38 |
|            | 19/06/05 19:00            | 22/06/05 01:00           | ”                          | ”    | ”    | ”    | 1.20                    | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 0.28                   | 0.30 | 0.30 | 0.29 | 0.70                    | 0.72 | 0.81 | 0.74 |
| กลางฤดู    | 16/08/05 13:00            | 18/08/05 21:20           | ”                          | ”    | ”    | ”    | 1.07                    | 1.02 | 1.01 | 1.03 | 0.30                   | 0.30 | 0.26 | 0.29 | 1.12                    | 1.14 | 1.42 | 1.23 |
| ปลายฤดู    | 18/09/05 22:40            | 20/09/05 18:20           | ”                          | ”    | ”    | ”    | 1.32                    | 1.25 | 1.13 | 1.23 | 0.39                   | 0.30 | 0.35 | 0.35 | 0.41                    | 0.46 | 0.48 | 0.45 |
|            | 28/09/05 03:40            | 30/09/05 21:20           | ”                          | ”    | ”    | ”    | 1.19                    | 1.20 | 1.12 | 1.17 | 0.24                   | 0.26 | 0.20 | 0.23 | 0.70                    | 0.71 | 0.82 | 0.74 |

Hardwood Stands ในประเทศอังกฤษพบว่ามีความสัมพันธ์ของน้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระอยู่ในช่วง 0.25-0.85

### 2.1.2 สมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอด (S)

1) พื้นที่สวนลินจี่มีสมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอด (S) ในตำแหน่ง Th11, Th12 และ Th13 ใกล้เคียงกันทั้งนี้เนื่องจากการปกคลุมของเรือนยอดในพื้นที่สวนลินจี่มีความใกล้เคียงกันประกอบกับมีชั้นเรือนยอดเดียวเหมือนกันทั้ง 3 ตำแหน่งโดยมีสมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอดเฉลี่ย (Avg) อยู่ในช่วง 0.56-0.78 มิลลิเมตร

2) พื้นที่ป่ารุ่นสองมีสมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอด (S) ในตำแหน่ง Th11 สูงกว่า Th12, Th13 ตามลำดับทั้งนี้เนื่องจากตำแหน่ง Th11 มีการปกคลุมของเรือนยอดหนาแน่นและมีหลายชั้นเรือนยอดในขณะที่ตำแหน่ง Th12 มีการปกคลุมเบาบางแต่มีหลายชั้นเรือนยอดและ Th13 มีเพียงชั้นเรือนยอดเดียวโดยมีสมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอดเฉลี่ย (Avg) อยู่ในช่วง 1.03-1.36 มิลลิเมตร

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าสมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอดเฉลี่ย (S) ในสวนลินจี่มีค่าต่ำกว่าพื้นที่ป่ารุ่นสองทั้งนี้เนื่องจากสวนลินจี่มีการปกคลุมของเรือนยอดต่ำกว่าป่ารุ่นสองและมีเพียงชั้นเรือนยอดเดียว อีกทั้งลินจี่มีผิวใบมันไม่อุ้มน้ำในขณะที่ป่ารุ่นสองมีหลายชั้นเรือนยอดประกอบกับใบมีลักษณะกว้างและมีขนปกคลุมทำให้อุ้มน้ำได้มาก ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Rutter *et al.* (1975) ที่ศึกษาเรือนยอดของไม้ Hardwood Stands ในประเทศอังกฤษโดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.20-1.50 มิลลิเมตร ซึ่งค่าที่ได้อยู่ในช่วงที่กว้างมากเนื่องจากการศึกษาได้ศึกษาด้านฤดูใบไม้ผลิและกลางฤดูใบไม้ผลิ

### 2.1.3 การระบายน้ำจากเรือนยอดเริ่มแรก (Ds)

1) พื้นที่สวนลินจี่ มีการระบายน้ำเริ่มแรกจากเรือนยอด (Ds) ในตำแหน่ง Th13 สูงกว่า Th12 และ Th11 ตามลำดับโดยมีการระบายน้ำเริ่มแรกจากเรือนยอดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.11-0.29

2) พื้นที่ป่ารุ่นสอง มีการระบายน้ำเริ่มแรกจากเรือนยอด (Ds) ในตำแหน่ง Th11, Th12 และ Th13 ใกล้เคียงกันโดยมีการระบายน้ำเริ่มแรกจากเรือนยอดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.23-0.35

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่าการระบายน้ำเริ่มแรกจากเรือนยอดเฉลี่ย (Ds) ในสวนลั่นจี่มีค่าต่ำกว่า พื้นที่ป่ารุ่นสอง ทั้งนี้เนื่องจากสวนลั่นจี่มีสัมประสิทธิ์ของน้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระสูงกว่าป่ารุ่นสองทำให้น้ำฝนที่เข้าสู่เรือนยอดมีปริมาณต่ำกว่าป่ารุ่นสองส่งผลให้การระบายน้ำเริ่มแรกจากเรือนยอดต่ำกว่าป่ารุ่นสองด้วยเช่นกัน ผลการศึกษาแตกต่างจาก Rutter *et al.*(1971) ที่ศึกษาในพื้นที่ป่าสนพบว่ามีการระบายน้ำเริ่มแรกจากเรือนยอดเท่ากับ 0.002 ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างและสรีระวิทยาของพืชต่างกัน

#### 2.1.4 สัมประสิทธิ์การระบายน้ำจากเรือนยอด (b)

1) พื้นที่สวนลั่นจี่ มีสัมประสิทธิ์การระบายน้ำจากเรือนยอด (b) ในตำแหน่ง Th11, Th12 และ Th13 ใกล้เคียงกันทั้งนี้เนื่องจากทุกตำแหน่งมีพืชปกคลุมชนิดเดียวกัน ประกอบกับมีโครงสร้างที่เหมือนกันคือมีชั้นเรือนยอดเดียวทำให้การระบายน้ำเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยมีสัมประสิทธิ์การระบายน้ำจากเรือนยอดเฉลี่ย อยู่ในช่วง 0.84-1.42

2) พื้นที่ป่ารุ่นสอง มีสัมประสิทธิ์การระบายน้ำจากเรือนยอด (b) ในตำแหน่ง Th13 สูงกว่า Th12 และ Th11 ทั้งนี้เนื่องจากตำแหน่ง Th13 มีการปกคลุมของเรือนยอดเบาบางและมีชั้นเรือนยอดเดียวประกอบกับพืชที่ปกคลุมส่วนใหญ่เป็นไม้ชั้นเรือนยอดรองและมีไม้ไผ่ขึ้นปะปนทำให้การระบายน้ำเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ขณะที่ตำแหน่ง Th12 และ Th11 มีการปกคลุมของเรือนยอดหนาแน่นและมี 2 ชั้นเรือนยอดทำให้การระบายน้ำเกิดช้าลง โดยมีสัมประสิทธิ์การระบายน้ำจากเรือนยอดเฉลี่ย อยู่ในช่วง 0.74-1.38

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าสัมประสิทธิ์การระบายน้ำจากเรือนยอดเฉลี่ย (b) ในสวนลั่นจี่มีค่าสูงกว่าพื้นที่ป่ารุ่นสองเนื่องจากสวนลั่นจี่มีการปกคลุมเรือนยอดเบาบางและมีชั้นเรือนยอดเดียวประกอบกับลั่นจี่มีใบที่เกลี้ยงมันทำให้การระบายน้ำจากเรือนยอดเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในขณะที่ป่ารุ่นสองมีการปกคลุมของเรือนยอดหนาแน่นและมี 2 ชั้นเรือนยอดทำให้การระบายน้ำจากเรือนยอดเกิดขึ้นช้าลง ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Rutter *et al.*(1971) ที่พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การ

ระบายน้ำจากเรือนยอดเท่ากับ 3.70 ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างของปัจจัยเรื่องพืชโดยเฉพาะความหนาแน่นของพืชและลักษณะการปกคลุมของเรือนยอด

## 2.2 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอด

กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ซึ่งได้แก่น้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระ ( $pR$ ), การระเหยน้ำจากเรือนยอด ( $Ei$ ), น้ำฝนบนเรือนยอด ( $C_i$ ) และการระบายน้ำจากเรือนยอด ( $D_i$ ) ในการศึกษาี้แสดงเป็นแต่ละช่วงเวลาและแยกเป็นตำแหน่งได้แก่ Th11, Th12 และ Th13 และค่าเฉลี่ย ( $Av_g$ ) โดยผลการศึกษาในพื้นที่สวนลิ้นจี่ (ภาพผนวกที่ 5-24) และป่ารุ่มสอง (ภาพผนวกที่ 25-44) มีรายละเอียดดังนี้

### 2.2.1 น้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระ ( $pR$ )

น้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระ ( $pR$ ) ผันแปรกับปริมาณน้ำฝนเหนือเรือนยอด กล่าวคือปริมาณน้ำฝนเหนือเรือนยอดมีปริมาณสูงน้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระก็มีปริมาณสูงตาม แต่ถ้าปริมาณน้ำฝนเหนือเรือนยอดมีปริมาณต่ำ น้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระก็มีปริมาณต่ำเช่นกัน ผลการศึกษาพบว่าสวนลิ้นจี่มีปริมาณน้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระสูงกว่าพื้นที่ป่ารุ่มสอง

### 2.2.2 การระเหยน้ำจากเรือนยอด ( $Ei$ )

ปริมาณการระเหยน้ำจากเรือนยอด ( $Ei$ ) ขึ้นอยู่กับปริมาณการระเหยน้ำสูงสุด สมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอดและน้ำฝนที่ค้างบนเรือนยอดการศึกษาพบว่าในพื้นที่สวนลิ้นจี่ มีปริมาณการระเหยน้ำจากเรือนยอดต่ำกว่าป่ารุ่มสอง ทั้ง ๆ ที่การระเหยน้ำสูงสุดมีปริมาณสูงกว่า ทั้งนี้เนื่องจากน้ำฝนที่เข้าสู่เรือนยอดของพื้นที่สวนลิ้นจี่มีปริมาณน้อยกว่าพื้นที่ป่ารุ่มสอง

### 2.2.3 น้ำฝนบนเรือนยอด ( $C_i$ )

ปริมาณน้ำฝนบนเรือนยอด ( $C_i$ ) ขึ้นอยู่กับน้ำฝนที่เข้าสู่เรือนยอดและน้ำฝนบนเรือนยอดก่อนหน้านี้ทั้งนี้พบว่าแนวโน้มของปริมาณน้ำฝนบนเรือนยอดเป็นไปในทิศทางเดียวกับน้ำฝนเหนือเรือนยอด กล่าวคือ น้ำฝนเหนือเรือนยอดมีปริมาณสูงน้ำฝนบนเรือนยอดก็สูงตาม

แต่น้ำฝนเหนือเรือนยอดมีปริมาณดำนน้ำฝนบนเรือนยอดก็ต่ำเช่นกัน ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่สวน  
ลินจี่มีปริมาณน้ำฝนบนเรือนยอดต่ำกว่าพื้นที่ป่ารุ่นสอง

#### 2.2.4 การระบายน้ำจากเรือนยอด ( $D_r$ )

การระบายน้ำจากเรือนยอด ( $D_r$ ) เกิดขึ้นเมื่อน้ำฝนที่ค้างบนเรือนยอดมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับสมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอดและการระบายน้ำจากเรือนยอดอยู่ในรูปของ  
กราฟความสัมพันธ์แบบ เอ็กซ์โพเนนเชียล ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่สวนลินจี่มีปริมาณการระบาย  
น้ำจากเรือนยอดสูงสุด สูงกว่าพื้นที่ป่ารุ่นสองทั้งนี้ปริมาณการระบายน้ำจะแปรผันตามปริมาณน้ำ  
ฝนเหนือเรือนยอด คือปริมาณน้ำฝนเหนือเรือนยอดสูงปริมาณการระบายน้ำจากเรือนยอดก็สูงตาม

#### 2.2.5 น้ำฝนผ่านเรือนยอด ( $T_h$ )

ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอด ( $T_h$ ) ขึ้นอยู่กับน้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระและ  
น้ำที่ระบายจากเรือนยอดทั้งนี้พบว่าเมื่อปริมาณน้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระมีค่าสูงปริมาณน้ำฝน  
ผ่านเรือนยอดก็สูงตาม แต่ถ้าปริมาณน้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระมีค่าต่ำปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอด  
ก็ต่ำตามเช่นกัน ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่สวนลินจี่มีเปอร์เซ็นต์น้ำฝนผ่านเรือนยอดสูงกว่าพื้นที่ป่า  
รุ่นสองทั้งนี้ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอด ผันแปรตามน้ำฝนเหนือเรือนยอด กล่าวคือปริมาณน้ำฝน  
เหนือเรือนยอดมีปริมาณสูง ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดก็สูงตาม

#### 2.2.6 ปริมาณน้ำพืชยึด ( $I$ )

ปริมาณน้ำพืชยึดประเมินจากผลรวมของน้ำฝนที่ระเหยจากเรือนยอดกับ  
น้ำฝนที่ค้างบนเรือนยอดสุดท้าย ได้ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 6 จากผลการศึกษาพบว่าสวน  
ลินจี่มีปริมาณน้ำพืชยึดเฉลี่ยเท่ากับ 1.93 มม. คิดเป็นร้อยละ 4.28 ของน้ำฝนเหนือเรือนยอด เมื่อ  
เปรียบเทียบกับผลการศึกษาในพื้นที่สวนผลไม้อื่นๆ ที่ นิพนธ์และคณะ(2545) รวบรวมไว้ พบว่ามี  
ค่าต่ำกว่าไม้ผลทุกชนิดทั้งนี้เนื่องจากทรงรับน้ำฝนผ่านเรือนยอดมีความยาวเกินเรือนยอดของต้น  
ลินจี่ ปริมาณน้ำฝนที่ได้รับบางส่วนจึงเป็นน้ำฝนเหนือเรือนยอด ทำให้ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอด  
ที่วัดได้มีปริมาณมากส่งผลให้ปริมาณน้ำพืชยึดมีค่าน้อย และพื้นที่ป่ารุ่นสองมีปริมาณน้ำพืชยึด  
เฉลี่ยเท่ากับ 2.73 มม. คิดเป็นร้อยละ 7.71 ของน้ำฝนเหนือเรือนยอด เมื่อเปรียบเทียบกับผล

การศึกษาที่ นิพนธ์และคณะ (2545) และ Carlyle-Moses (2004) รวบรวมไว้ พบว่ามีค่าต่ำกว่าปาริชาตชนิดอื่น ๆ จากการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำพืชที่ได้ทั้ง 2 พื้นที่มีปริมาณต่ำกว่าการศึกษาที่ผ่านมาทั้งนี้เนื่องจากการศึกษานี้เป็นการศึกษาที่คิดรวมทั่วทั้งพื้นที่

### 3. การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การศึกษานี้ทำการตรวจสอบความถูกต้องโดยเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดด้วยค่าประสิทธิภาพในการจำลองแบบ (EFF) โดยแบ่งเป็น 2 กรณี ดังนี้

#### 3.1 ความถูกต้องจากการใช้พารามิเตอร์แต่ละช่วงเวลา

ความถูกต้องของแบบจำลองจากการใช้พารามิเตอร์แต่ละช่วงเวลาได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7 มีรายละเอียดดังนี้

##### 3.1.1 พื้นที่สวนลิ้นจี่

ต้นฤดูฝนช่วงวันที่ 6-8 มิ.ย.2548 มีปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ประมาณจากแบบจำลองตำแหน่ง Th11, Th12, Th13 เท่ากับ 34.21, 33.93, 34.36 มม.ตามลำดับโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.26 มม.และมีประสิทธิภาพในการจำลองแบบตำแหน่ง Th11, Th12, Th13 อยู่ในช่วง 0.8413-0.8877 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.8645 (ภาพที่ 21-22) ต้นฤดูฝนช่วงวันที่ 2-4 มิ.ย. 2548 มีปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ประมาณจากแบบจำลองตำแหน่ง Th11, Th12, Th13 เท่ากับ 68.15, 68.70, 73.25 มม.ตามลำดับโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 70.52 มม.และมีประสิทธิภาพในการจำลองแบบตำแหน่ง Th11, Th12 และ Th13 อยู่ในช่วง 0.9203-0.9464 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.9002 (ภาพที่ 23-24)

กลางฤดูฝนช่วงวันที่ 12-13 ก.ค. 2548 มีปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ประมาณจากแบบจำลองตำแหน่ง Th11, Th12, Th13 เท่ากับ 23.37, 23.01, 24.16 มม.ตามลำดับโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.74 มม. และมีประสิทธิภาพในการจำลองแบบตำแหน่ง Th11, Th12, และ Th13 อยู่ในช่วง 0.9720-0.9845 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.9653 (ภาพที่ 25-26) กลางฤดูฝนช่วงวันที่ 12-14 ส.ค. 2548 มีปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ประมาณจากแบบจำลองตำแหน่ง Th11, Th12, Th13 เท่ากับ

ตารางที่ 6 น้ำพืชยี่ห้อที่ได้จากการตรวจวัด ( $I_{obs}$ ), น้ำพืชยี่ห้อที่ประมาณจากแบบจำลอง ( $I_{est}$ ) บริเวณสวนลั่นจี่และป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่  
ปีพ.ศ. 2548

| ช่วงเวลา          |                |                | น้ำพืชยี่ห้อที่ได้จากการตรวจวัด |      |      |      |               |       |       |       | น้ำพืชยี่ห้อที่ประมาณจากแบบจำลอง |      |      |      |               |       |       |       |
|-------------------|----------------|----------------|---------------------------------|------|------|------|---------------|-------|-------|-------|----------------------------------|------|------|------|---------------|-------|-------|-------|
|                   | ฝนเริ่มตก      | ฝนหยุดตก       |                                 |      |      |      |               |       |       |       |                                  |      |      |      |               |       |       |       |
|                   | (ว/ด/ป เวลา)   | (ว/ด/ป เวลา)   | (มิลลิเมตร)                     |      |      |      | (เปอร์เซ็นต์) |       |       |       | (มิลลิเมตร)                      |      |      |      | (เปอร์เซ็นต์) |       |       |       |
|                   |                |                | Th11                            | Th12 | Th13 | Avg  | Th11          | Th12  | Th13  | Avg   | Th11                             | Th12 | Th13 | Avg  | Th11          | Th12  | Th13  | Avg   |
| <u>สวนลั่นจี่</u> |                |                |                                 |      |      |      |               |       |       |       |                                  |      |      |      |               |       |       |       |
| ต้นฤดูฝน          | 06/05/05 14:40 | 08/05/05 21:40 | 0.71                            | 2.53 | -    | 1.62 | 1.91          | 6.81  | -     | 4.36  | 2.94                             | 3.22 | 2.79 | 2.89 | 7.91          | 8.67  | 7.51  | 7.78  |
|                   | 02/06/05 17:20 | 04/06/05 17:00 | 0.32                            | 1.80 | -    | 1.06 | 0.49          | 2.77  | -     | 1.63  | 1.11                             | 1.19 | 1.68 | 1.32 | 1.71          | 1.83  | 2.59  | 2.03  |
| กลางฤดู           | 12/07/05 22:40 | 13/07/05 12:20 | 1.94                            | 1.57 | -    | 1.76 | 7.79          | 6.30  | -     | 7.07  | 1.54                             | 1.91 | 0.76 | 1.17 | 6.18          | 7.67  | 3.05  | 4.70  |
|                   | 12/08/05 13:40 | 14/08/05 20:00 | 4.49                            | 0.61 | -    | 2.55 | 5.47          | 0.74  | -     | 3.11  | 1.66                             | 1.92 | 1.36 | 1.59 | 2.02          | 2.34  | 1.66  | 1.94  |
| ปลายฤดู           | 10/09/05 02:40 | 12/09/05 19:40 | 0.93                            | 1.42 | -    | 1.18 | 1.71          | 2.61  | -     | 2.17  | 2.70                             | 2.74 | 2.93 | 2.70 | 4.97          | 5.04  | 5.39  | 4.97  |
| <u>ป่ารุ่นสอง</u> |                |                |                                 |      |      |      |               |       |       |       |                                  |      |      |      |               |       |       |       |
| ต้นฤดู            | 06/05/05 21:20 | 08/05/05 20:40 | 9.39                            | 6.09 | 7.35 | 7.61 | 23.91         | 15.50 | 18.71 | 19.37 | 2.91                             | 3.14 | 2.92 | 3.01 | 7.41          | 7.99  | 7.43  | 7.66  |
|                   | 19/06/05 19:00 | 22/06/05 01:00 | 2.39                            | 2.73 | 0.37 | 1.83 | 10.50         | 11.99 | 1.63  | 8.04  | 2.34                             | 2.37 | 2.62 | 2.40 | 10.28         | 10.41 | 11.51 | 10.54 |
| กลางฤดู           | 16/08/05 13:00 | 18/08/05 21:20 | 2.46                            | 2.67 | 2.00 | 2.37 | 7.89          | 8.57  | 6.42  | 7.60  | 2.60                             | 2.42 | 2.33 | 2.43 | 8.34          | 7.76  | 7.48  | 7.80  |
| ปลายฤดู           | 18/09/05 22:40 | 20/09/05 18:20 | 5.82                            | 5.37 | 5.15 | 5.45 | 6.44          | 5.94  | 5.70  | 6.03  | 2.80                             | 2.86 | 2.40 | 2.73 | 3.10          | 3.16  | 2.65  | 3.02  |
|                   | 28/09/05 03:40 | 30/09/05 21:20 | 3.18                            | 2.76 | 3.50 | 3.14 | 9.81          | 8.51  | 10.80 | 9.69  | 3.18                             | 3.16 | 3.20 | 3.09 | 9.81          | 9.75  | 9.87  | 9.53  |

80.38, 80.12, 80.83 มม.ตามลำดับโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 80.45 มม.และมีประสิทธิภาพในการจำลองแบบตำแหน่ง Th11, Th12, และ Th13 อยู่ในช่วง 0.9806-0.9848 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.9607 (ภาพที่ 27-28)

ปลายฤดูฝนมีปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ประมาณจากแบบจำลองตำแหน่ง Th11, Th12, Th13 เท่ากับ 51.67, 51.63, 51.89 มม.ตามลำดับโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 51.67 มม.และมีประสิทธิภาพในการจำลองแบบในตำแหน่ง Th11, Th12, และ Th13 อยู่ในช่วง 0.9603-0.9709 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.9527 (ภาพที่ 29-30)

### 3.1.2 พื้นที่ป่ารุ่นสอง

ต้นฤดูฝนช่วงวันที่ 6-8 พ.ค. 2548 มีปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ประมาณจากแบบจำลองตำแหน่ง Th11, Th12, Th13 เท่ากับ 36.36, 36.14, 36.36 มม.ตามลำดับโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.27 มม.และมีประสิทธิภาพในการจำลองแบบตำแหน่ง Th11, Th12, และ Th13 อยู่ในช่วง 0.8029-0.8431 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.7490 (ภาพที่ 31-32) และต้นฤดูฝนช่วงวันที่ 19-22 มิ.ย. 2548 มีปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ประมาณจากแบบจำลองตำแหน่ง Th11, Th12, Th13 เท่ากับ 20.41, 20.39, 20.14 มม.ตามลำดับโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.36 มม.และมีประสิทธิภาพในการจำลองแบบตำแหน่ง Th11, Th12, และ Th13 อยู่ในช่วง 0.9662-0.9732 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.9325 (ภาพที่ 33-34)

กลางฤดูฝนมีปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ประมาณจากแบบจำลองตำแหน่ง Th11, Th12, Th13 เท่ากับ 28.57, 28.76, 28.85 มม.ตามลำดับโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.75 มม.และมีประสิทธิภาพในการจำลองแบบตำแหน่ง Th11, Th12, และ Th13 อยู่ในช่วง 0.8651-0.8894 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.8413 (ภาพที่ 35-36)

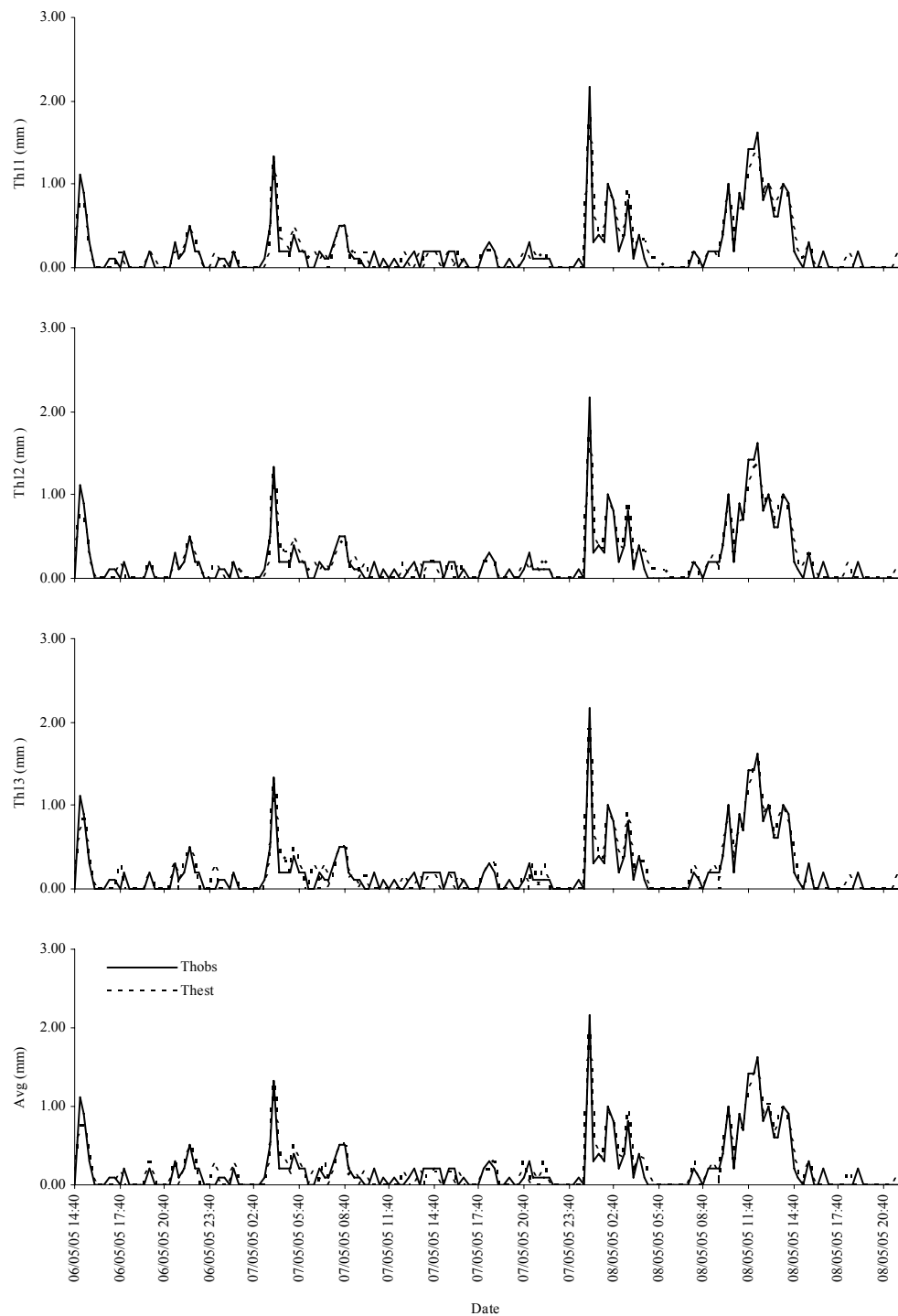
ปลายฤดูฝนช่วงวันที่ 18-20 ก.ย. 2548 มีปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ประมาณจากแบบจำลองตำแหน่ง Th11, Th12, Th13 เท่ากับ 87.60, 87.95, 88.00 มม.ตามลำดับโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 87.68 มม.และมีประสิทธิภาพในการจำลองแบบตำแหน่ง Th11, Th12, และ Th13 อยู่ในช่วง 0.9494-0.9600 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.9350 (ภาพที่ 37-38) ปลายฤดูฝนช่วงวันที่ 28-30 ก.ย. 2548 มีปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ประมาณจากแบบจำลองตำแหน่ง Th11, Th12, Th13 เท่ากับ 29.24,

29.27, 29.22 มม.ตามลำดับโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.33 มม.และมีประสิทธิภาพในการจำลองแบบตำแหน่ง Th11, Th12, และTh13 อยู่ในช่วง 0.9452-0.9523 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.9305 (ภาพที่ 39-40)

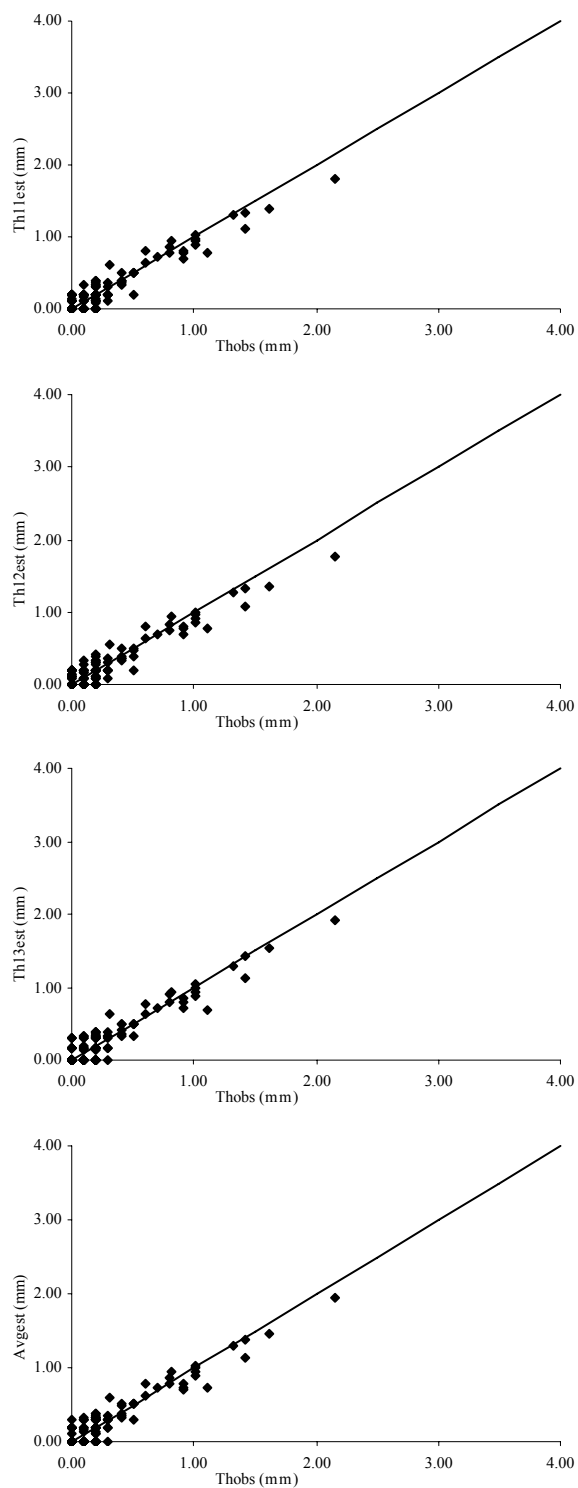
จากผลการศึกษาการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยการเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการตรวจวัดกับปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ประมาณจากแบบจำลอง ด้วยค่าประสิทธิภาพในการจำลองแบบ (EFF) พบว่าค่าประสิทธิภาพในการจำลองแบบเฉลี่ยในพื้นที่สวนลั่นจี่ มีค่าสูงกว่า ป่ารุ่นสอง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพื้นที่สวนลั่นจี่สามารถประมาณปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดได้ใกล้เคียงกับน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการตรวจวัดมากกว่าป่ารุ่นสองทั้งนี้เนื่องจากสวนลั่นจี่ไม่มีความหลากหลายด้านโครงสร้างของพืชกล่าวคือ พืชที่ปกคลุมมีชนิดเดียวและมีเพียงชั้นเรือนยอดเดียวในขณะที่ป่ารุ่นสองมีความหลากหลายด้านโครงสร้างของพืช กล่าวคือมีพืชหลายชนิดพันธุ์และมี 2 ชั้นเรือนยอด ส่งผลให้สวนลั่นจี่เกิดความผิดพลาดจากการประมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดน้อยกว่าป่ารุ่นสองทำให้มีความถูกต้องสูงกว่าป่ารุ่นสอง

ตารางที่ 7 ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดและประสิทธิภาพการจำลองแบบที่ได้จากพารามิเตอร์แต่ละช่วงเวลา บริเวณสวนลั่นจีและป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ ปีพ.ศ. 2548

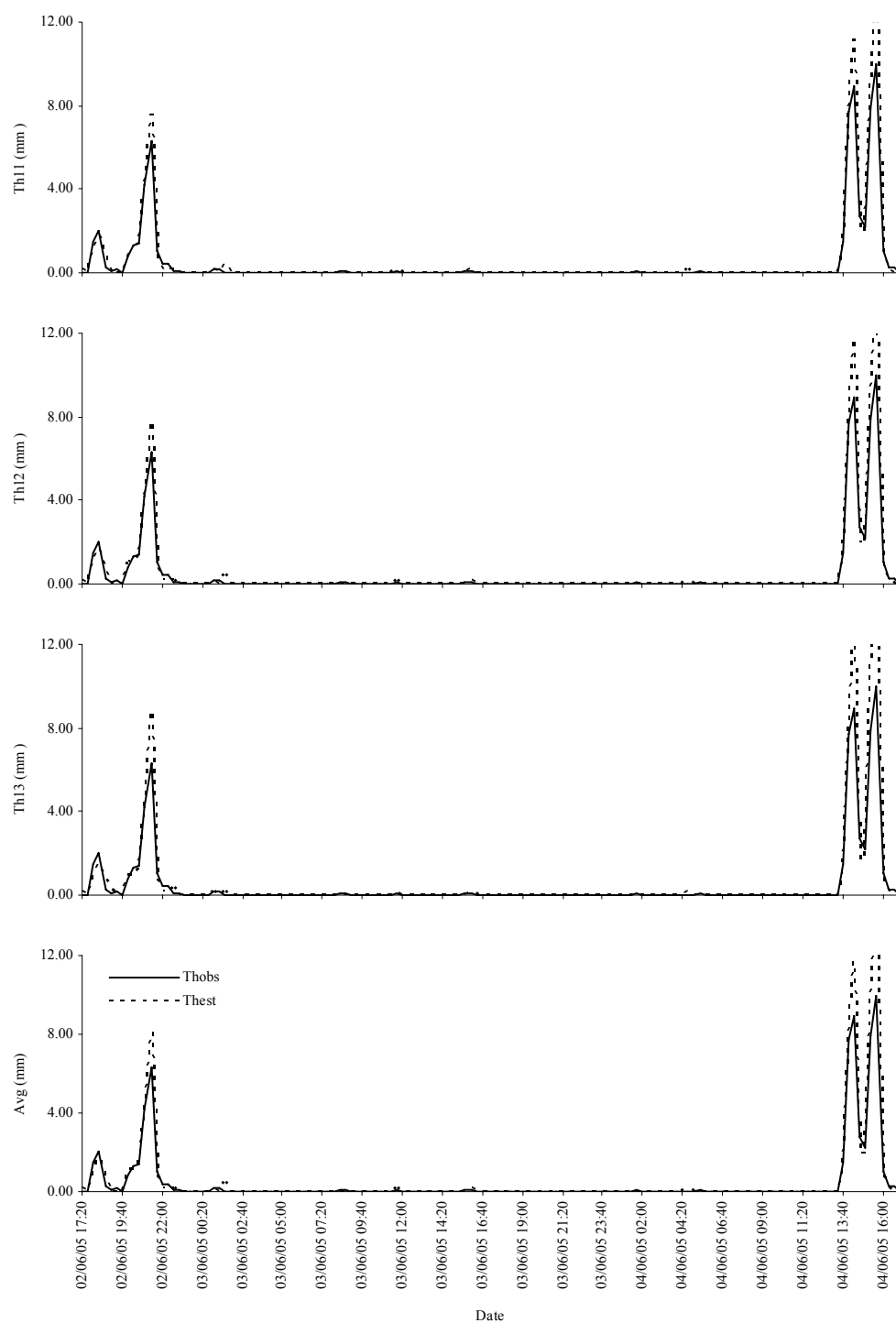
| ช่วงเวลา   | ฝนเริ่มตก<br>(ว/ค/ป เวลา) | ฝนหยุดตก<br>(ว/ค/ป เวลา) | น้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการ |       |        |       | น้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ประมาณจาก |       |       |       | ความถูกต้องของแบบจำลอง |        |        |        |
|------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------|--------|-------|-------------------------------|-------|-------|-------|------------------------|--------|--------|--------|
|            |                           |                          | ตรวจวัด (Th <sub>obs</sub> )  |       |        |       | แบบจำลอง (Th <sub>est</sub> ) |       |       |       | (EFF)                  |        |        |        |
|            |                           |                          | (มม)                          |       |        |       | (มม)                          |       |       |       |                        |        |        |        |
|            |                           |                          | Th11                          | Th12  | Th13   | Avg   | Th11                          | Th12  | Th13  | Avg   | Th11                   | Th12   | Th13   | Avg    |
| สวนลั่นจี  |                           |                          |                               |       |        |       |                               |       |       |       |                        |        |        |        |
| ต้นฤดูฝน   | 06/05/05 14:40            | 08/05/05 21:40           | 36.44                         | 34.62 | 40.13  | 35.53 | 34.21                         | 33.93 | 34.36 | 34.26 | 0.8718                 | 0.8877 | 0.8413 | 0.8645 |
|            | 02/06/05 17:20            | 04/06/05 17:00           | 64.64                         | 63.16 | 73.44  | 63.90 | 68.15                         | 68.70 | 73.25 | 70.52 | 0.9464                 | 0.9203 | 0.9275 | 0.9002 |
| กลางฤดู    | 12/07/05 22:40            | 13/07/05 12:20           | 22.97                         | 23.34 | 27.17  | 23.16 | 23.37                         | 23.01 | 24.16 | 23.74 | 0.9826                 | 0.9845 | 0.9720 | 0.9753 |
|            | 12/08/05 13:40            | 14/08/05 20:00           | 77.56                         | 81.44 | 101.31 | 79.50 | 80.38                         | 80.12 | 80.83 | 80.45 | 0.9807                 | 0.9846 | 0.9406 | 0.9607 |
| ปลายฤดู    | 10/09/05 02:40            | 12/09/05 19:40           | 53.44                         | 52.95 | 63.53  | 53.20 | 51.67                         | 51.63 | 51.89 | 51.67 | 0.9709                 | 0.9603 | 0.9462 | 0.9527 |
| ป่ารุ่นสอง |                           |                          |                               |       |        |       |                               |       |       |       |                        |        |        |        |
| ต้นฤดู     | 06/05/05 21:20            | 08/05/05 20:40           | 29.89                         | 33.19 | 31.93  | 31.67 | 36.36                         | 36.14 | 36.36 | 36.27 | 0.8174                 | 0.8431 | 0.8029 | 0.7490 |
|            | 19/06/05 19:00            | 22/06/05 01:00           | 20.37                         | 20.03 | 22.39  | 20.93 | 20.41                         | 20.39 | 20.14 | 20.36 | 0.9703                 | 0.9732 | 0.9662 | 0.9325 |
| กลางฤดู    | 16/08/05 13:00            | 18/08/05 21:20           | 28.71                         | 28.50 | 29.17  | 28.80 | 28.57                         | 28.76 | 28.85 | 28.75 | 0.8651                 | 0.8672 | 0.8894 | 0.8413 |
| ปลายฤดู    | 18/09/05 22:40            | 20/09/05 18:20           | 84.58                         | 85.03 | 85.25  | 84.95 | 87.60                         | 87.95 | 88.00 | 87.68 | 0.9494                 | 0.9508 | 0.9600 | 0.9350 |
|            | 28/09/05 03:40            | 30/09/05 21:20           | 29.24                         | 29.66 | 28.92  | 29.28 | 29.24                         | 29.27 | 29.22 | 29.33 | 0.9452                 | 0.9483 | 0.9523 | 0.9305 |



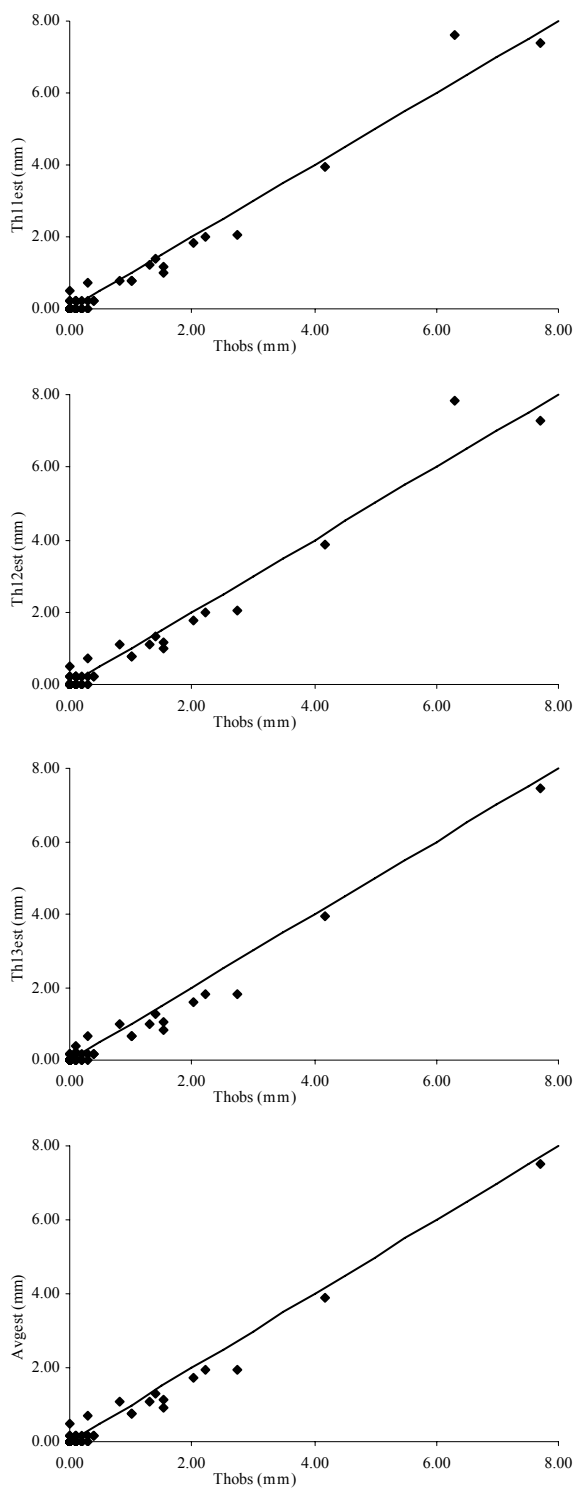
ภาพที่ 21 ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการตรวจวัด ( $Th_{obs}$ ) และปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ประมาณจากแบบจำลอง ( $Th_{est}$ ) ระหว่างวันที่ 6-8 พ.ค. 2548 บริเวณสวนลิ้นจี่ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



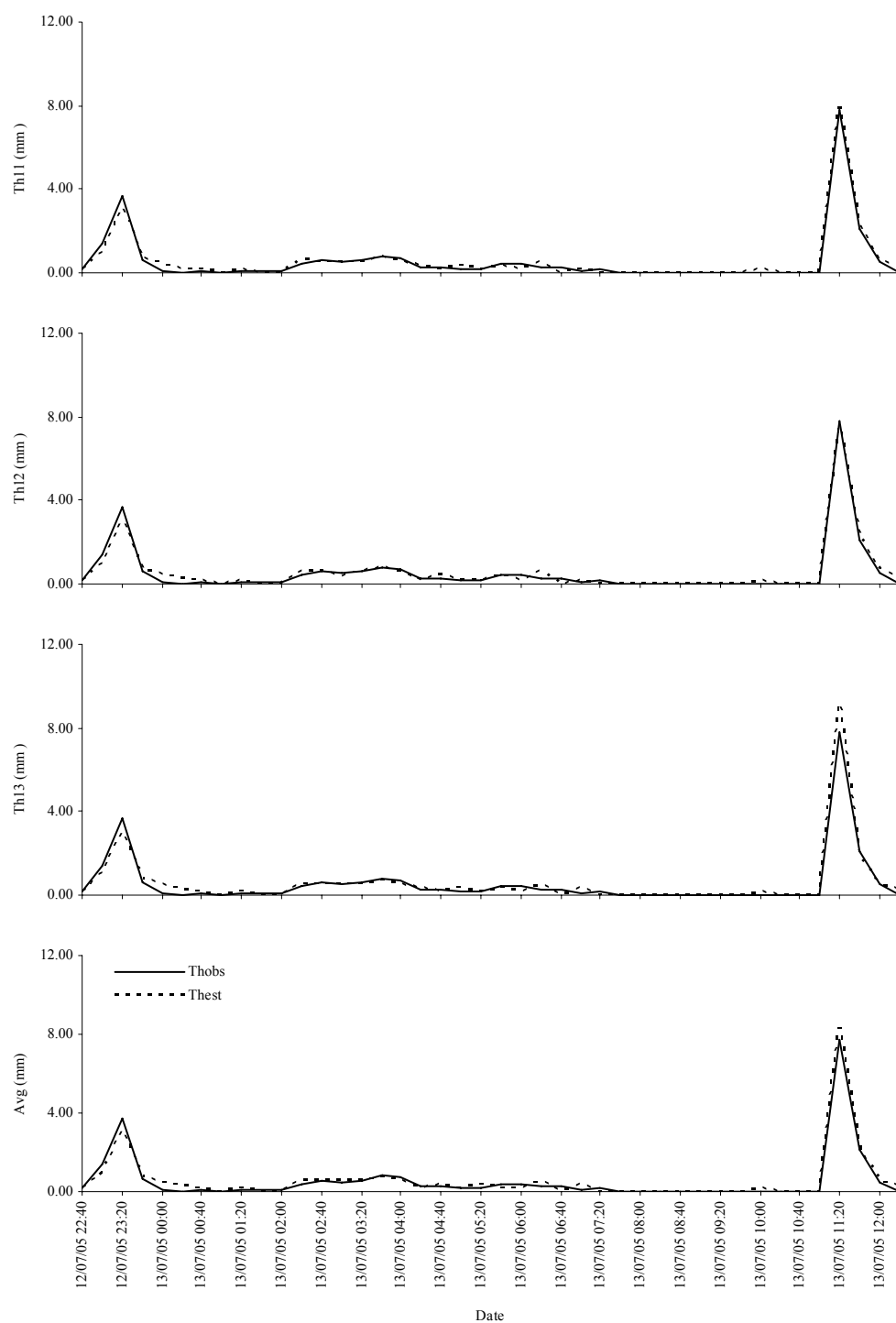
ภาพที่ 22 ประสิทธิภาพของการจำลองแบบ ระหว่างวันที่ 6-8 พ.ค. 2548 บริเวณสวนลื่นจี๋  
ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



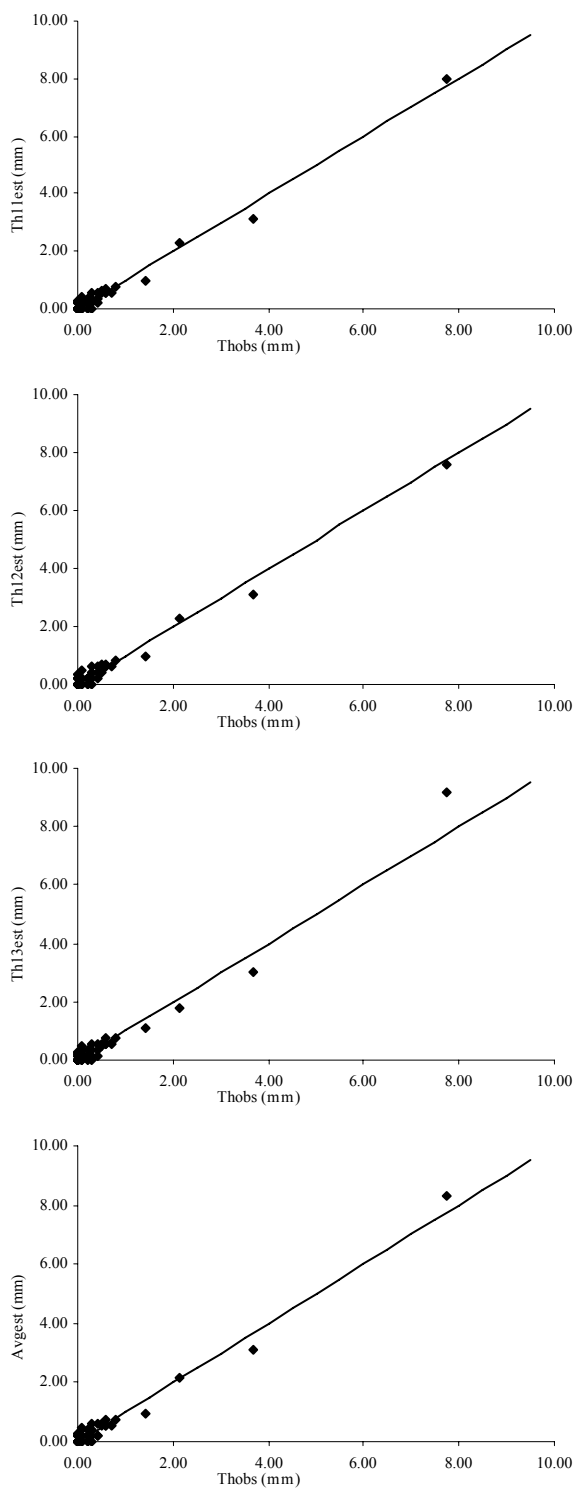
ภาพที่ 23 ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการตรวจวัด ( $Th_{obs}$ ) และปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ประมาณจากแบบจำลอง ( $Th_{est}$ ) ระหว่างวันที่ 2-4 มิ.ย. พ.ศ. 2548 บริเวณสวนถิ่นจี้ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



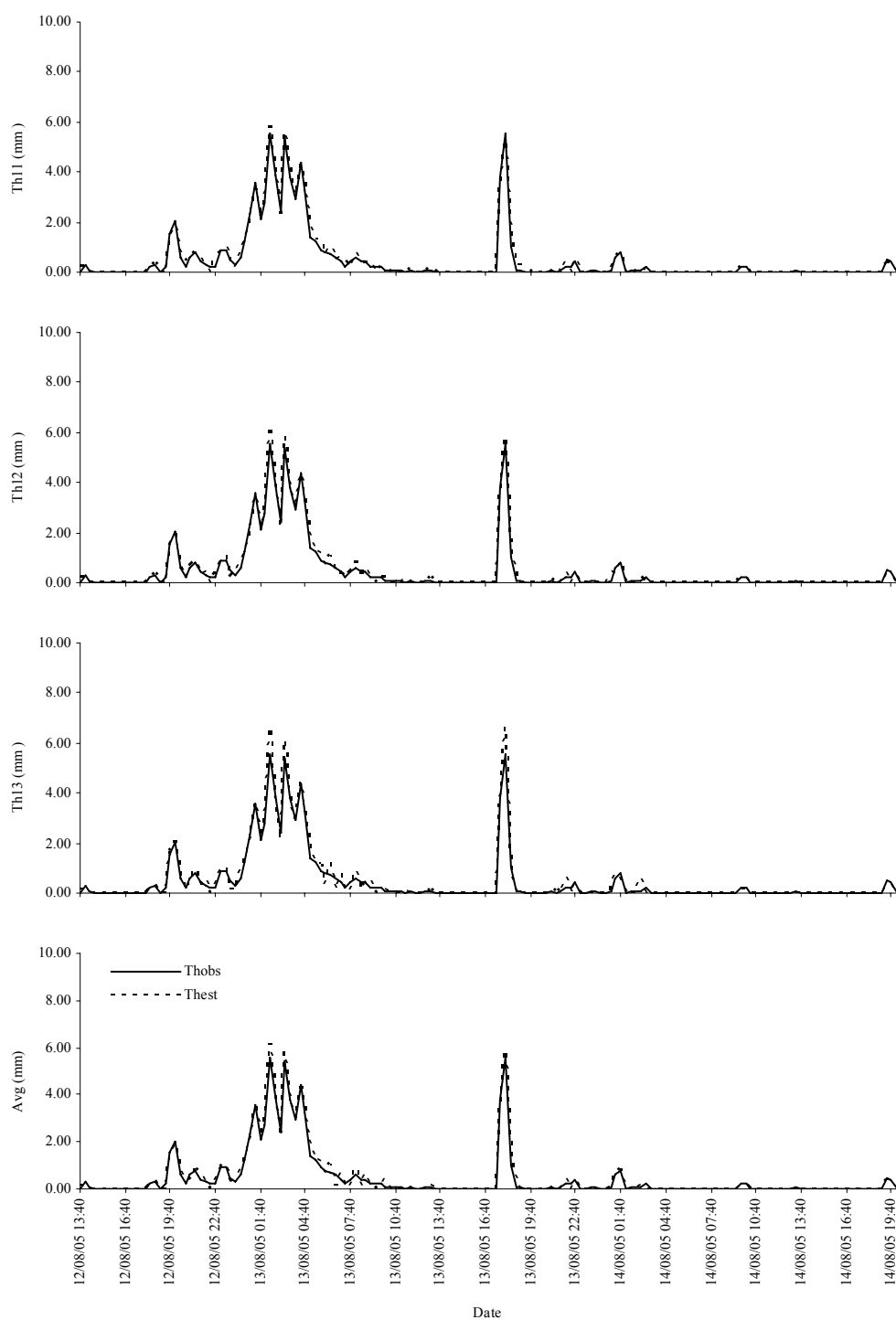
ภาพที่ 24 ประสิทธิภาพของการจำลองแบบ ระหว่างวันที่ 2-4 มิ.ย. 2548 บริเวณสวนลื่นจี๋  
ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



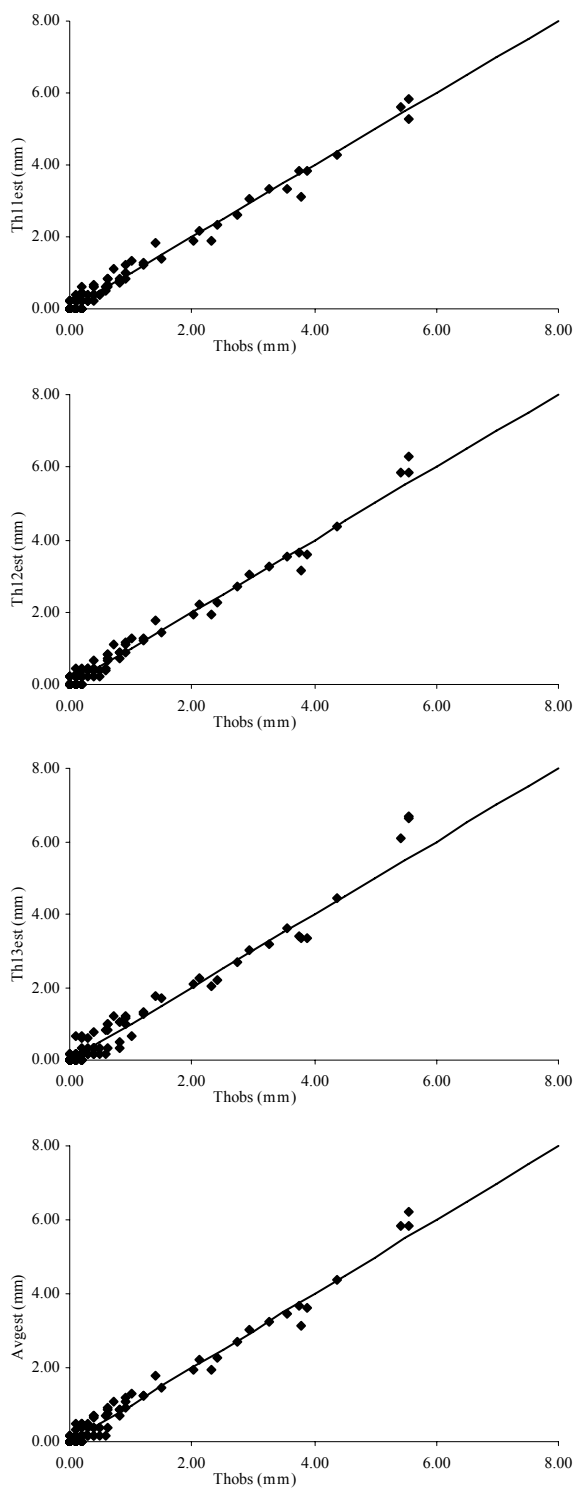
ภาพที่ 25 ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการตรวจวัด ( $Th_{obs}$ ) และปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ประมาณจากแบบจำลอง ( $Th_{est}$ ) ระหว่างวันที่ 12-13 ก.ค. 2548 บริเวณสวนถิ่นจี้ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



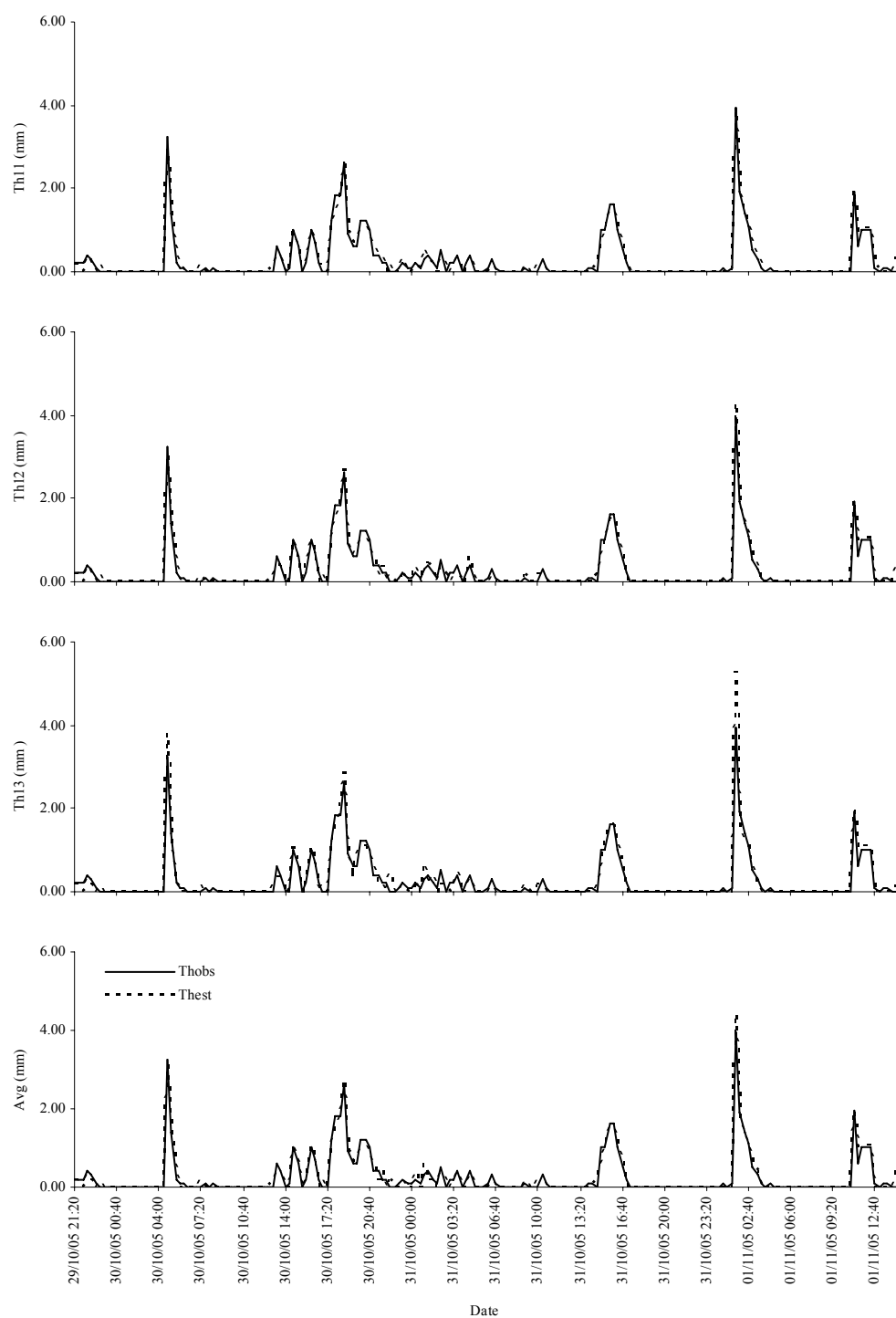
ภาพที่ 26 ประสิทธิภาพของการจำลองแบบ ระหว่างวันที่ 12-13 ก.ค. 2548 บริเวณสวนลื่นจี๋  
 กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



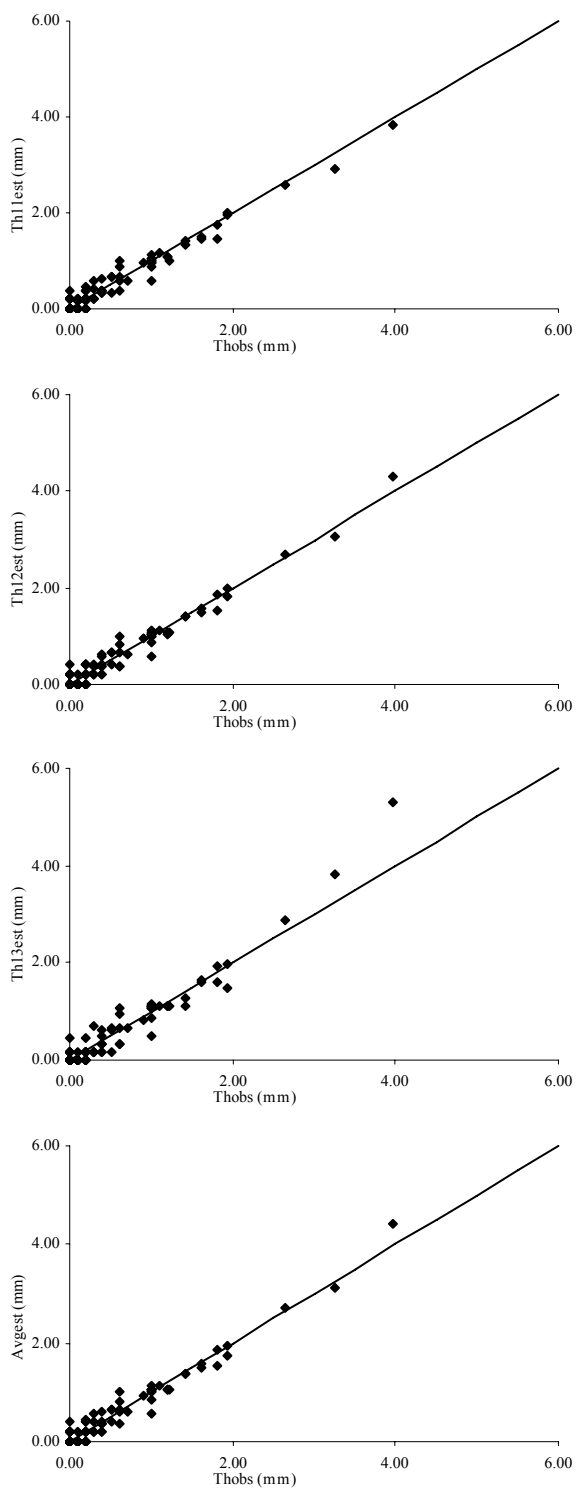
ภาพที่ 27 ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการตรวจวัด ( $Th_{obs}$ ) และปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ประมาณจากแบบจำลอง ( $Th_{est}$ ) ระหว่างวันที่ 12-14 ส.ค. 2548 บริเวณสวนถิ่นจี่ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



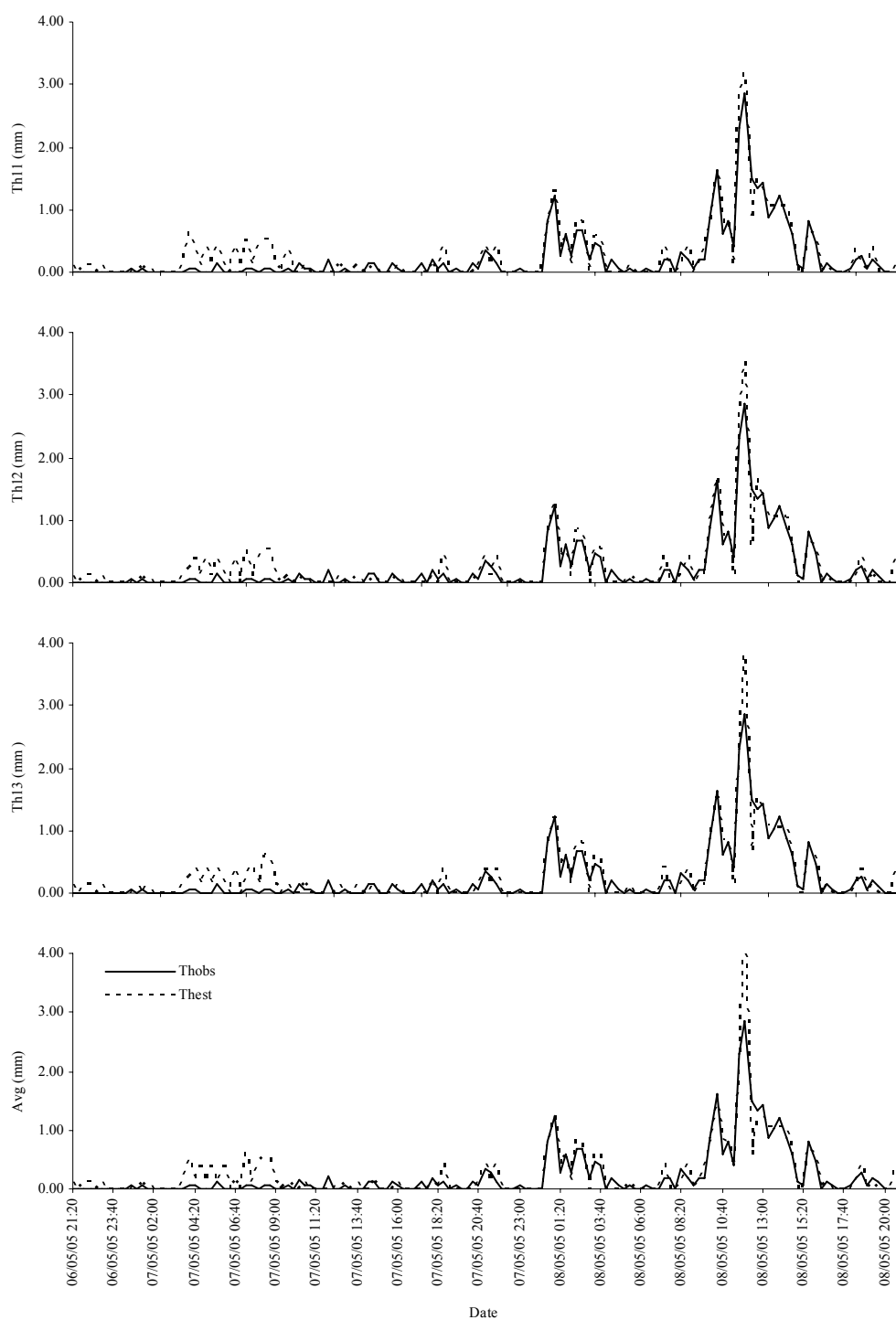
ภาพที่ 28 ประสิทธิภาพของการจำลองแบบ ระหว่างวันที่ 12-14 ส.ค. 2548 บริเวณสวนลื่นจี๋  
ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



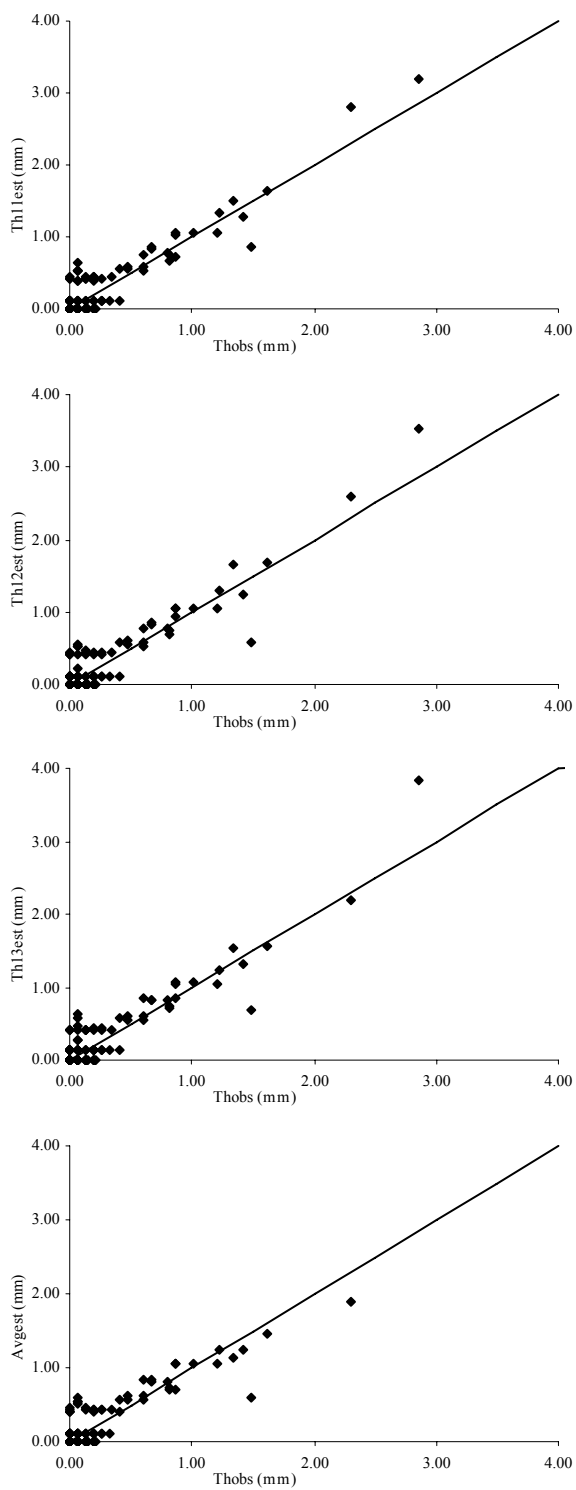
ภาพที่ 29 ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการตรวจวัด ( $Th_{obs}$ ) และปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ประมาณจากแบบจำลอง ( $Th_{est}$ ) ระหว่างวันที่ 10-12 ก.ย. 2548 บริเวณสวนลิ้นจี่ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



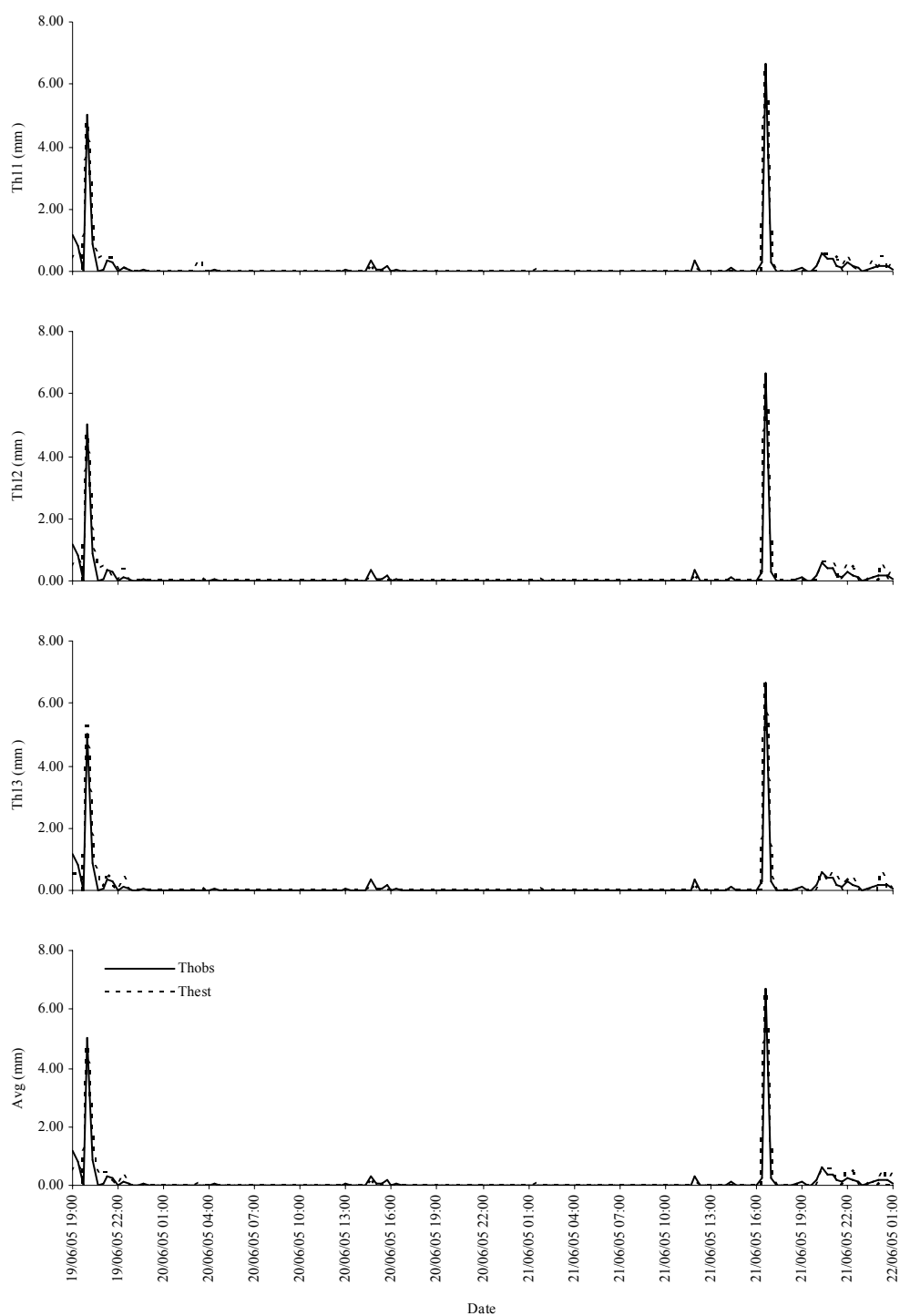
ภาพที่ 30 ประสิทธิภาพของการจำลองแบบ ระหว่างวันที่ 10-12 ก.ย. 2548 บริเวณสวนลื่นจี๋  
ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



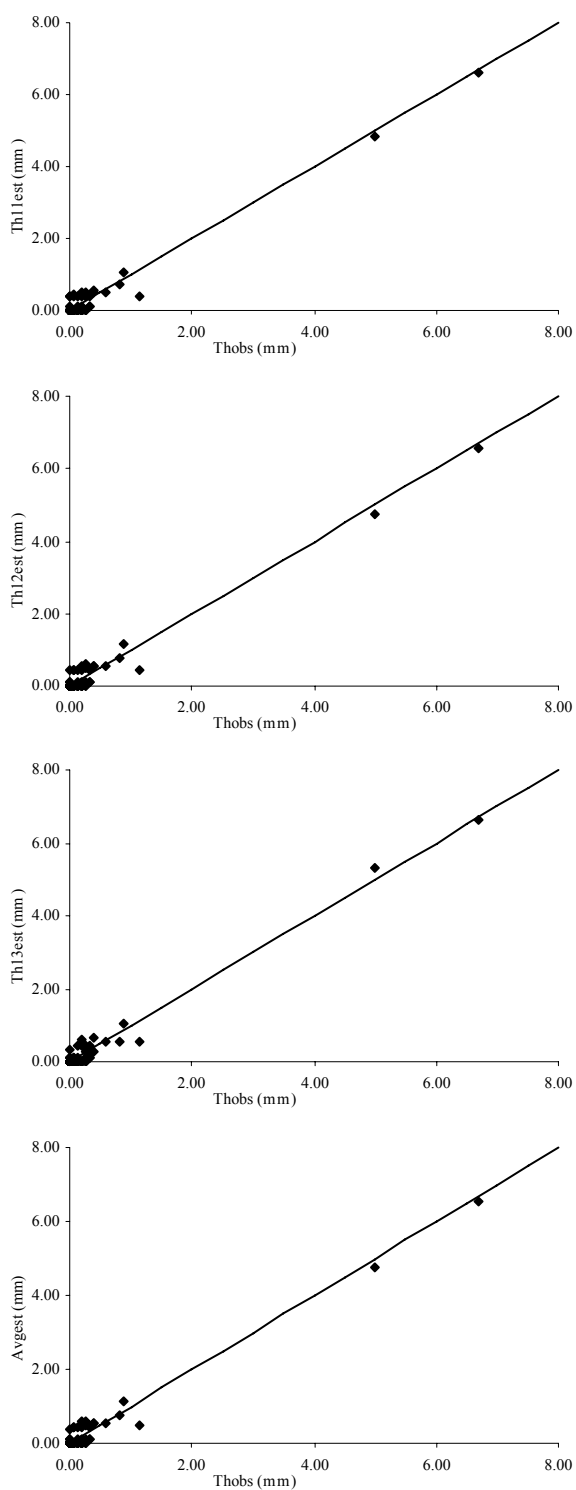
ภาพที่ 31 ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการตรวจวัด ( $Th_{obs}$ ) และปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ประมาณจากแบบจำลอง ( $Th_{est}$ ) ระหว่างวันที่ 6-8 พ.ค. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง คุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



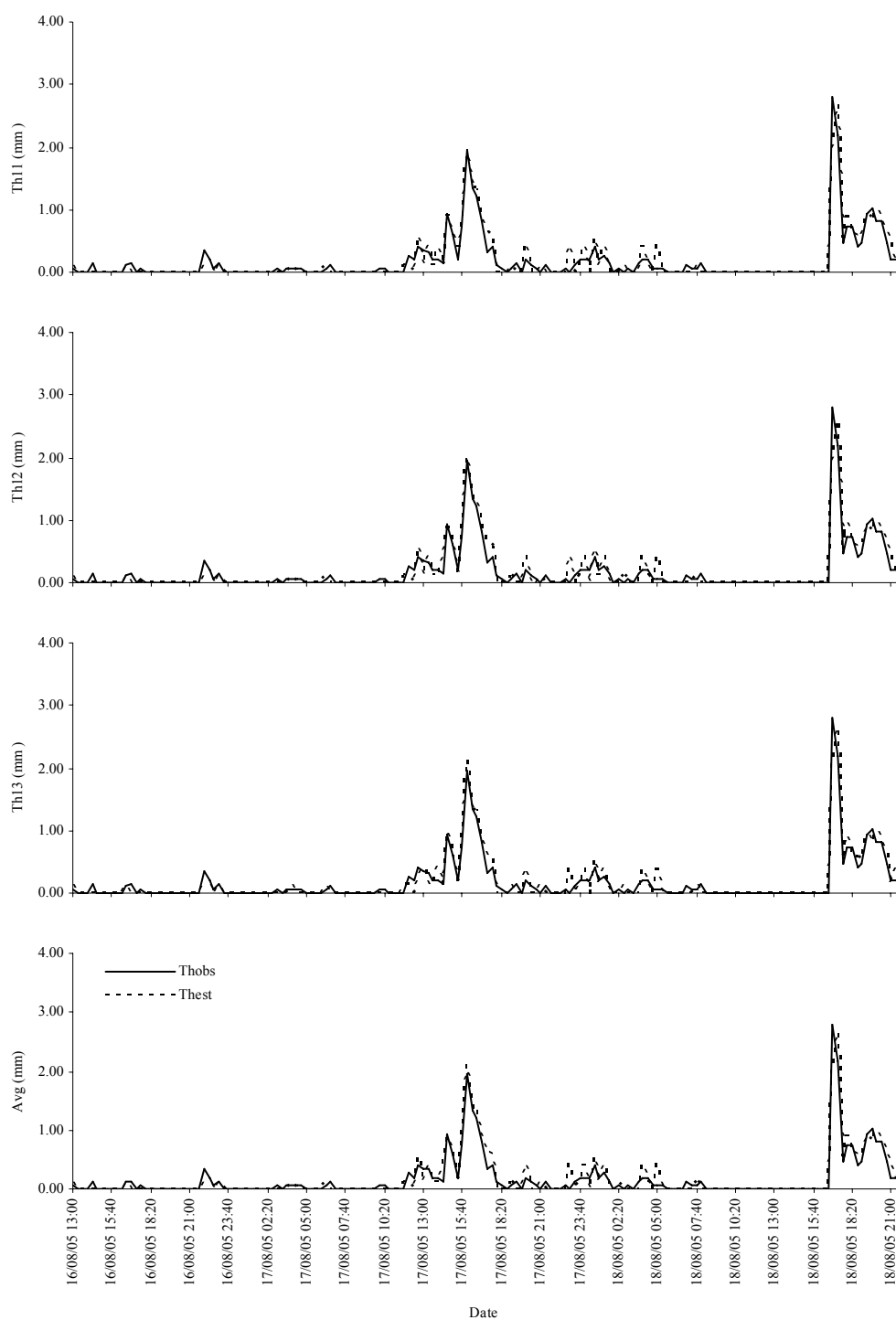
ภาพที่ 32 ประสิทธิภาพของการจำลองแบบ ระหว่างวันที่ 6-8 พ.ค. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่ม  
น้ำ แม่สา จังหวัดเชียงใหม่



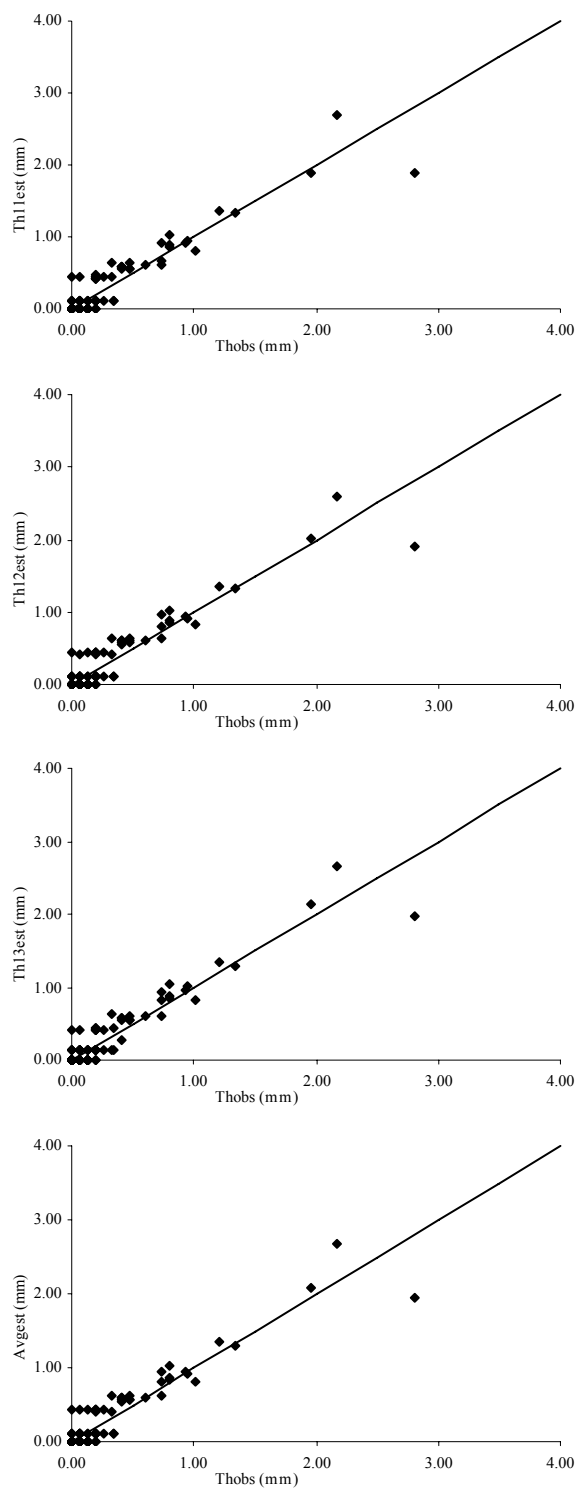
ภาพที่ 33 ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการตรวจวัด ( $Th_{obs}$ ) และปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ประมาณจากแบบจำลอง ( $Th_{est}$ ) ระหว่างวันที่ 19-22 มิ.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



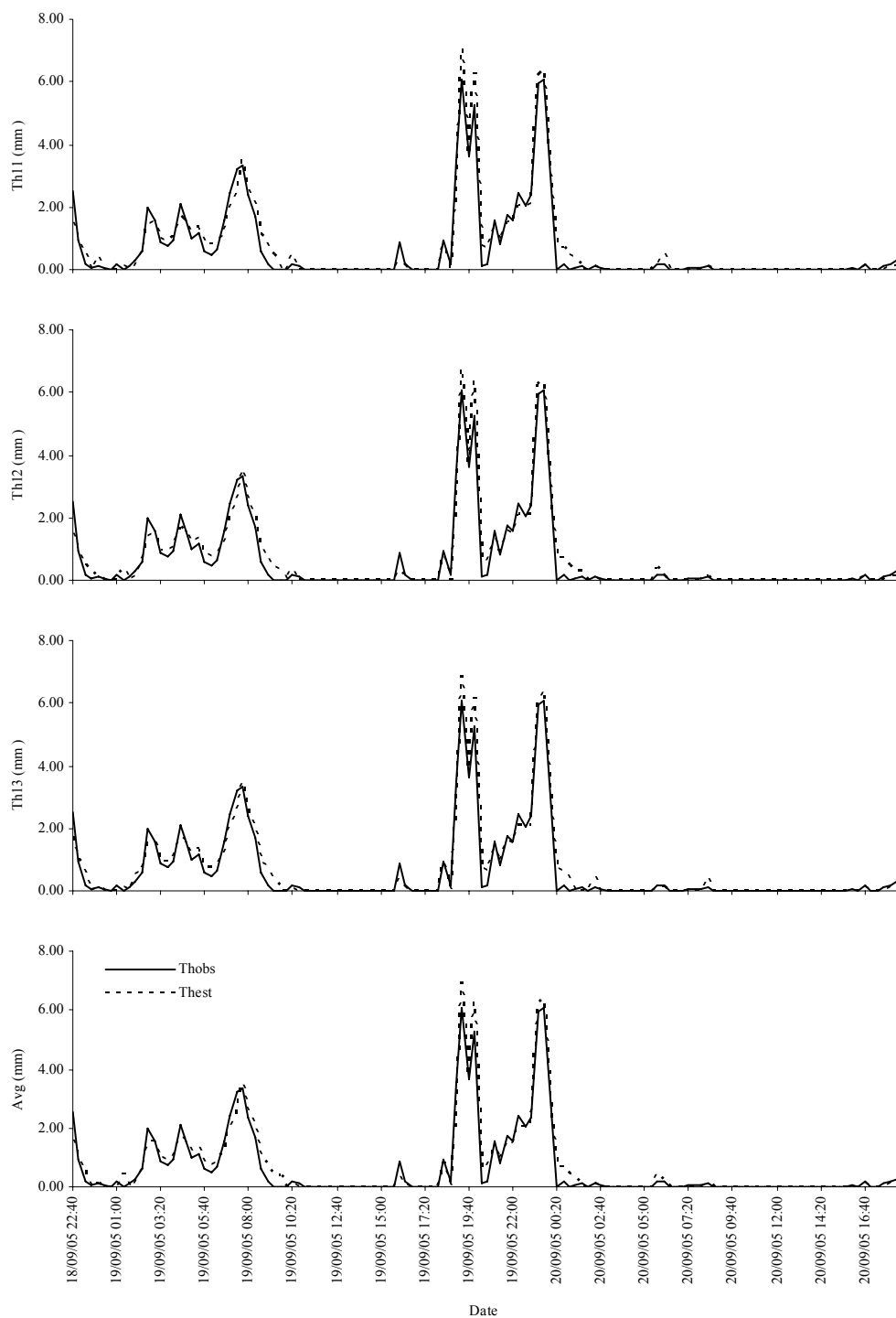
ภาพที่ 34 ประสิทธิภาพของการจำลองแบบ ระหว่างวันที่ 19-22 มิ.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง  
 คู่ม่านแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



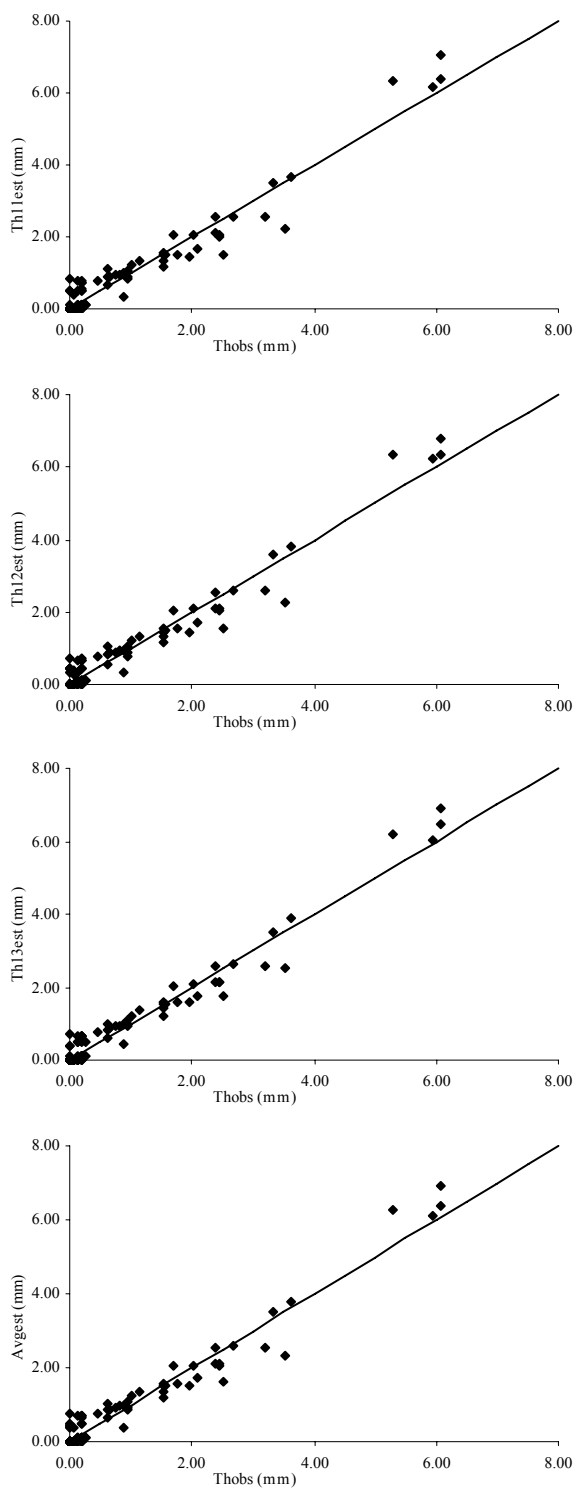
ภาพที่ 35 ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการตรวจวัด ( $Th_{obs}$ ) และปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ประมาณจากแบบจำลอง ( $Th_{est}$ ) ระหว่างวันที่ 16-18 ส.ค. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



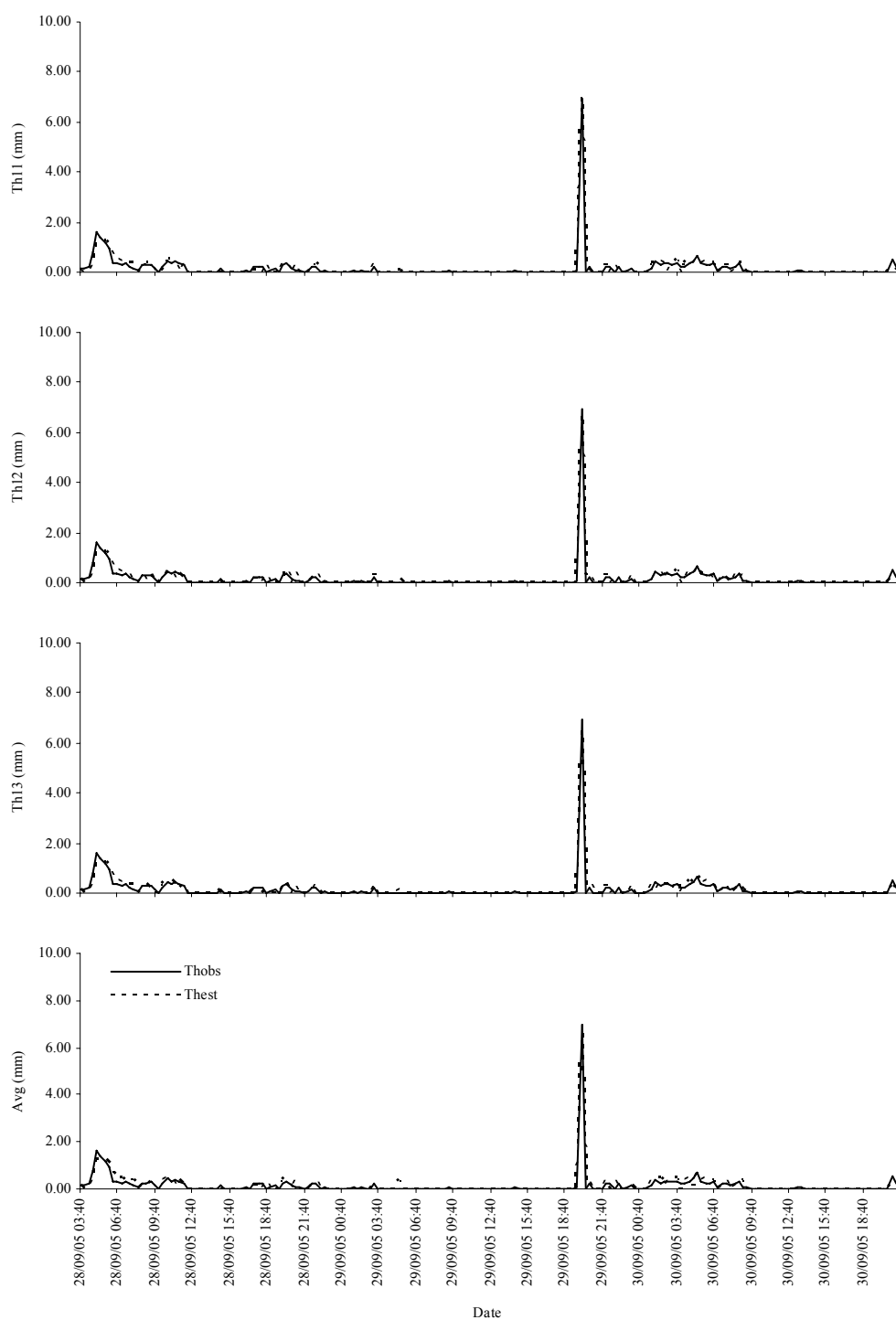
ภาพที่ 36 ประสิทธิภาพของการจำลองแบบ ระหว่างวันที่ 16-18 ส.ค. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง  
ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



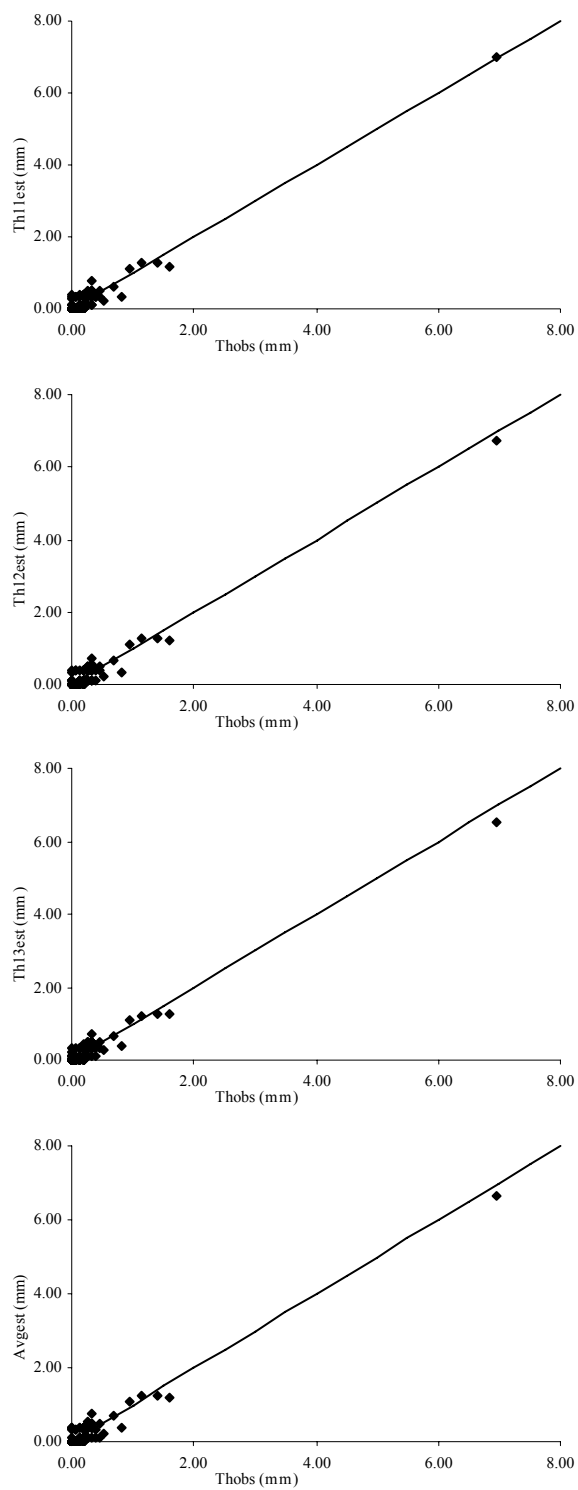
ภาพที่ 37 ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการตรวจวัด ( $Th_{obs}$ ) และปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ประมาณจากแบบจำลอง ( $Th_{est}$ ) ระหว่างวันที่ 18-20 ก.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



ภาพที่ 38 ประสิทธิภาพของการจำลองแบบ ระหว่างวันที่ 18-20 ก.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง  
 กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



ภาพที่ 39 ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการตรวจวัด ( $Th_{obs}$ ) และปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ประมาณจากแบบจำลอง ( $Th_{est}$ ) ระหว่างวันที่ 28-30 ก.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



ภาพที่ 40 ประสิทธิภาพของการจำลองแบบ ระหว่างวันที่ 28-30 ก.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง  
 กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่

### 3.2 ความถูกต้องจากการใช้พารามิเตอร์เฉลี่ย

การตรวจสอบความถูกต้องจากการใช้พารามิเตอร์เฉลี่ยในการศึกษานี้ใช้ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ทั้ง 5 ช่วงระยะเวลาเพื่อเป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษา ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 8 รายละเอียดแสดงดังนี้

#### 3.2.1 พื้นที่สวนลั่นจี่

ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์ของน้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระ, สมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอด, การระบายน้ำจากเรือนยอดเริ่มแรกและสัมประสิทธิ์การระบายน้ำจากเรือนยอด มีค่าเท่ากับ 0.68, 0.66, 0.21 และ 1.07 ตามลำดับ

ทั้งนี้พบว่าปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากแบบจำลองมีปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการตรวจวัดและมีประสิทธิภาพของการจำลองแบบอยู่ในช่วง 0.8064-0.9100

#### 3.2.2 พื้นที่ป่ารุ่นสอง

ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์ของน้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระ, สมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอด, การระบายน้ำจากเรือนยอดเริ่มแรก และสัมประสิทธิ์การระบายน้ำจากเรือนยอด มีค่าเท่ากับ 0.44, 1.20, 0.29 และ 0.91 ตามลำดับ

ทั้งนี้พบว่าปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากแบบจำลองมีปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดที่ได้จากการตรวจวัด และมีประสิทธิภาพของการจำลองแบบอยู่ในช่วง 0.7136-0.8874

จากผลการศึกษาพบว่าค่าความถูกต้องจากการใช้พารามิเตอร์เฉลี่ยมีค่าต่ำลงเมื่อเทียบกับค่าความถูกต้องจากการใช้พารามิเตอร์แต่ละช่วงเวลาแต่ค่าความถูกต้องที่ได้แตกต่างกันน้อยมากทั้งในพื้นที่สวนลั่นจี่และป่ารุ่นสอง

**ตารางที่ 8** ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ยและประสิทธิภาพการจำลองแบบที่ได้จากพารามิเตอร์เฉลี่ย บริเวณสวนลินจีและป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัด เชียงใหม่ ปีพ.ศ. 2548

| ช่วงเวลา          | เวลาตก<br>(ว/ด/ป เวลา) | หยุดตก<br>(ว/ด/ป เวลา) | สัมประสิทธิ์ของ<br>น้ำฝนที่ตกบนดิน<br>โดยอิสระ<br>(p) | สมรรถนะการกัก<br>เก็บน้ำของ<br>เรือนยอด<br>(S) | การระบายน้ำ<br>เริ่มแรกจาก<br>เรือนยอด<br>(Ds) | สัมประสิทธิ์การ<br>ระบายน้ำจาก<br>เรือนยอด<br>(b) | น้ำฝนผ่านเรือน<br>ยอดที่ได้จากการ<br>ตรวจวัด<br>(มม.) | น้ำฝนผ่านเรือน<br>ยอดที่ได้จาก<br>แบบจำลอง<br>(มม.) | ประสิทธิภาพ<br>การจำลองแบบ<br>(EFF) |
|-------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|
| <u>สวนลินจี</u>   |                        |                        |                                                       |                                                |                                                |                                                   |                                                       |                                                     |                                     |
| ต้นฤดูฝน          | 06/05/05 14:40         | 08/05/05 21:40         | 0.68                                                  | 0.66                                           | 0.21                                           | 1.07                                              | 35.53                                                 | 34.57                                               | 0.8064                              |
|                   | 02/06/05 17:20         | 04/06/05 17:00         | ”                                                     | ”                                              | ”                                              | ”                                                 | 63.90                                                 | 63.36                                               | 0.8839                              |
| กลางฤดู           | 12/07/05 22:40         | 13/07/05 12:20         | ”                                                     | ”                                              | ”                                              | ”                                                 | 23.15                                                 | 24.24                                               | 0.8961                              |
|                   | 12/08/05 13:40         | 14/08/05 20:00         | ”                                                     | ”                                              | ”                                              | ”                                                 | 79.50                                                 | 80.15                                               | 0.9386                              |
| ปลายฤดู           | 10/09/05 02:40         | 12/09/05 19:40         | ”                                                     | ”                                              | ”                                              | ”                                                 | 53.19                                                 | 59.25                                               | 0.9100                              |
| <u>ป่ารุ่นสอง</u> |                        |                        |                                                       |                                                |                                                |                                                   |                                                       |                                                     |                                     |
| ต้นฤดู            | 06/05/05 21:20         | 08/05/05 20:40         | 0.44                                                  | 1.20                                           | 0.29                                           | 0.91                                              | 31.67                                                 | 36.43                                               | 0.7136                              |
|                   | 19/06/05 19:00         | 22/06/05 01:00         | ”                                                     | ”                                              | ”                                              | ”                                                 | 20.93                                                 | 21.35                                               | 0.8874                              |
| กลางฤดู           | 16/08/05 13:00         | 18/08/05 21:20         | ”                                                     | ”                                              | ”                                              | ”                                                 | 28.80                                                 | 28.43                                               | 0.8567                              |
| ปลายฤดู           | 18/09/05 22:40         | 20/09/05 18:20         | ”                                                     | ”                                              | ”                                              | ”                                                 | 84.95                                                 | 87.66                                               | 0.8767                              |
|                   | 28/09/05 03:40         | 30/09/05 21:20         | ”                                                     | ”                                              | ”                                              | ”                                                 | 29.28                                                 | 31.52                                               | 0.7438                              |

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

จากการประยุกต์แบบจำลอง Rutter ศึกษากระบวนการน้ำพืชชนิด บริเวณสวนลั่นจี่และป่า รุ่งสอง บริเวณลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ ปีพ.ศ. 2548 สรุปผลได้ดังนี้

1. สัมประสิทธิ์ของน้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระ( $p$ ) ในพื้นที่สวนลั่นจี่ มีค่าอยู่ในช่วง 0.62-0.72 และป่ารุ่งสองมีค่าอยู่ในช่วง 0.38-0.50 ทั้งนี้เนื่องจากช่องว่างของเรือนยอดในพื้นที่สวนลั่นจี่มีมากกว่าพื้นที่ป่ารุ่งสอง
2. สมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอด ( $S$ ) ในพื้นที่สวนลั่นจี่ มีค่าอยู่ในช่วง 0.46-0.93 และป่ารุ่งสองมีค่าอยู่ในช่วง 1.01-1.54 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพื้นที่สวนลั่นจี่มีความสามารถในการกักเก็บน้ำต่ำกว่าพื้นที่ป่ารุ่งสอง
3. การระบายน้ำเริ่มแรกจากเรือนยอด ( $D_s$ ) ในพื้นที่สวนลั่นจี่ มีค่าอยู่ในช่วง 0.09-0.31 และป่ารุ่งสองมีค่าอยู่ในช่วง 0.20-0.39
4. สัมประสิทธิ์การระบายน้ำจากเรือนยอด ( $b$ ) ในพื้นที่สวนลั่นจี่ มีค่าอยู่ในช่วง 0.75-1.56 และป่ารุ่งสองมีค่าอยู่ในช่วง 0.41-1.50
5. การระเหยน้ำจากเรือนยอด ( $E_i$ ) ในพื้นที่สวนลั่นจี่มีปริมาณต่ำกว่าพื้นที่ป่ารุ่งสอง ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่สวนลั่นจี่มีปริมาณน้ำฝนที่เข้าสู่เรือนยอดต่ำกว่าพื้นที่ป่ารุ่งสอง ทำให้ปริมาณน้ำที่เกิดการระเหยมีปริมาณต่ำ
6. น้ำฝนบนเรือนยอด ( $C_r$ ) ของพื้นที่สวนลั่นจี่ มีปริมาณต่ำกว่าพื้นที่ป่ารุ่งสอง ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่สวนลั่นจี่มีการปกคลุมของเรือนยอดเบาบางและมีชั้นเรือนยอดเดียว ประกอบกับมีปริมาณน้ำฝนที่เข้าสู่เรือนยอดต่ำ ในขณะที่ป่ารุ่งสองมีการปกคลุมของเรือนยอดที่หนาแน่นและมี 2 ชั้นเรือนยอด ประกอบกับมีปริมาณน้ำฝนที่เข้าสู่เรือนยอดสูง

7. การระบายน้ำจากเรือนยอด (D) เกิดขึ้นก็ต่อเมื่อน้ำฝนที่ค้างบนเรือนยอดในขณะนั้น ( $C_p$ ) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับสมรรถนะการกักเก็บน้ำของเรือนยอด (S)

8. ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอด ( $T_h$ ) ของพื้นที่สวนลื่นจีมีปริมาณเมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์สูงกว่าพื้นที่ป่ารุ่นสอง ทั้งนี้เนื่องจากสวนลื่นจีมีช่องว่างของเรือนยอดมากกว่าพื้นที่ป่ารุ่นสองทำให้น้ำฝนตกลงสู่พื้นดินได้มากกว่าพื้นที่ป่ารุ่นสอง

9. ปริมาณน้ำพืชยึด (I) ของพื้นที่สวนลื่นจีคิดเป็นร้อยละ 4.28 ของน้ำฝนเหนือเรือนยอด และพื้นที่ป่ารุ่นสองคิดเป็นร้อยละ 7.71 ของน้ำฝนเหนือเรือนยอด

10. ประสิทธิภาพของการจำลองแบบ (EFF) จากการใช้พารามิเตอร์แต่ละช่วงเวลา ของพื้นที่สวนลื่นจีมีค่าอยู่ในช่วง 0.8413-0.9846 และป่ารุ่นสองมีค่าอยู่ในช่วง 0.8174-0.9703

11. ประสิทธิภาพของการจำลองแบบ (EFF) จากการใช้พารามิเตอร์เฉลี่ย ของพื้นที่สวนลื่นจีมีค่าอยู่ในช่วง 0.8064-0.9100 และป่ารุ่นสองมีค่าอยู่ในช่วง 0.7136-0.8874

### ข้อเสนอแนะ

1. เพื่อให้การศึกษาระบบการนำพืชยึดมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ในการตรวจวัดปริมาณน้ำฝนเหนือเรือนยอดและปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดโดยใช้เครื่องวัดน้ำฝนอัตโนมัติชนิดถ้วยกระดกนั้นควรตรวจสอบการทำงานของเครื่องวัดน้ำฝนเป็นระยะ ๆ และตรวจสอบข้อมูลที่บันทึกในแต่ละช่วงเวลาว่ามีความถูกต้องหรือไม่

2. เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้จะไม่พิจารณาน้ำฝนที่ตกบนลำต้น  $(1-p)R$  เพื่อให้การศึกษาระบบการนำพืชยึดมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น การศึกษาครั้งต่อไปควรพิจารณาน้ำในส่วนนี้เข้าไปด้วย

3. ในการประเมินสัมประสิทธิ์ของน้ำฝนที่ตกบนดินโดยอิสระ ( $p$ ) ควรทำในแต่ละช่วงเวลาการศึกษา เนื่องจากพารามิเตอร์นี้ผันแปรไปตามช่วงระยะเวลา

4. เพื่อให้การศึกษาระบบการนำพืชชนิดเกิดความเข้าใจมากขึ้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นราย 5 นาที และวิเคราะห์ตลอดทั้งปี

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กฤษฎาพร บัวแสง. 2548. อิทธิพลของลักษณะการตกของฝนต่อกระบวนการเกิดน้ำฟุ้งยี้ดในป่าดิบเขา ลุ่มน้ำห้วยคอกม้า จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- กิตติ ภัคดีวัฒนะกุล. 2541. **Excel 97:ฉบับ Advance**. ไทยเจริญการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 403 น.
- นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2545. แบบจำลองคณิตศาสตร์การชะล้างพังทลายของดินและมลพิษตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำ. ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นิพนธ์ ตั้งธรรม, ชัชชัย ตันตสิรินทร์, กุลธิดา แพทย์พันธุ์ และสมาน ณ ลำปาง. 2545. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์: ปริมาณน้ำฟุ้งยี้ดในสวนป่าไม้โตเร็วต่างถิ่น บริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่. มูลนิธิโครงการหลวง.
- วิชา นิยม. 2535. อุทกวิทยาป่าไม้. ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- องค์การบริหารส่วนตำบลคอนแก้ว. 2549. สภาพทั่วไปของพื้นที่. แหล่งที่มา: [www.donkaew.org](http://www.donkaew.org), 20 พฤศจิกายน 2549
- Addiscolt, T.M. 1993. **Simulation modeling and soil behavior**. Geoderma.
- Anderson, J.M. and T. Spencer. 1991. **Carbon, Nutrient and Water Balance of tropical rain forest ecosystems subject to disturbance: Management implications and Research proposal**. MAB digest 7. UNESCO. 95 p.

- Becker, A. and P. Serban. 1990. Hydrological models for water resources systems design and operation. Operational Hydrology Report. 34. **CAB Database**. Accession no. 20013114933
- Black, P.E. 1996. **Watershed Hydrology**. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, Inc., New Jersey. 408 p.
- Bryant, M.L., S. Bhat, J.M. Jacobs. 2005. Measurements and modeling of throughfall variability for five forest communities in the southeastern US. **J. of Hydrology**. 312: 95-108
- Cantu-Silva, I., H.Gonzalez Rodriguez. 2001. Interception loss, throughfall and stemflow chemistry in pine and oak forests in northeastern Mexico. **Tree Physiol**. 21: 1009-1013
- Carlyle-Moses, D.E. 2004. Throughfall, stem flow, and canopy interception loss fluxes in a semi-arid Sierra Madre Oriental matorral community. **J. of Arid Environments**. 58: 181-202
- Crockford, R.H. and D.P. Richardsan. 1990. Determination of the canopy storage capacity of a dry sclerophyll eucalypt forest. **Hydrological Process**. 4: 157-167
- Fan, S., T. Pei., D. Jiang., C. Cao. and Alamus. 2001. Rainfall interception capacity of forest canopy between two different stand. **Chinese. J. of Applied Ecol**. 11(5): 671-674
- Gash, J.H.C. and A.J. Morton. 1978. An application of the Rutter model to the estimation of the interception loss from Thetford forest. **J. of Hydrology**. 38: 49-58
- Hashino, M., H.Yao. and H. Yoshida. 2002. Studies and evaluations on interception processes during rainfall based on a tank model. **J. of Hydrology**. 255: 1-11
- Huber and Iroum. 2001. Variability of annual rainfall partitioning for different site and forest covers in Chile. **J. of Hydrology**. 248: 78-92

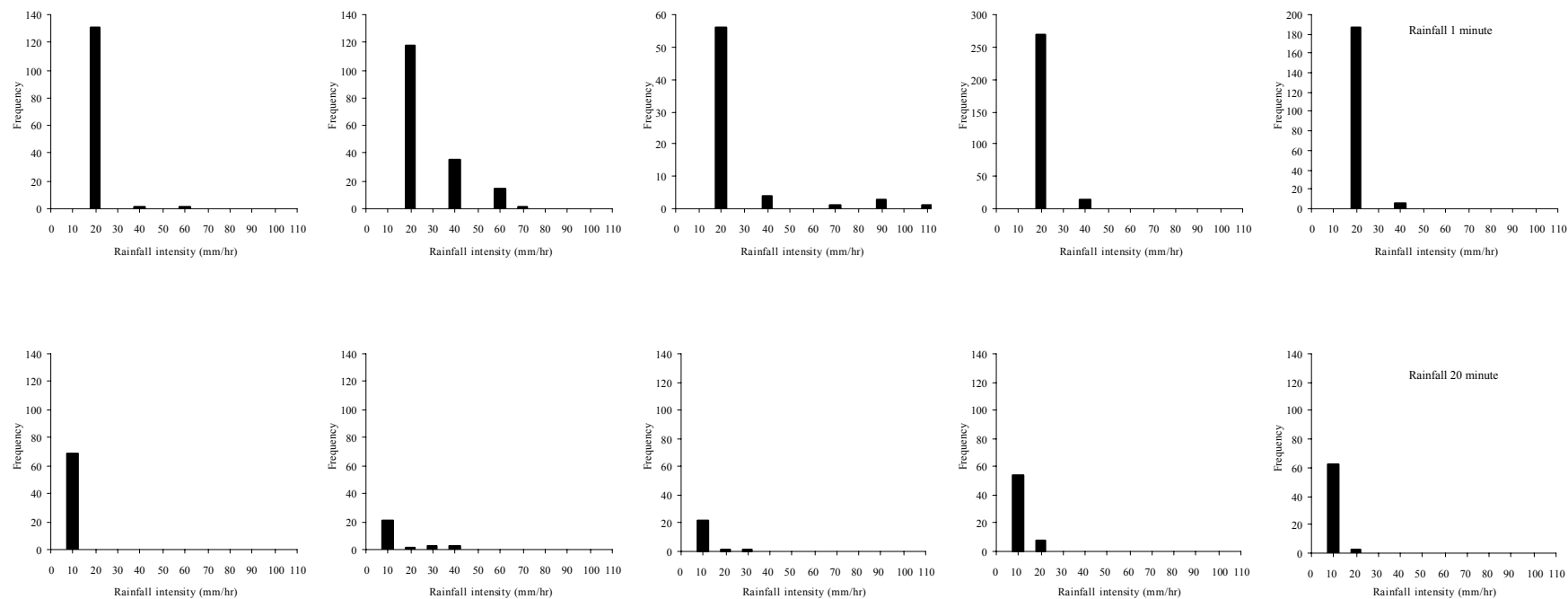
- Jergensen, S.E. 1988. **Fundamentals of Ecological Modeling**. SEVIER, Amsterdam
- Kang, Y., Qing-Gai Wang, and Hai-Jun Liu. 2005. Winter wheat canopy interception and its influence factors under sprinkler irrigation. **Agricultural Water Management**, 74: 189-199.
- Kittredge, J. 1948. **Forest Influence**. McGraw-Hill Book Comp. Inc., New York. 394 p.
- Letic, L. and G. Macan. 1994. Study of Interception in Conifer Plantation on Mt. Goc. Glasnik Sumarskog Fakulteta, Univerzitet u Beogradu (75-76): 59-64. **CAB Abstracts Database**. Accession no. 950620691
- Llorens, P. 1997. Rainfall interception by a Pinus sylvestris forest patch overgrown in a Mediterranean mountainous abandoned area. II. Assessment of the applicability of Gash's analytical model. **J. of Hydrology**. 199: 346-359
- Nash, J.E. and J.V. Sutcliffe. 1970. River flow forecasting through conceptual models. Part I: A discussion of principles. **J. of Hydrology**. 10: 282-290
- Penman, H.L. 1948. Natural evaporation from open water, bare soil, and grass. **J. of Mathematical and Physical Sciences**. 193:120-146
- Philip, J.R. 1991. Soils natural science and models. **Soil Sci.**, 15(1): 91-98
- Rutter, A.J., K.A. Kershaw., P.C. Robin, and A.J. Morton. 1971. A predictive model of rainfall interception in forest. I. Derivation of the model from observations in a plantation of Corsican pine. **Agric. Meteorol.**, 9: 367-383

- Rutter, A.J., A.J. Morton., and P.C. Robin. 1975. A predictive model of rainfall interception in forest. II .Generalization of the model and comparison with observation in some coniferous and hardwood stand. **J. Appl.Ecol.**, 12: 367-380
- Schellekens, J., F.N. Scatena., L.A. Bruijnzeel. and A.J. Wickel. 1999. Modelling rainfall interception by a lowland tropical rain forest in northeastern Puerto Rico. **J. of Hydrology**. 225: 168-184
- Sim, L.K. 1990. **Manual on Watershed Research:** A Publication of ASEAN-US Project. College Laguna, Phillippines.
- Tanaka, N.,C. Tantasirin, M. Suzuki and N. Tangtham. 2001. Rainfall Interception by a Hill Evergreen Forest in Northern Thailand, pp. 410-414. **In the Fifth International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME vol. 2**, Proc.GAME International Science.Panel, Hydrosphereric Research Center.
- Valente, F., J.S. David. and J.H.C. Gash. 1997. Modelling interception loss for two sparse eucalypt and pine forests in central Portugal using reformulated Rutter and Gash analytical models. **J. of Hydrology**. 190: 141-162
- Van Dijk. A.J. and L.A. Bruijnzeel. 2001. Modelling rainfall interception by vegetation of variable density using an adapted analytical model. Part 2. Model validation for a tropical upland mixed cropping system. **J. of Hydrology**. 247: 239-262
- Zeng. N., J.W. Shuttleworth and S.H.C. Gash. 2000. Influence of Temporal Variability of Rainfall on Interception Loss. Past I. Point Analysis. **J. of Hydrology**. 228: 228-241

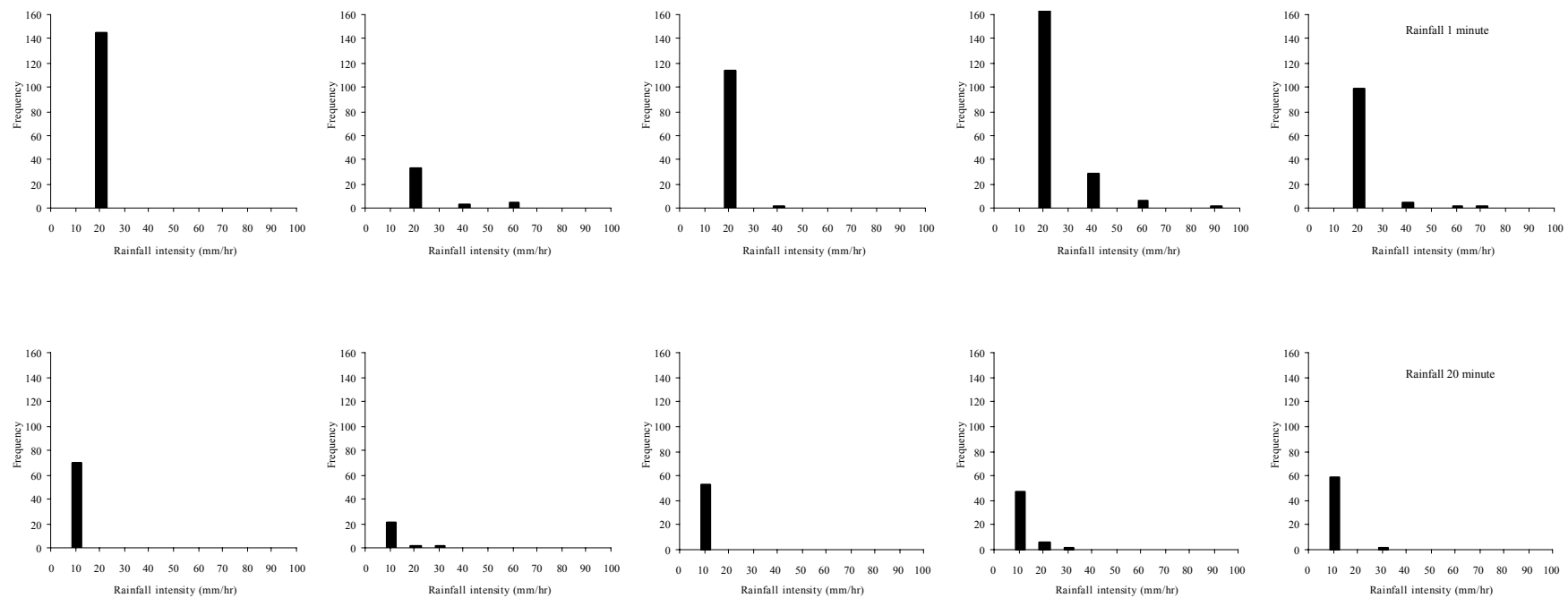
**ภาคผนวก**

**ตารางผนวกที่ 1** ลักษณะการตกของฝนบริเวณสวนลีนจีและป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ ปีพ.ศ. 2548

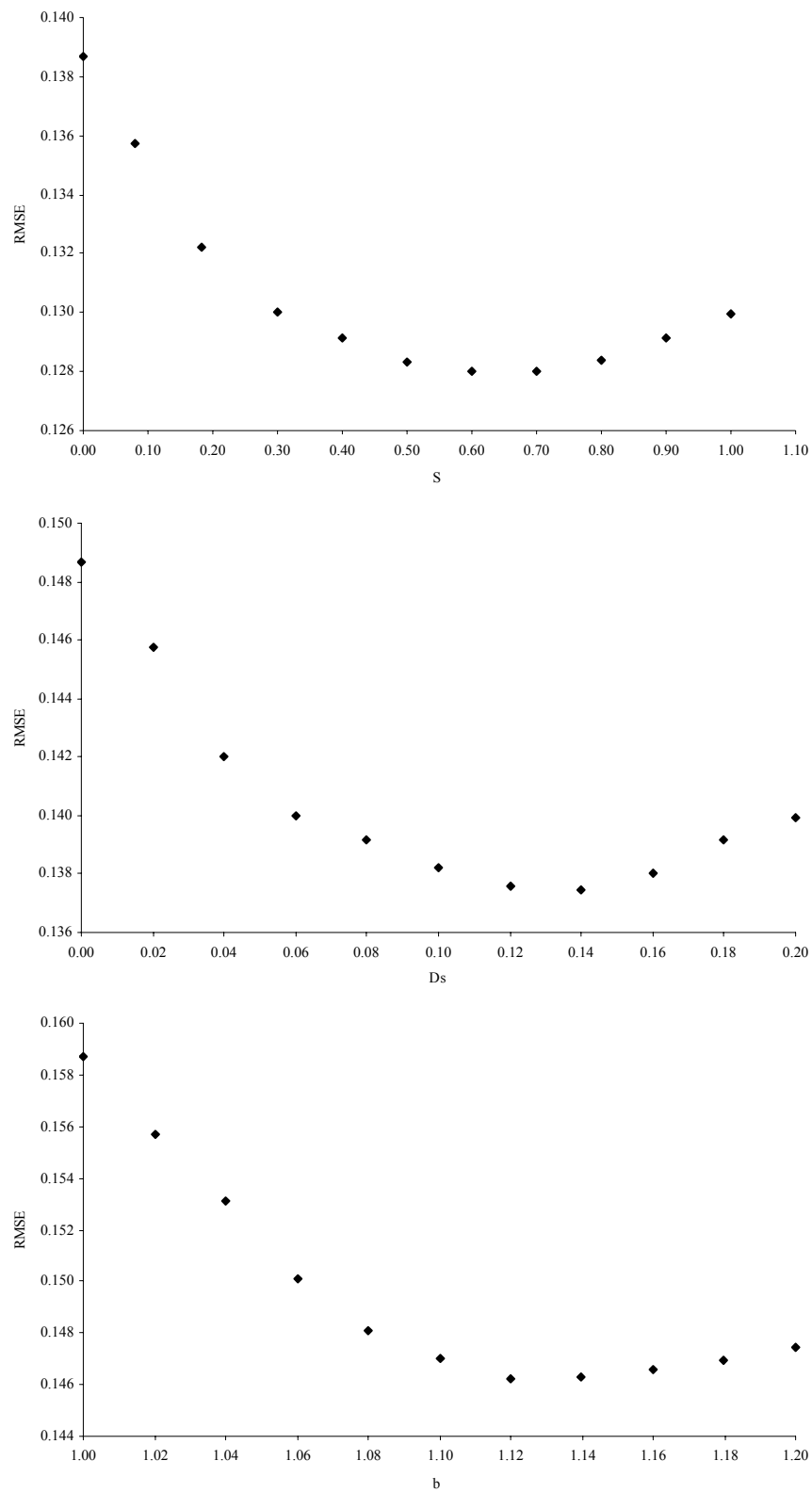
| ช่วงเวลา   | ฝนเริ่มตก<br>(ว/ค/ป เวลา) | ฝนหยุดตก<br>(ว/ค/ป เวลา) | ระยะเวลาการตก<br>(ชม:น:น) | ปริมาณน้ำฝนรวม<br>(มม.) | ความหนักเบาเฉลี่ย<br>(มม./ชม.) |             | ความหนักเบาสูงสุด<br>(มม./ชม.) |             |
|------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------|
|            |                           |                          |                           |                         | ราย 1 นาที                     | ราย 20 นาที | ราย 1 นาที                     | ราย 20 นาที |
|            |                           |                          |                           |                         |                                |             |                                |             |
| สวนลินจี   |                           |                          |                           |                         |                                |             |                                |             |
| ต้นฤดูฝน   | 06/05/05 14:40            | 08/05/05 21:40           | 55:00                     | 37.15                   | 15.45                          | 5.00        | 51.49                          | 7.49        |
|            | 02/06/05 17:20            | 04/06/05 17:00           | 47:40                     | 64.96                   | 22.80                          | 9.80        | 69.93                          | 33.10       |
| กลางฤดูฝน  | 12/07/05 22:40            | 13/07/05 12:20           | 13:40                     | 24.91                   | 21.62                          | 6.25        | 107.76                         | 38.83       |
|            | 12/08/05 13:40            | 14/08/05 20:00           | 48:20                     | 82.05                   | 16.05                          | 6.30        | 33.58                          | 18.26       |
| ปลายฤดูฝน  | 10/09/05 02:40            | 12/09/05 19:40           | 65:00                     | 54.37                   | 15.62                          | 5.30        | 33.58                          | 13.18       |
| ป่ารุ่นสอง |                           |                          |                           |                         |                                |             |                                |             |
| ต้นฤดูฝน   | 06/05/05 21:20            | 08/05/05 20:40           | 47:20                     | 39.28                   | 15.00                          | 5.00        | 16.75                          | 9.75        |
|            | 19/06/05 21:20            | 22/06/05 01:00           | 54:00                     | 22.76                   | 20.50                          | 6.30        | 50.75                          | 23.25       |
| กลางฤดูฝน  | 16/08/05 13:00            | 18/08/05 21:20           | 56:20                     | 31.17                   | 15.35                          | 5.00        | 33.17                          | 8.16        |
| ปลายฤดูฝน  | 18/09/05 03:40            | 20/09/05 18:20           | 67:40                     | 90.40                   | 18.39                          | 6.48        | 87.90                          | 22.50       |
|            | 28/09/05 03:40            | 30/09/05 21:20           | 65:40                     | 32.42                   | 17.15                          | 5.33        | 69.00                          | 24.13       |



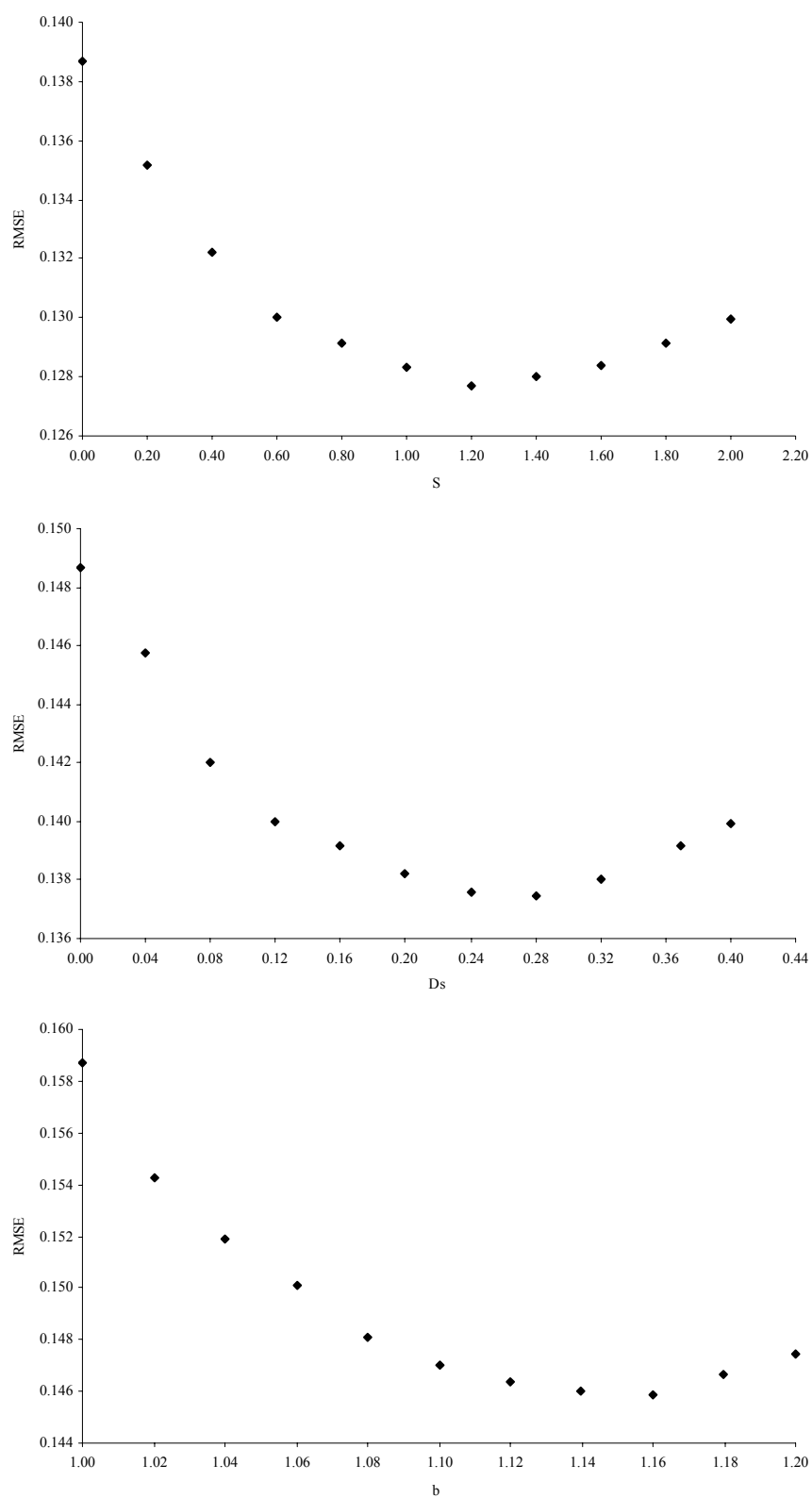
ภาพผนวกที่ 1 ความหนักเบาของฝนจากน้ำฝนราย 1 นาทีและ 20 นาที บริเวณสวนลีนจี ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ ปีพ.ศ. 2548



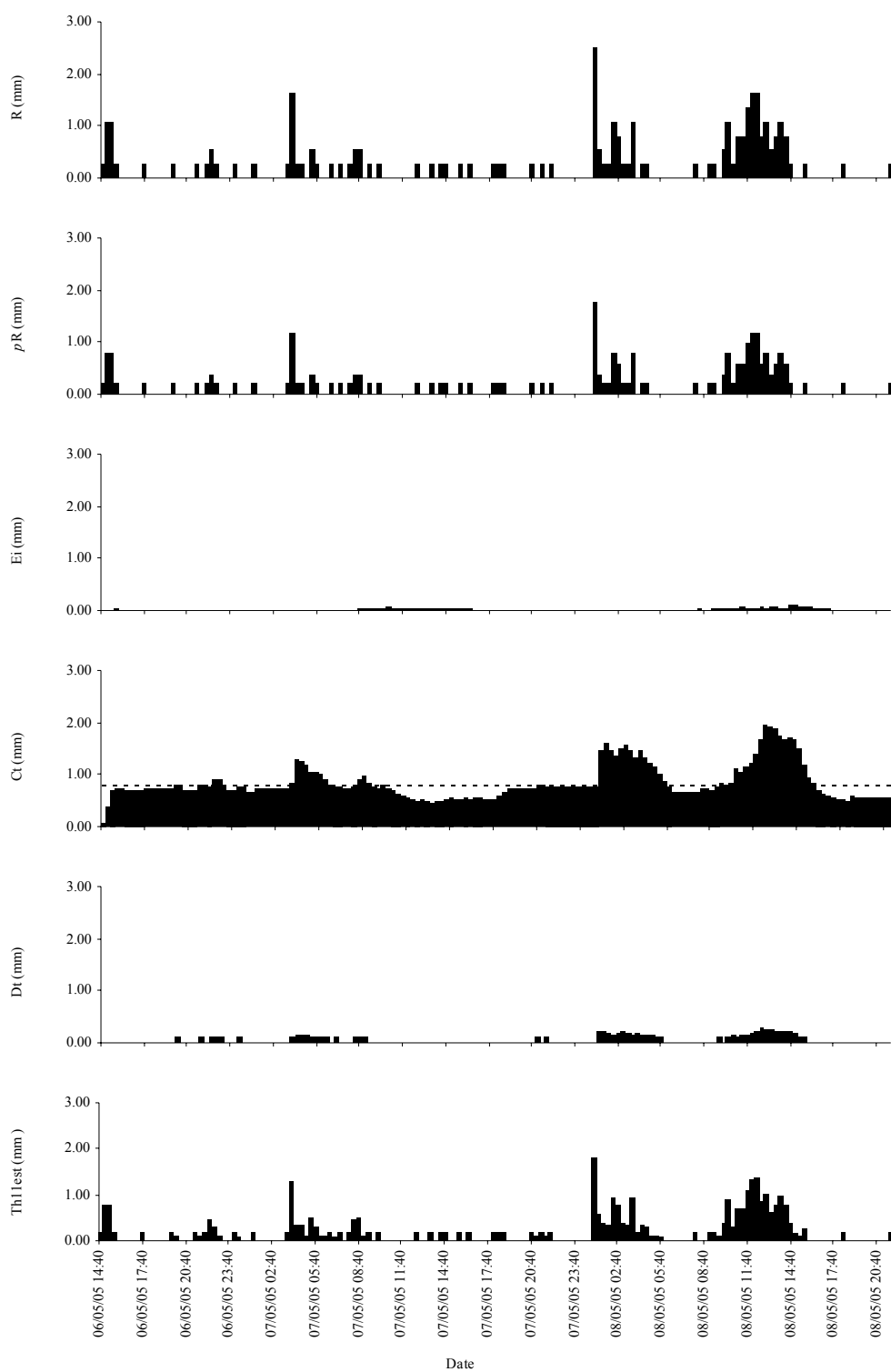
ภาพผนวกที่ 2 ความหนักเบาของฝนจากน้ำฝนราย 1 นาทีและ 20 นาที บริเวณป่ารุ่นสอง ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ ปีพ.ศ. 2548



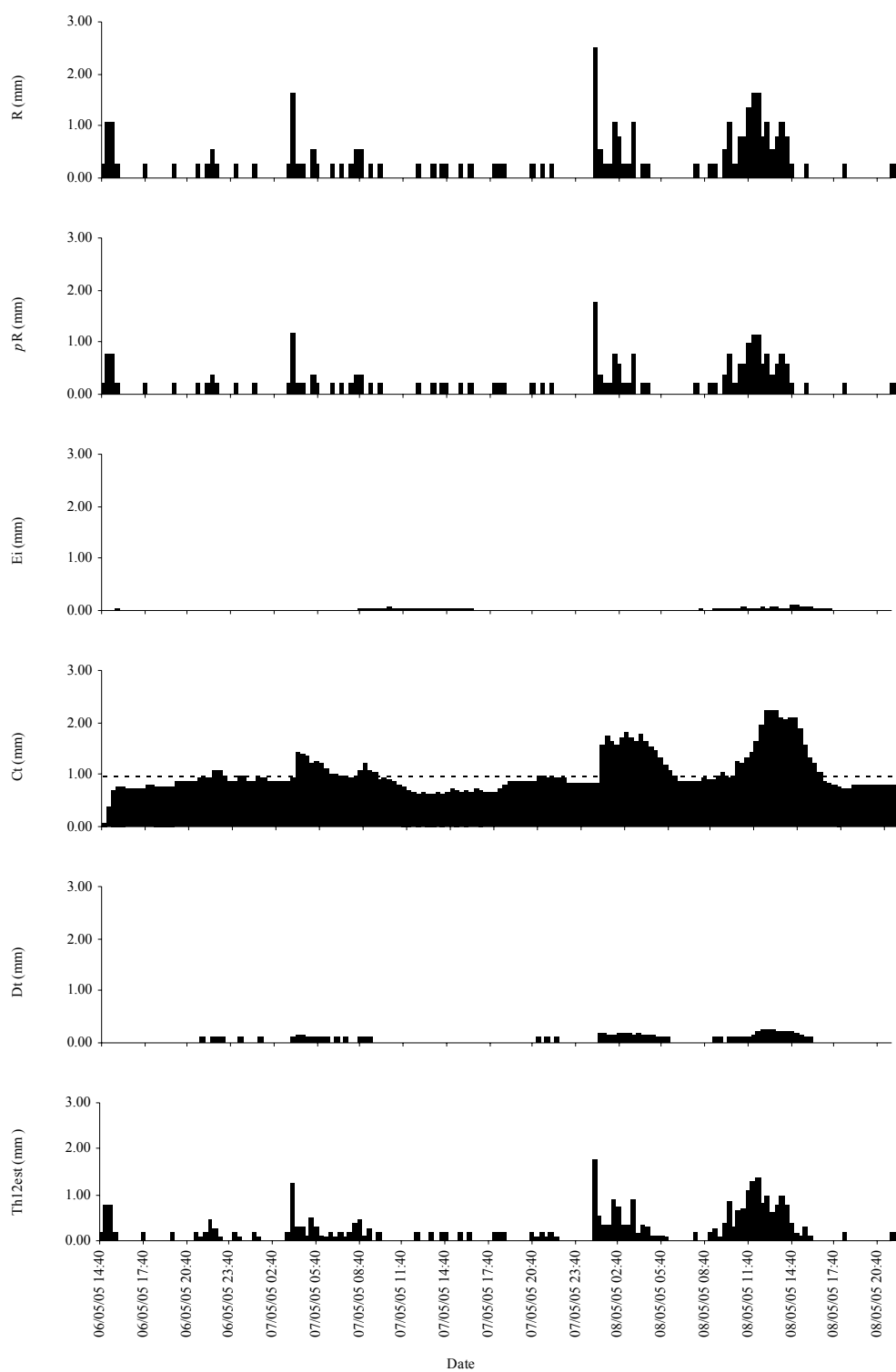
ภาพผนวกที่ 3 ความสำคัญระหว่างค่าพารามิเตอร์กับค่า RMSE ตำแหน่ง Th11 ระหว่างวันที่ 2-4 มิ.ย. 2548 บริเวณสวนลั่นจี่ คุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



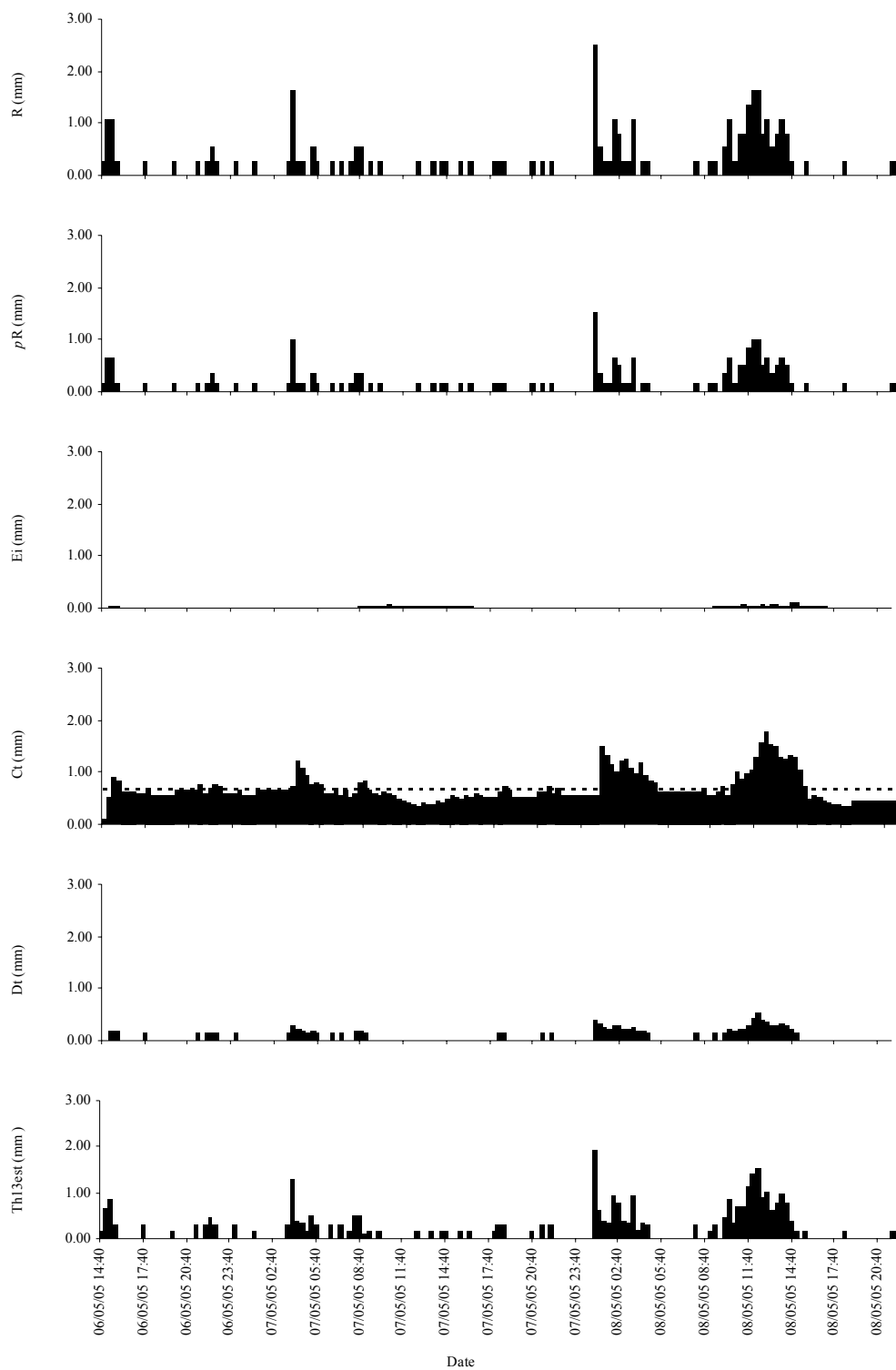
ภาพผนวกที่ 4 ความสำคัญระหว่างค่าพารามิเตอร์กับค่า RMSE ตำแหน่ง Th11 ระหว่างวันที่ 6-8 มิ.ย. 2548 บริเวณป่ารุ่นสอง กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



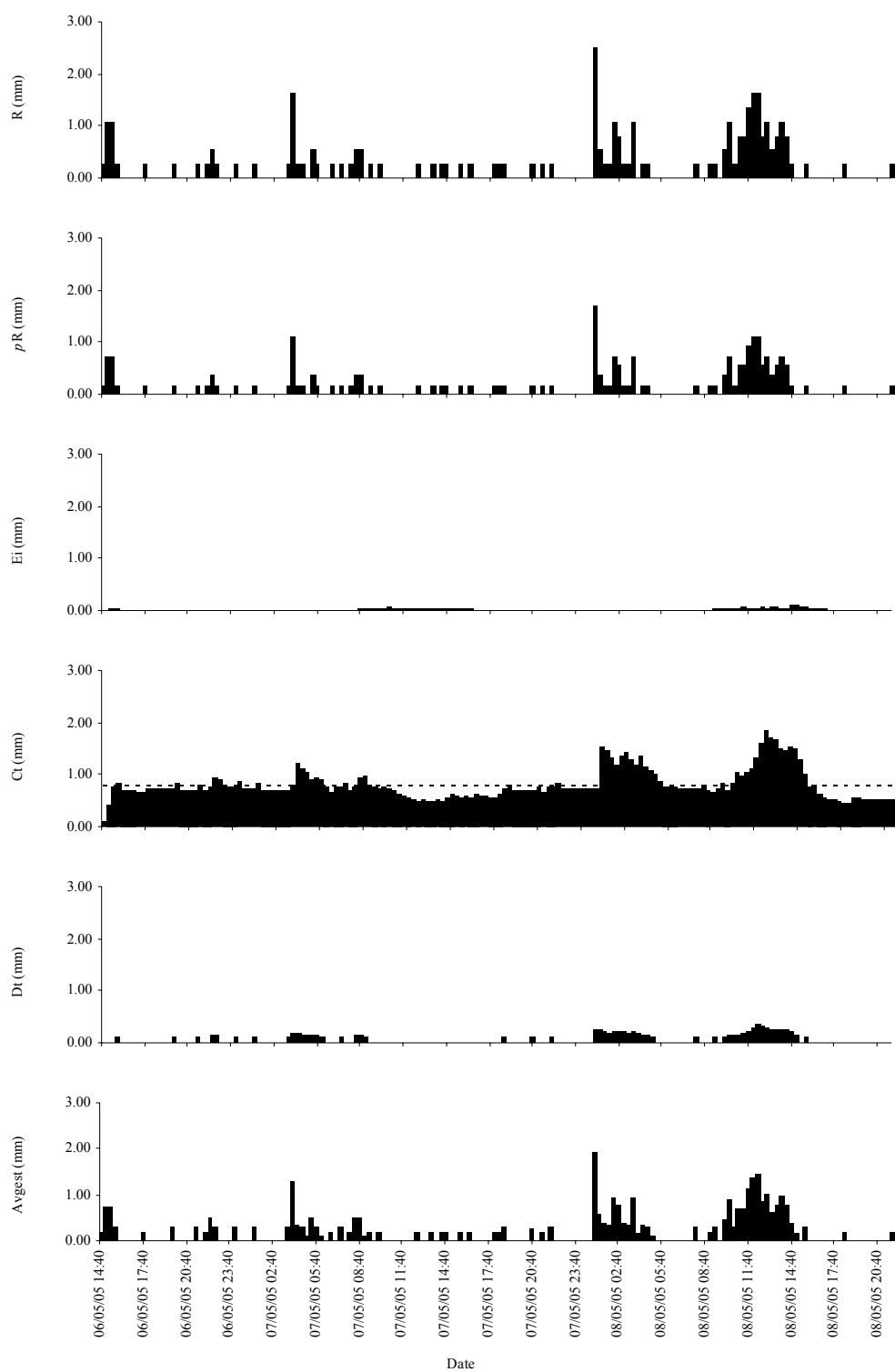
ภาพผนวกที่ 5 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th11 ระหว่างวันที่ 6-8 พ.ค. 2548  
บริเวณสวนลินจี กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



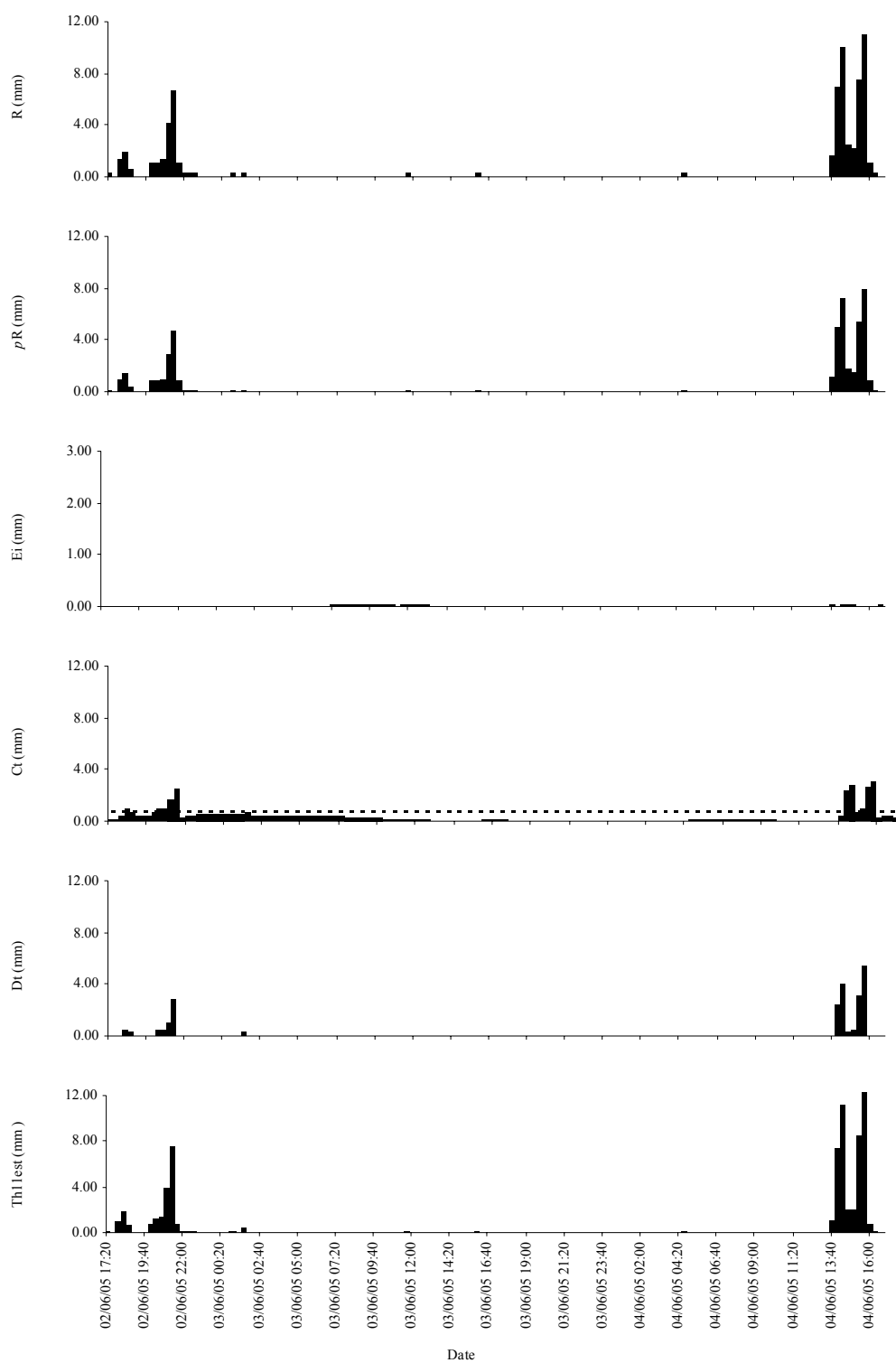
ภาพผนวกที่ 6 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th12 ระหว่างวันที่ 6-8 พ.ค. 2548  
บริเวณสวนลินจี กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



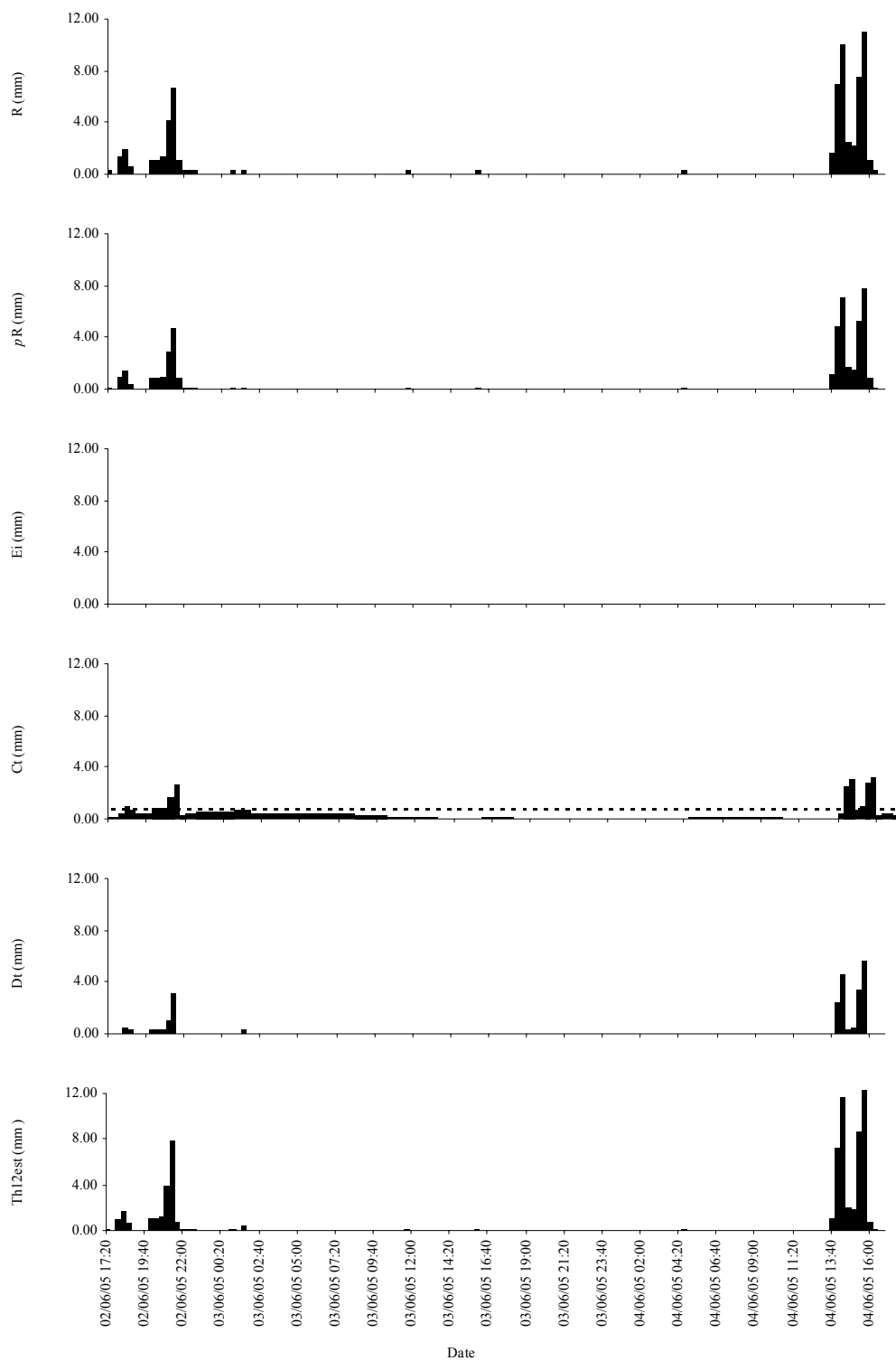
ภาพผนวกที่ 7 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th13 ระหว่างวันที่ 6-8 พ.ค. 2548  
บริเวณสวนลินจี กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



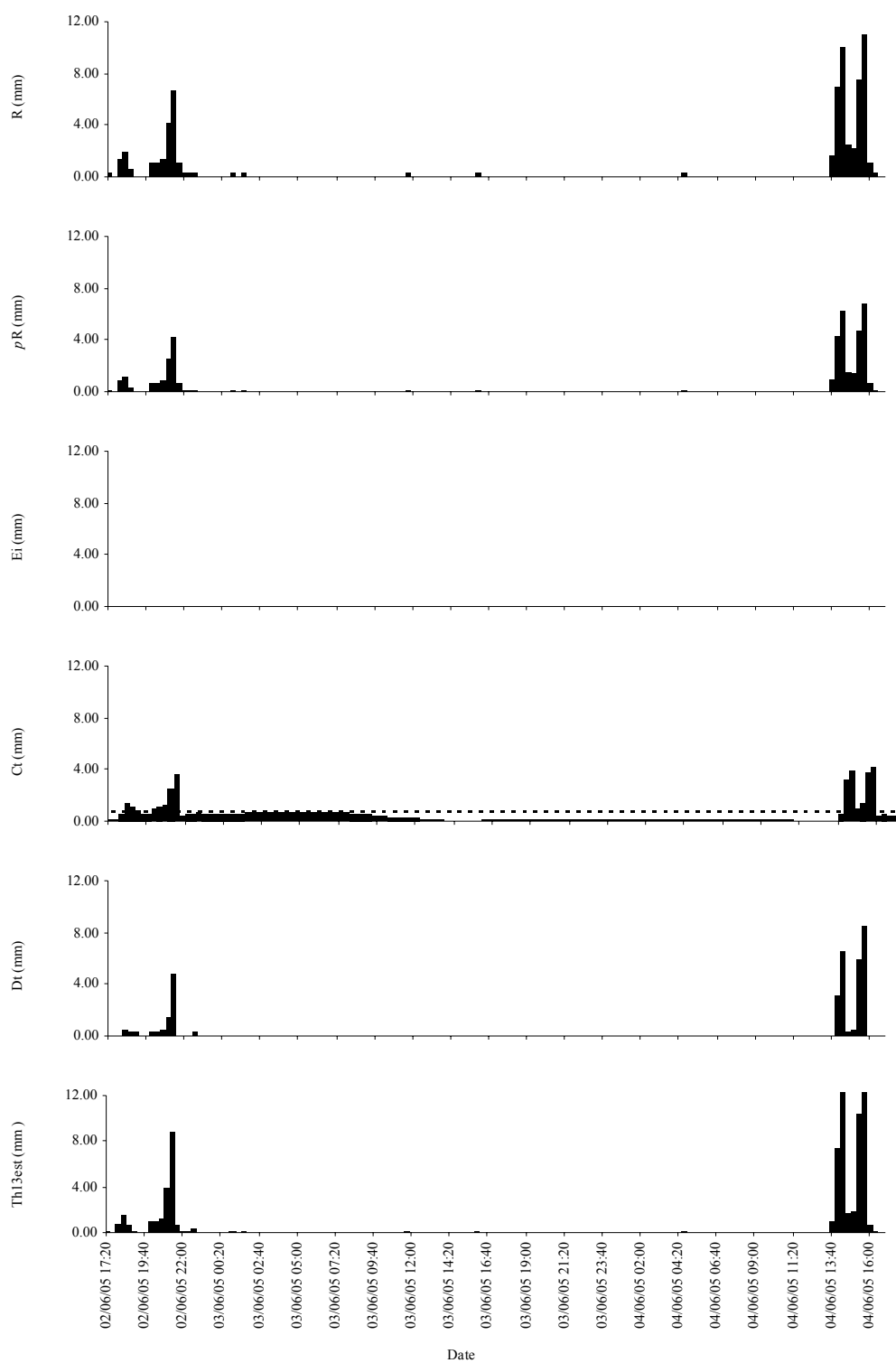
ภาพผนวกที่ 8 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย Avg ระหว่างวันที่ 6-8 พ.ค. 2548  
บริเวณสวนดินจี่ ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



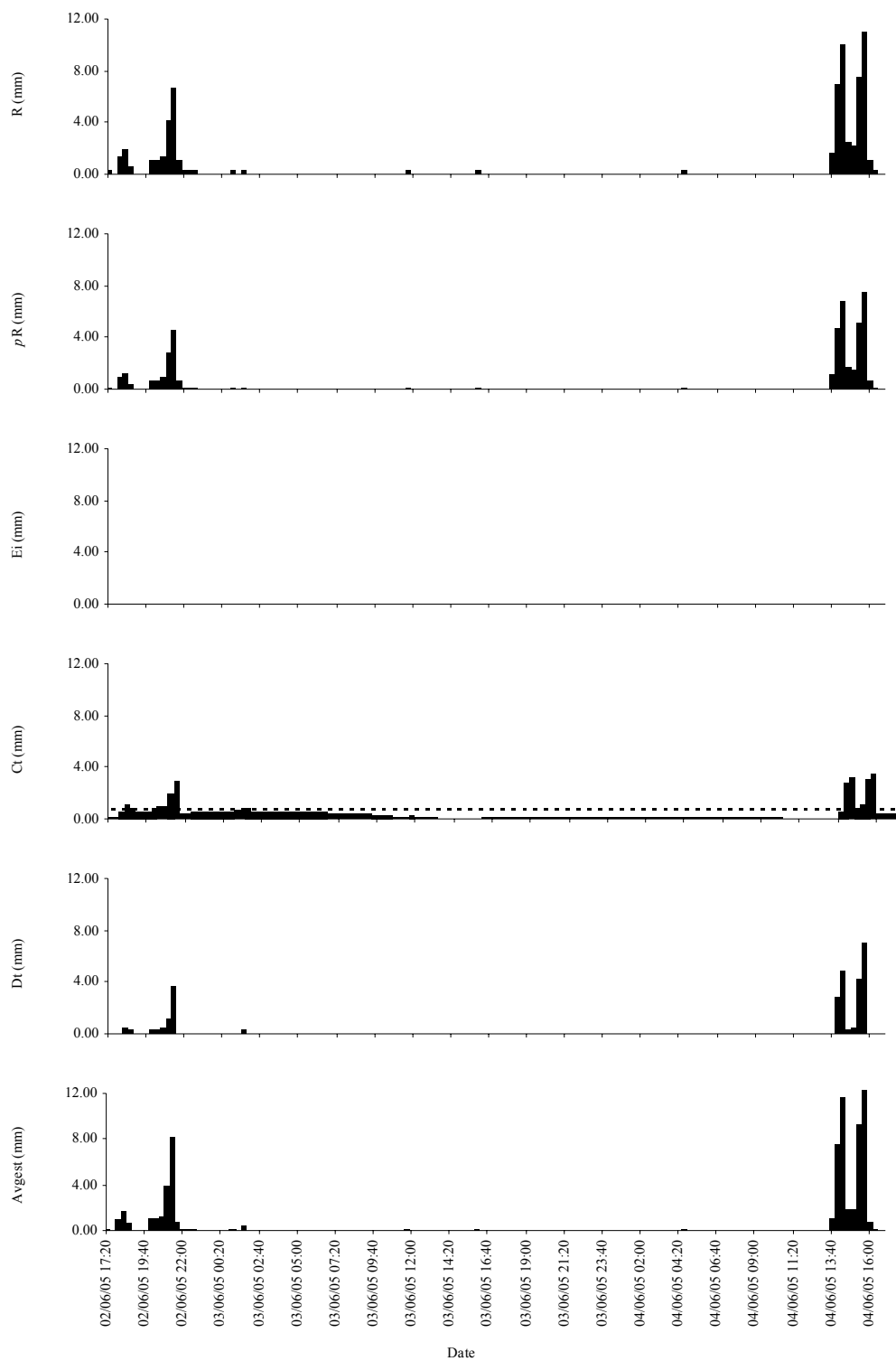
ภาพผนวกที่ 9 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th11 ระหว่างวันที่ 2-4 มิ.ย. 2548  
บริเวณสวนลินจี กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



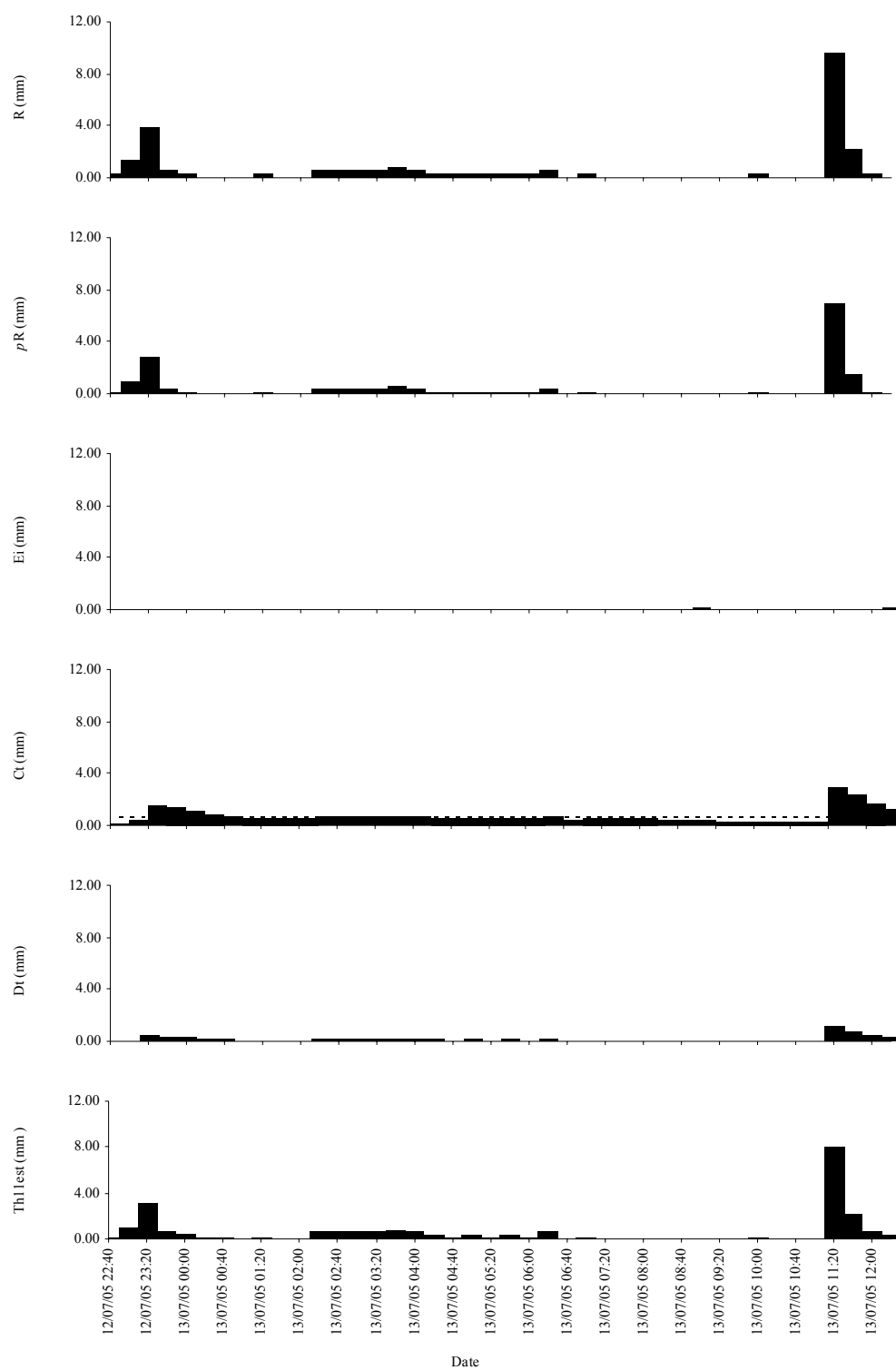
ภาพผนวกที่ 10 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th12 ระหว่างวันที่ 2-4 มิ.ย. 2548  
บริเวณสวนลีนจี ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



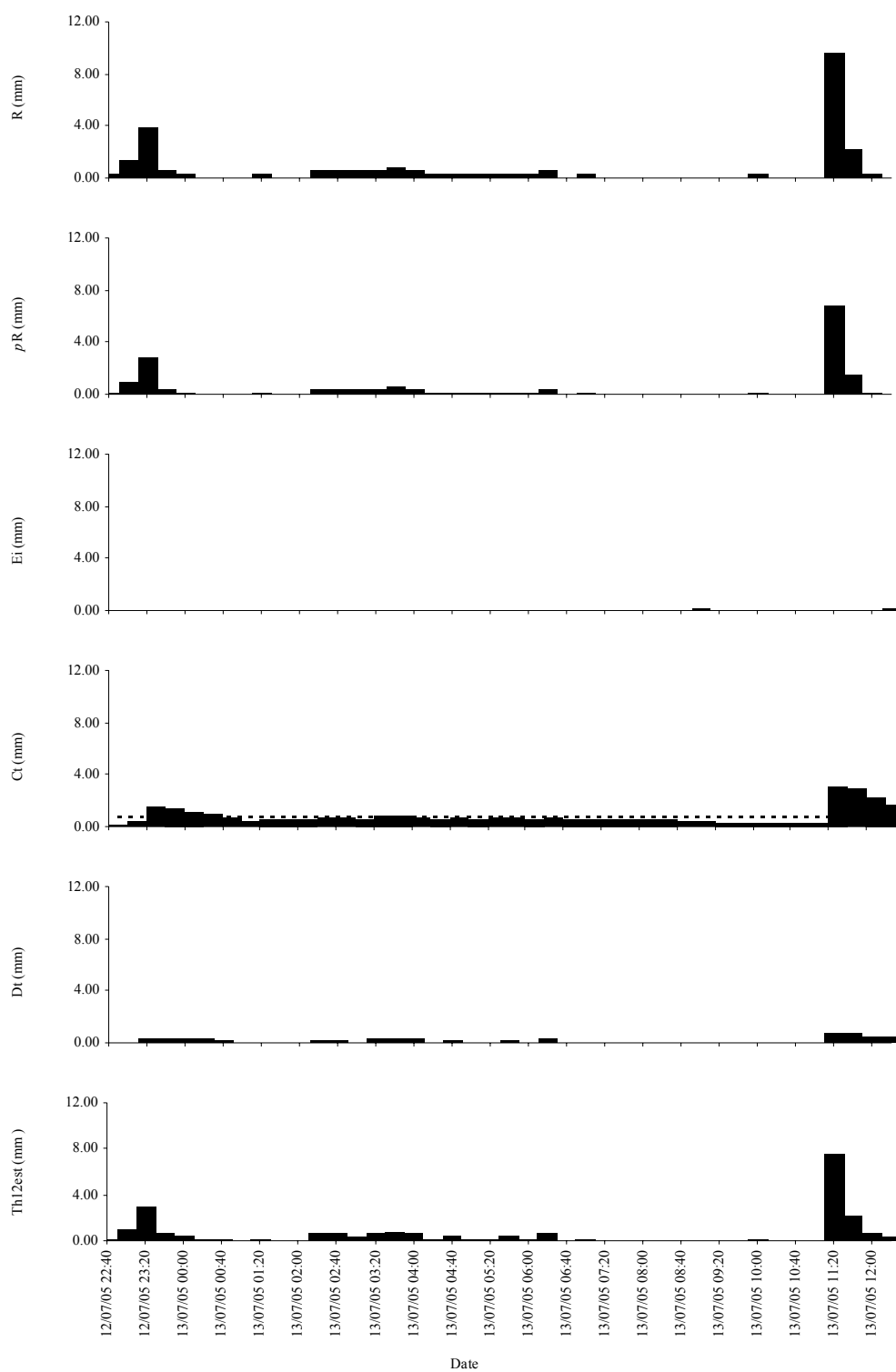
ภาพผนวกที่ 11 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th13 ระหว่างวันที่ 2-4 มิ.ย. 2548  
บริเวณสวนลีนจี ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



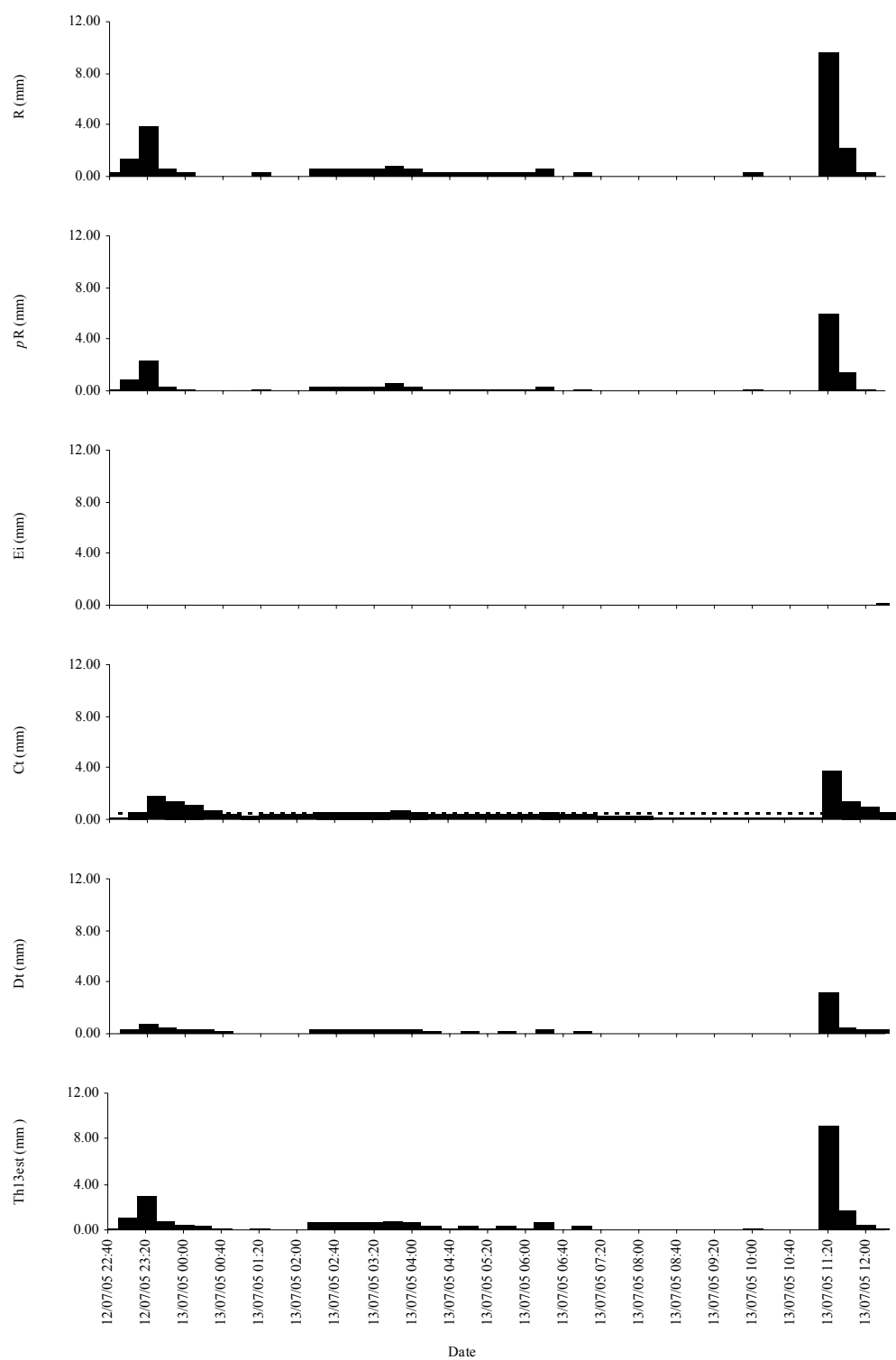
ภาพผนวกที่ 12 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย Avg ระหว่างวันที่ 2-4 มิ.ย. 2548  
บริเวณสวนลีนจี ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



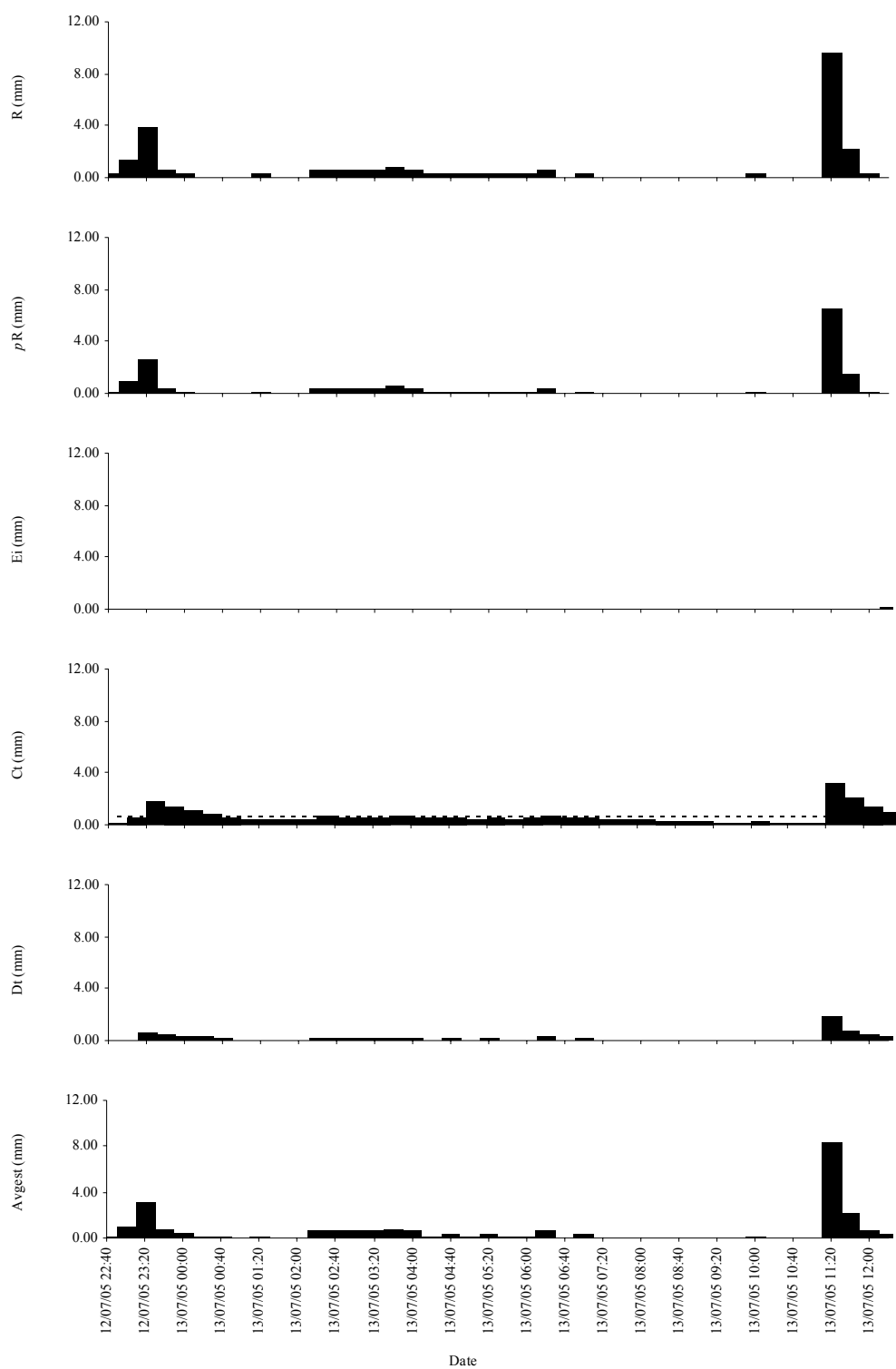
ภาพผนวกที่ 13 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th11 ระหว่างวันที่ 12-13 ก.ค. 2548  
บริเวณสวนลินจี กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



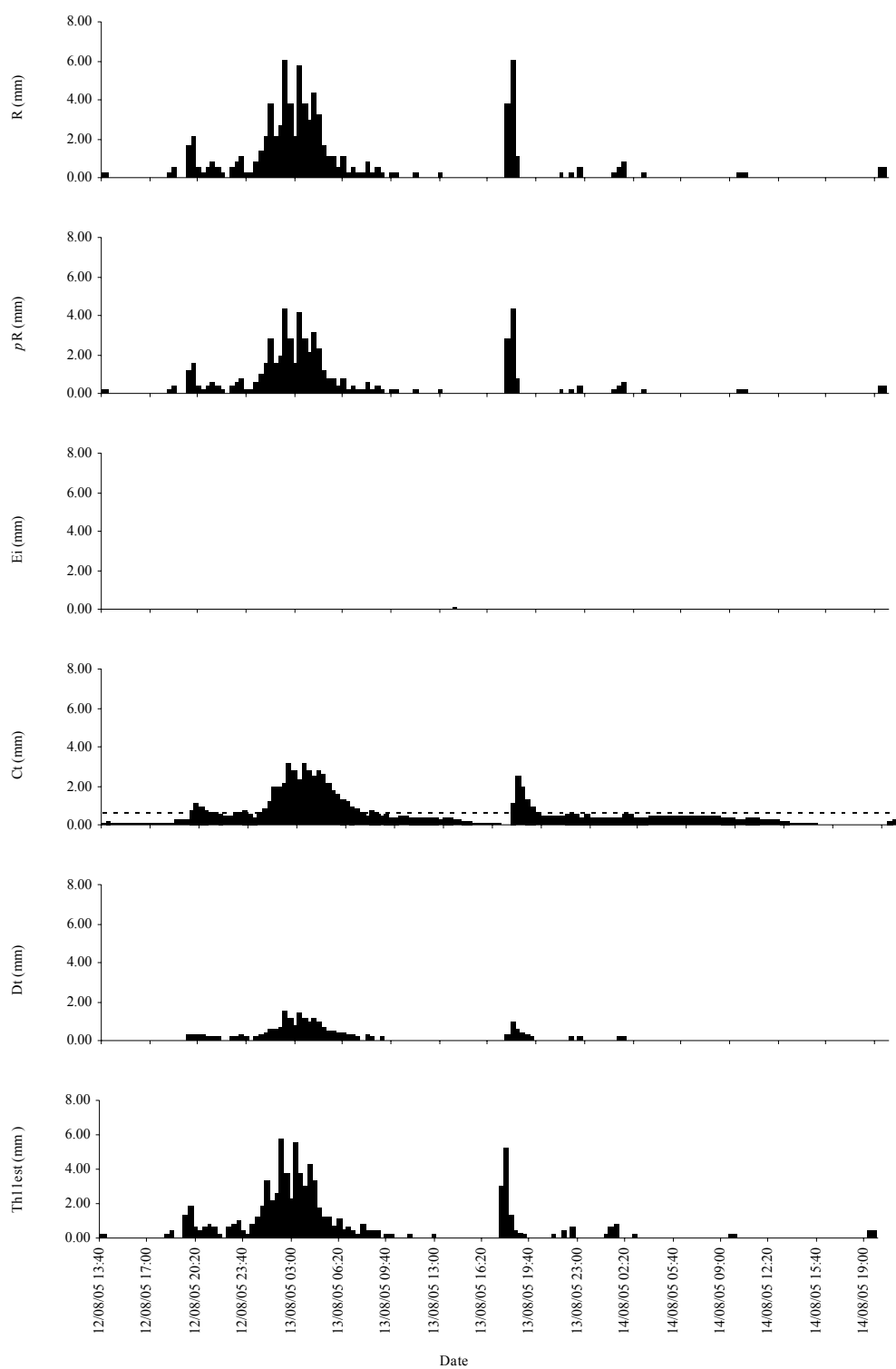
ภาพผนวกที่ 14 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th12 ระหว่างวันที่ 12-13 ก.ค. 2548  
บริเวณสวนลีนจี ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



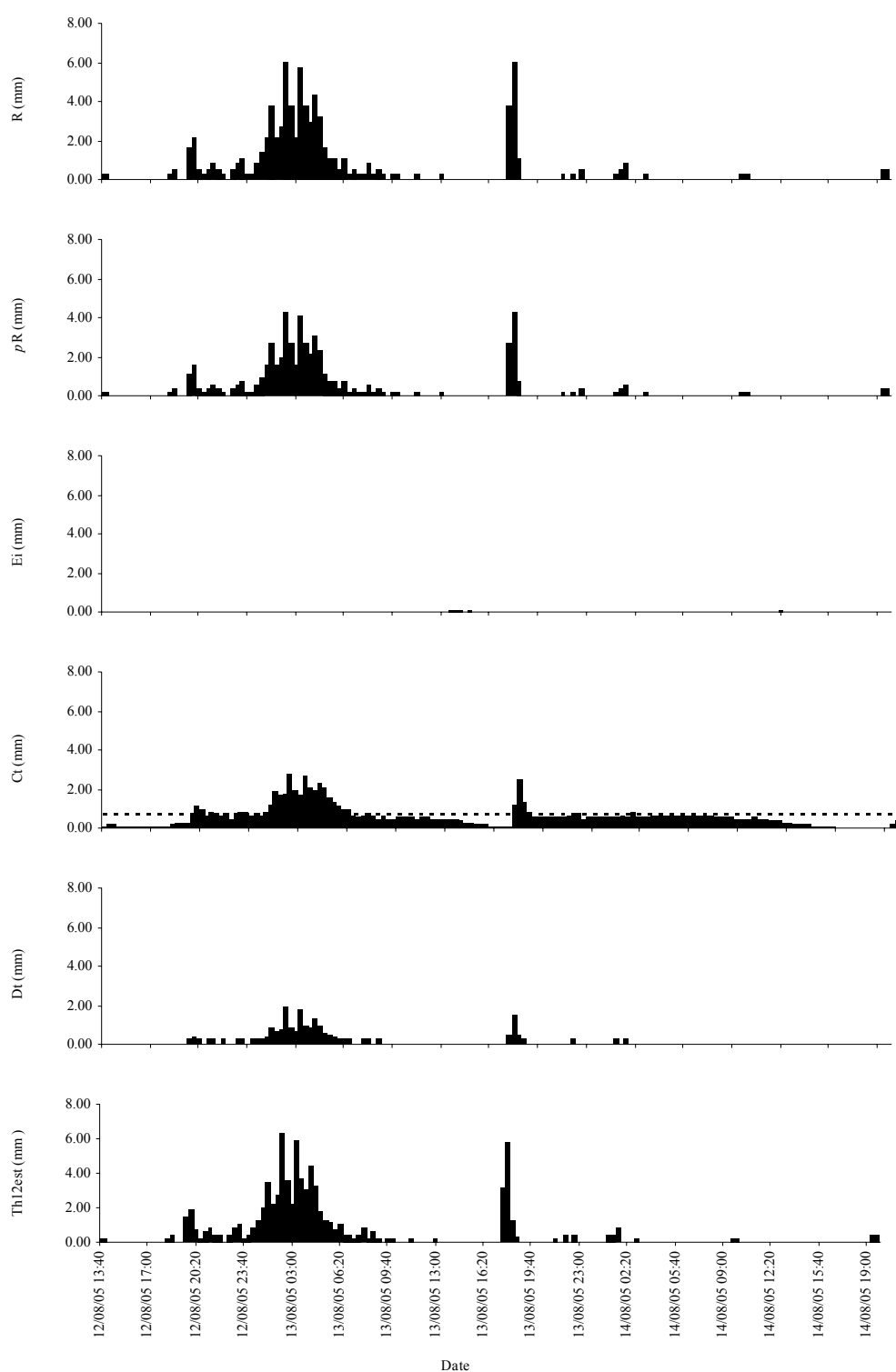
ภาพผนวกที่ 15 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th13 ระหว่างวันที่ 12-13 ก.ค. 2548  
บริเวณสวนลีนจี ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



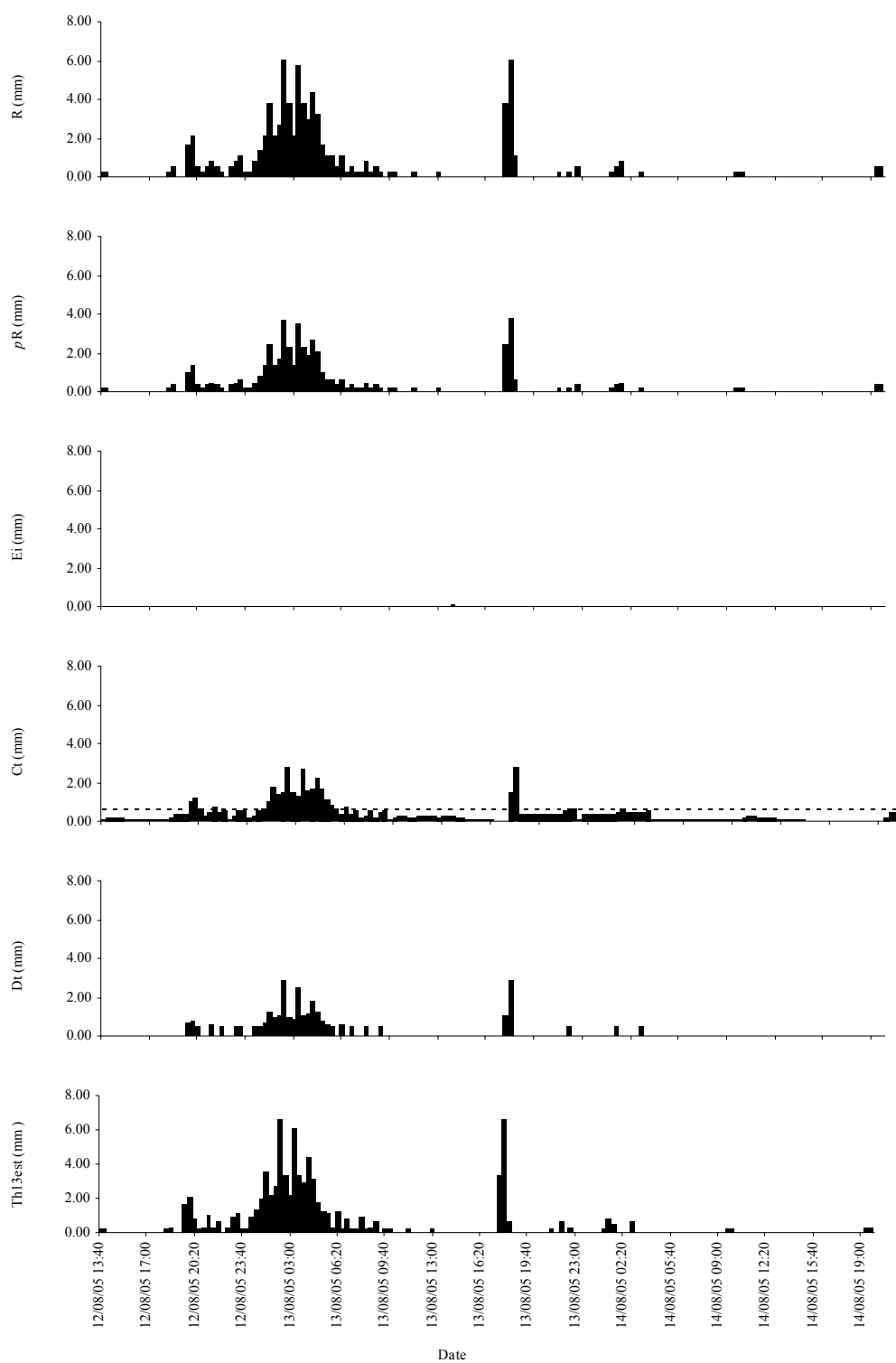
ภาพผนวกที่ 16 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย Avg ระหว่างวันที่ 12-13 ก.ค. 2548  
บริเวณสวนลั่นจี่ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



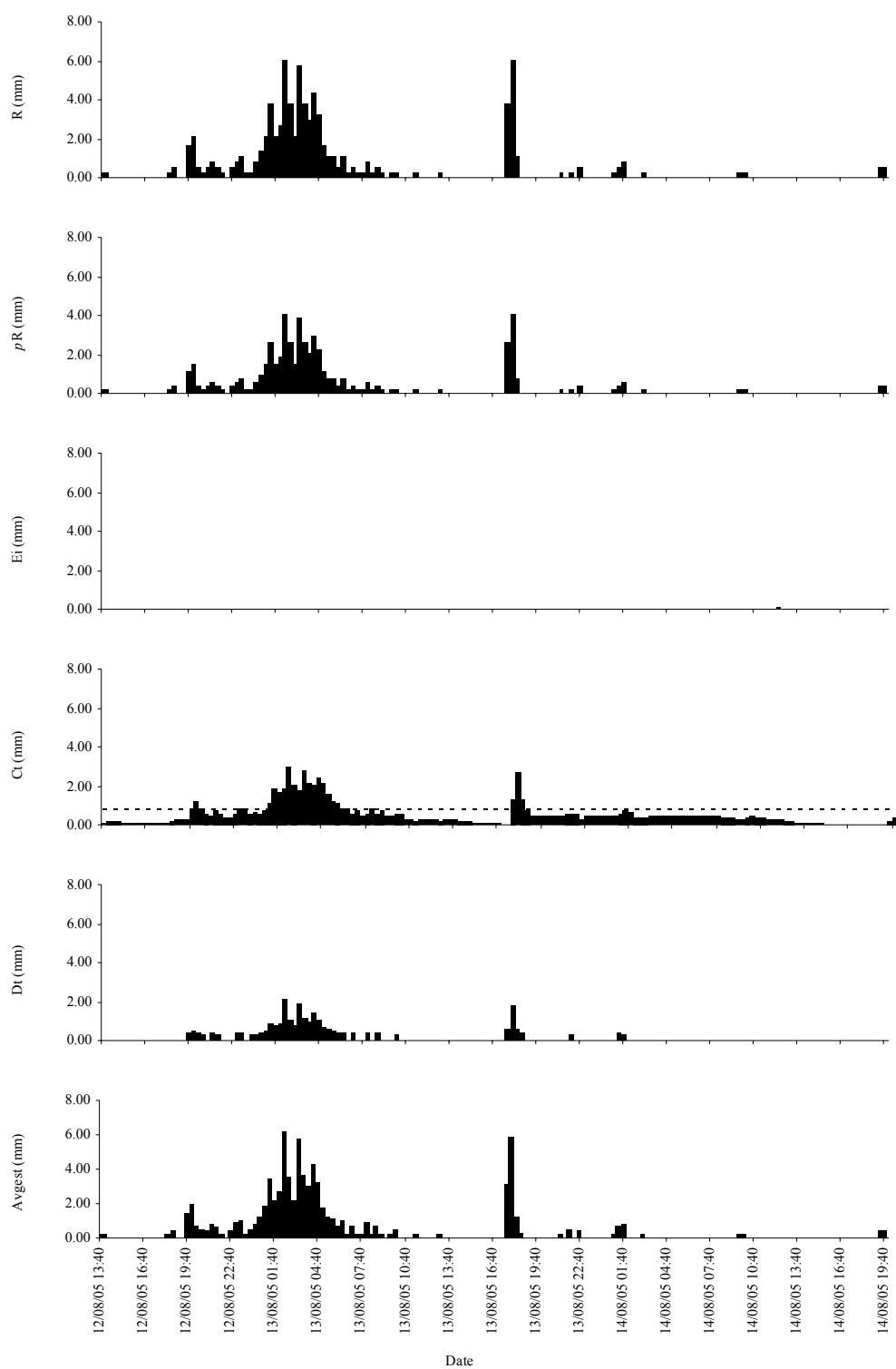
ภาพผนวกที่ 17 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th11 ระหว่างวันที่ 12-14 ส.ค. 2548  
บริเวณสวนลีนจี ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



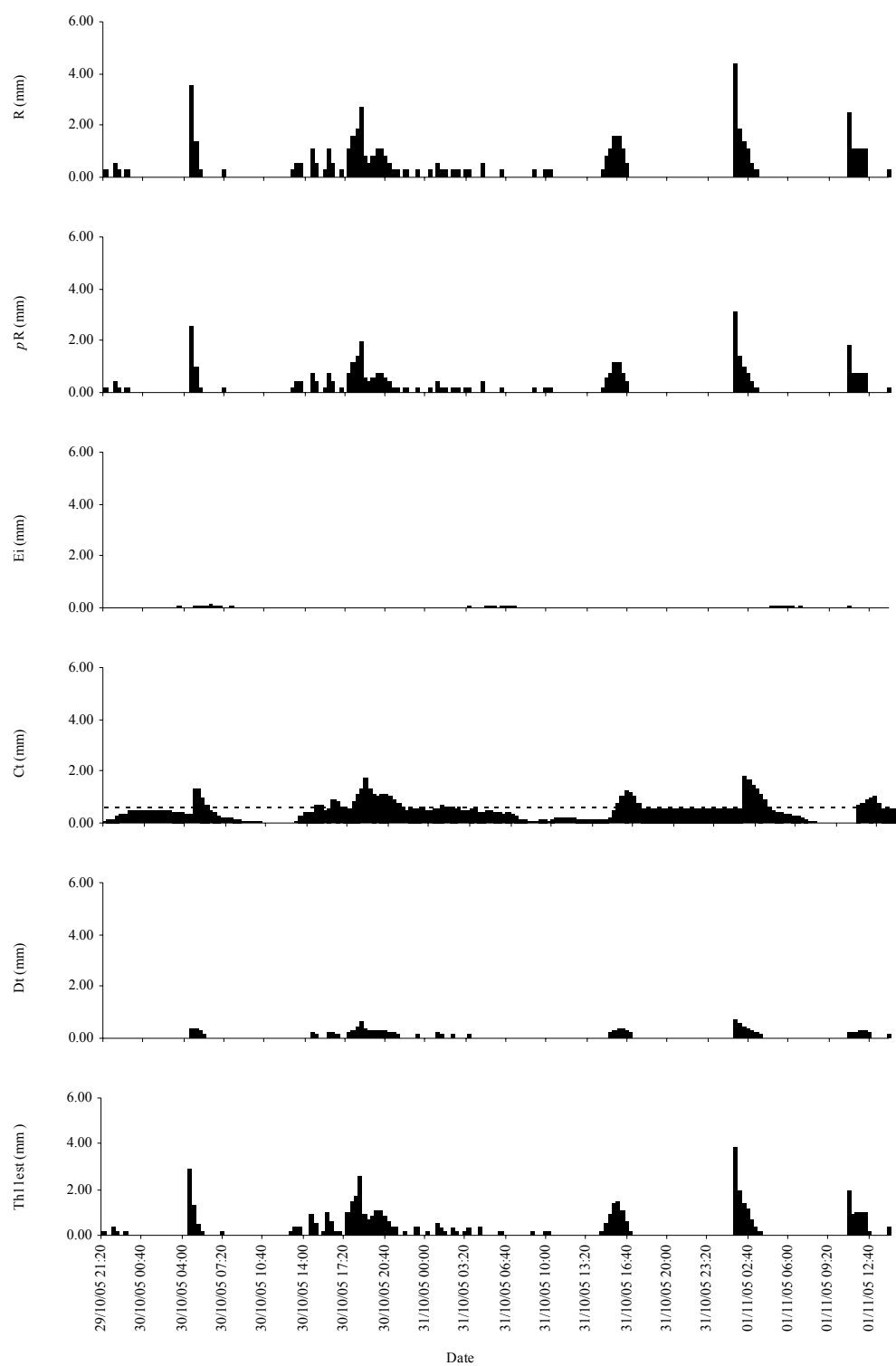
ภาพผนวกที่ 18 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th12 ระหว่างวันที่ 12-14 ส.ค. 2548  
บริเวณสวนลั่นจี่ กลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



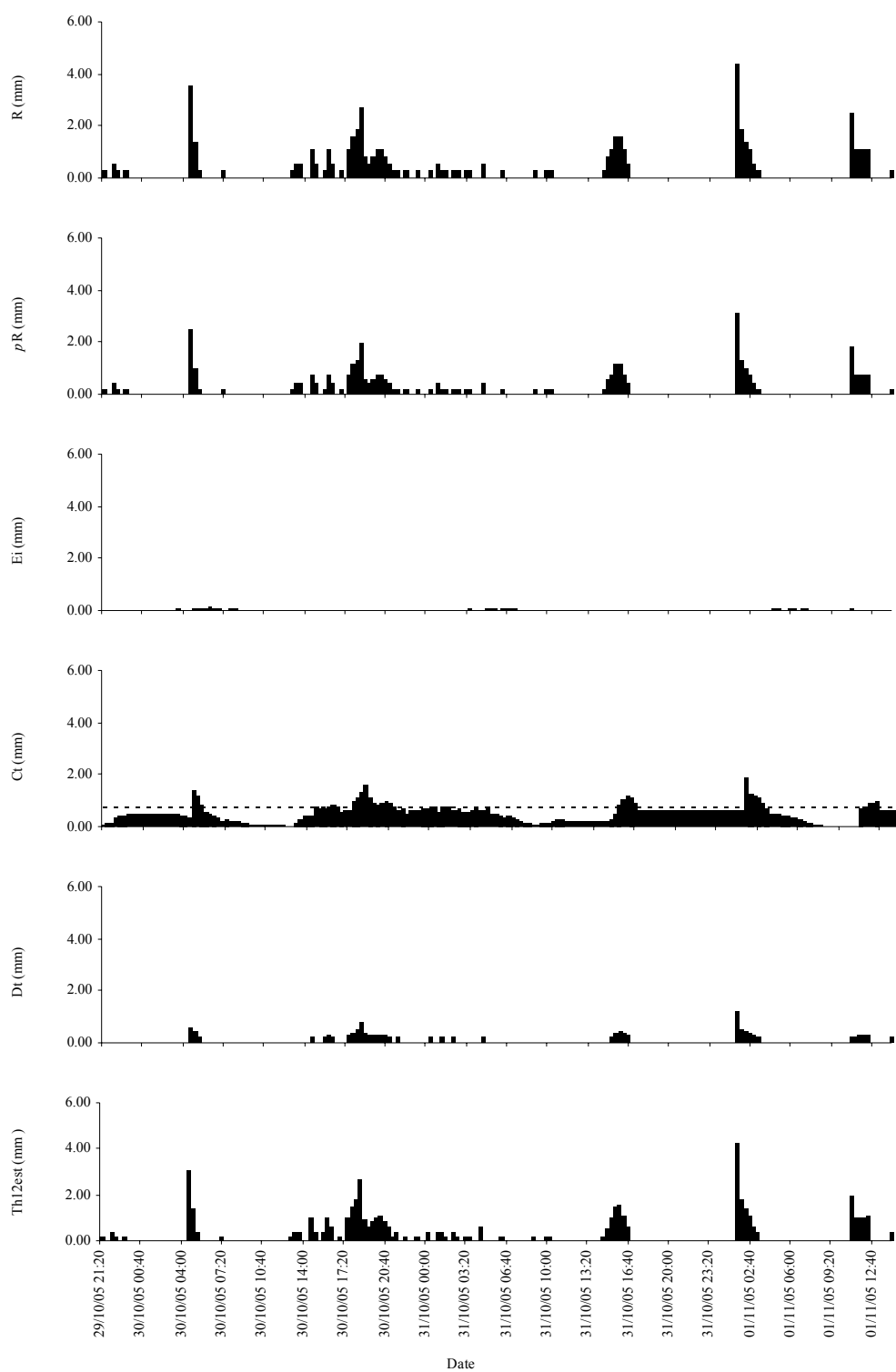
ภาพผนวกที่ 19 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th13 ระหว่างวันที่ 12-14 ส.ค. 2548  
บริเวณสวนลีนจี ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



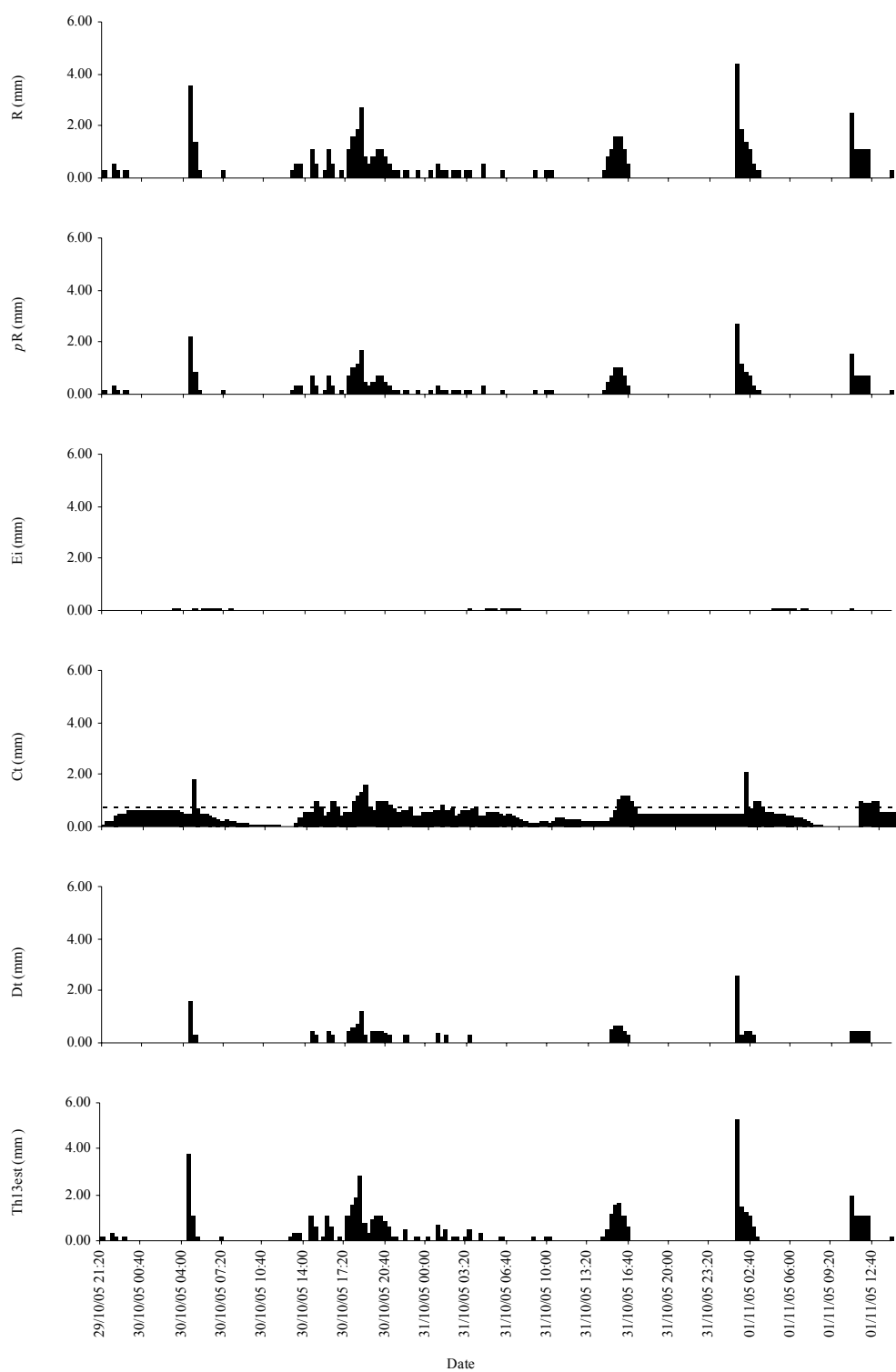
ภาพผนวกที่ 20 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย Avg ระหว่างวันที่ 12-14 ส.ค. 2548  
บริเวณสวนลีนจี ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



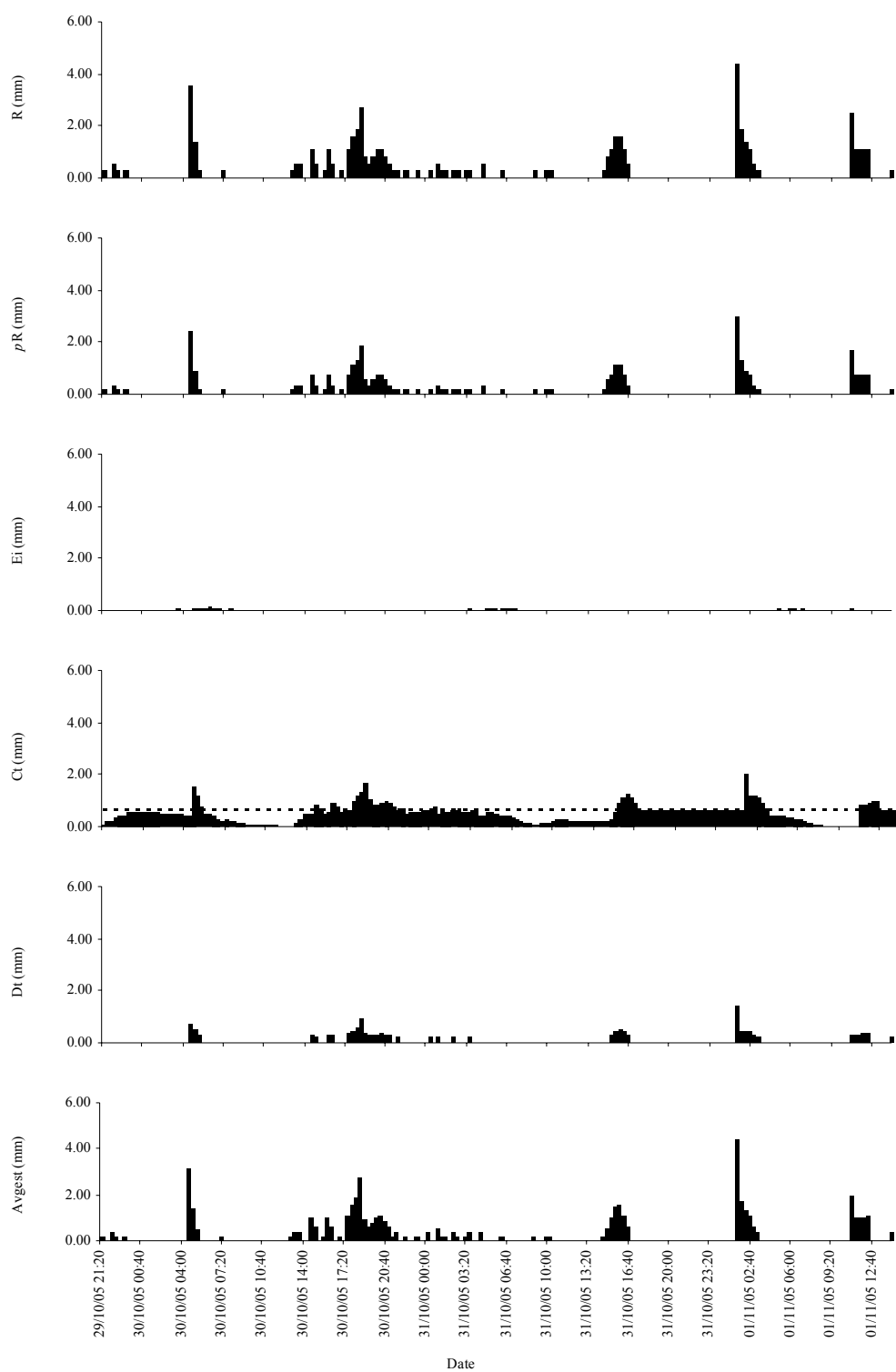
ภาพผนวกที่ 21 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th11 ระหว่างวันที่ 10-12 ก.ย. 2548  
บริเวณสวนลีนจี ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



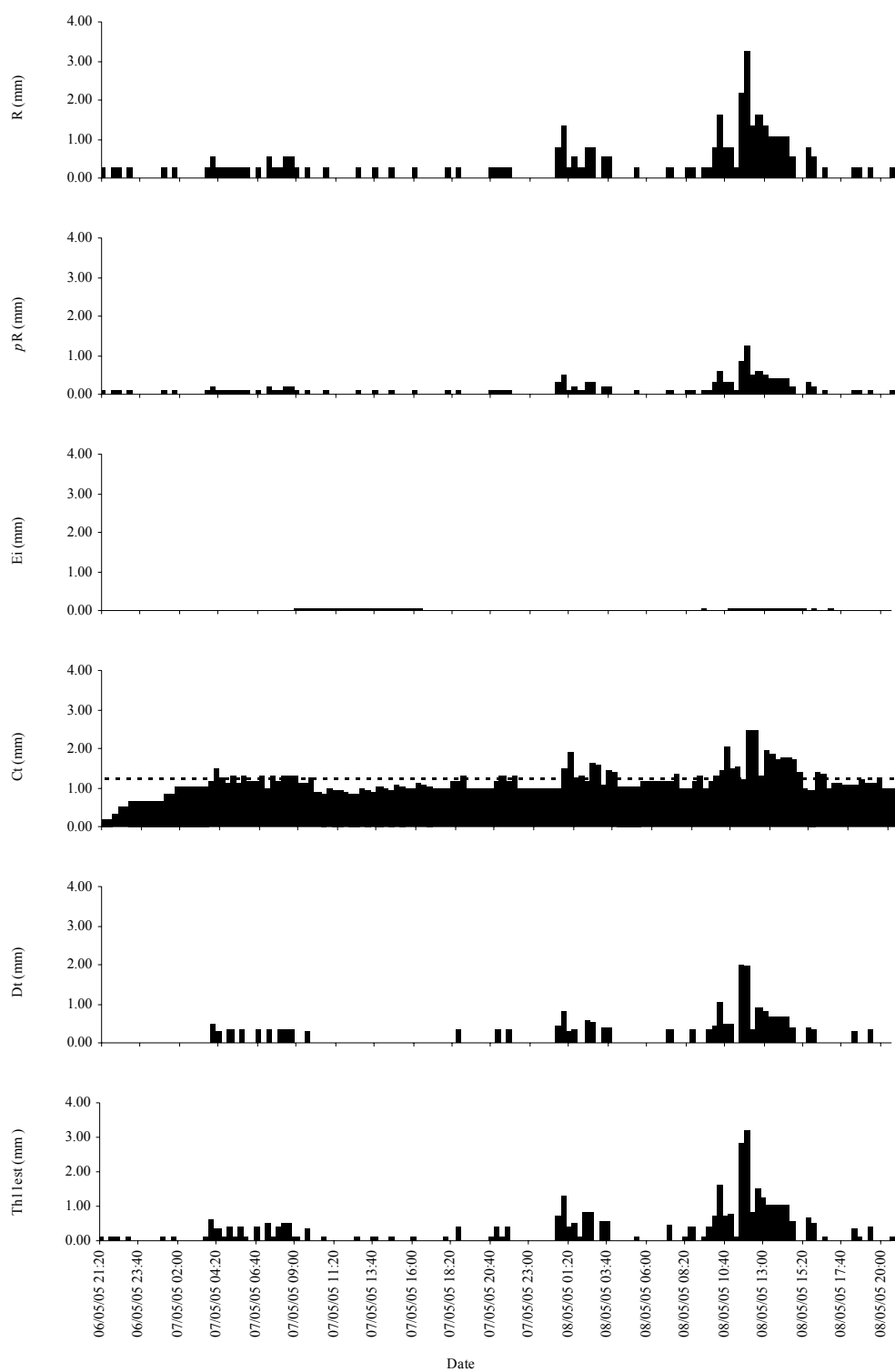
ภาพผนวกที่ 22 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th12 ระหว่างวันที่ 10-12 ก.ย. 2548  
บริเวณสวนลีนจี ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



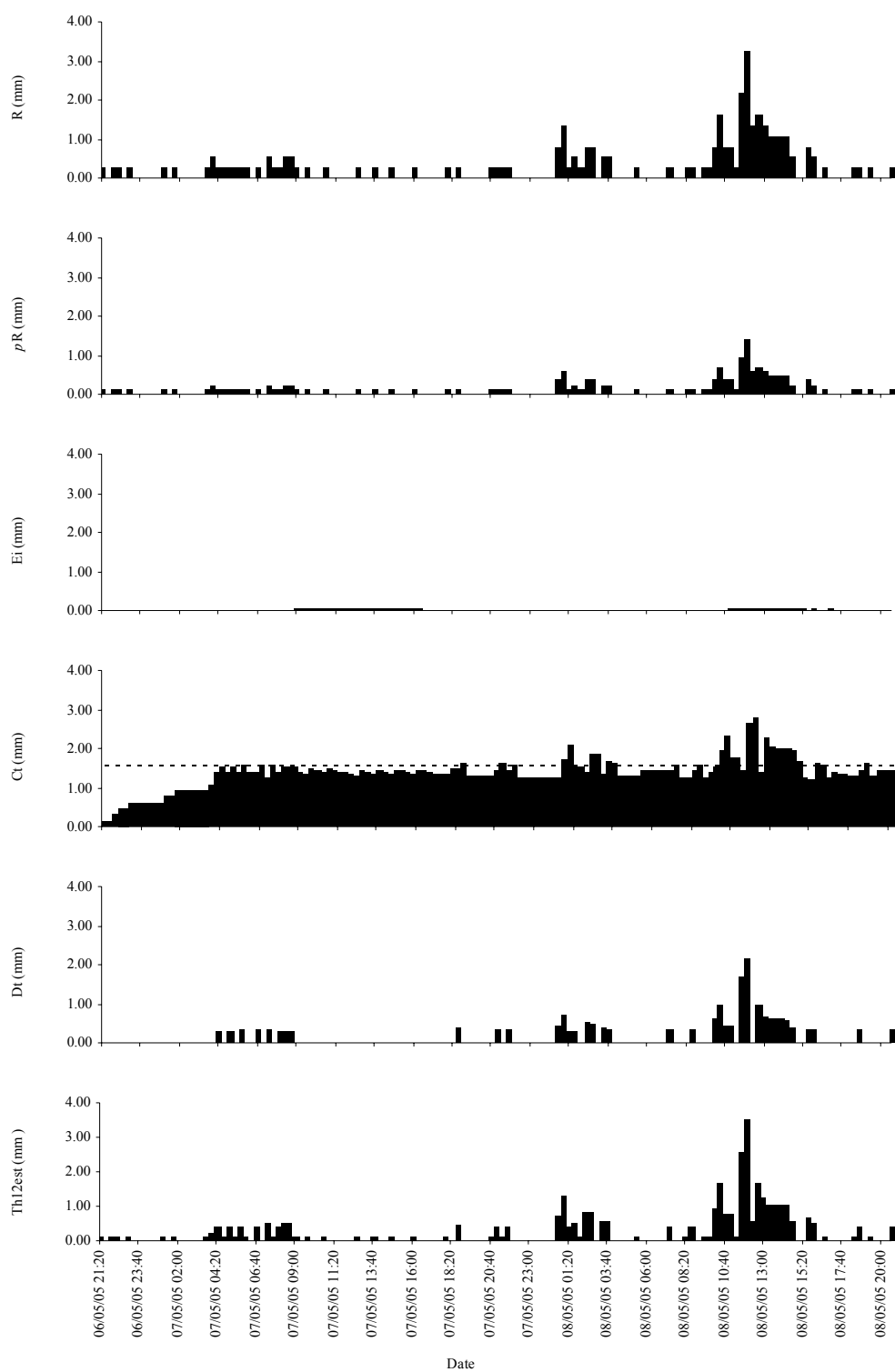
ภาพผนวกที่ 23 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th13 ระหว่างวันที่ 10-12 ก.ย. 2548  
บริเวณสวนลีนจี ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



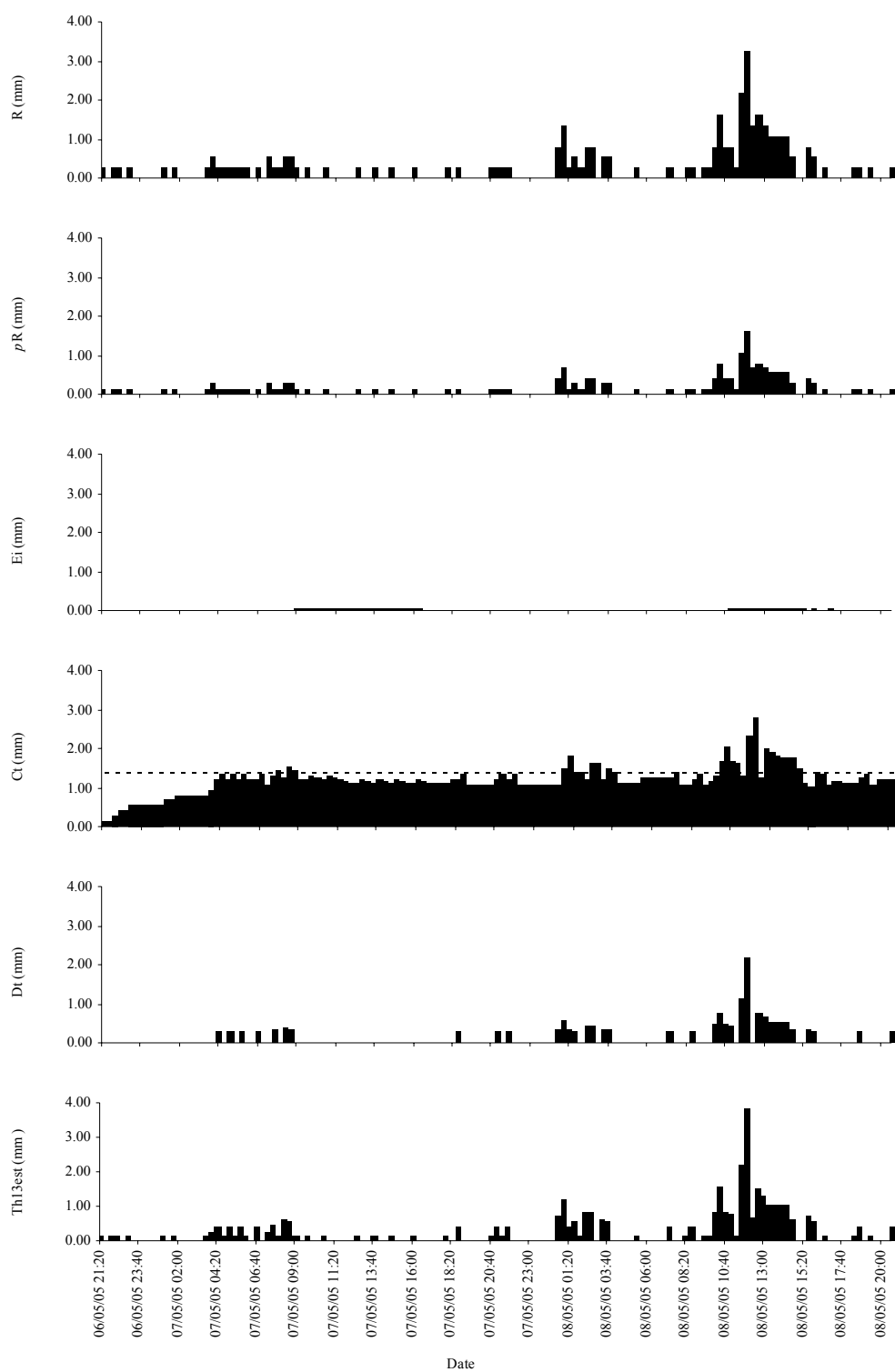
ภาพผนวกที่ 24 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย Avg ระหว่างวันที่ 10-12 ก.ย. 2548  
บริเวณสวนลีนจี ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



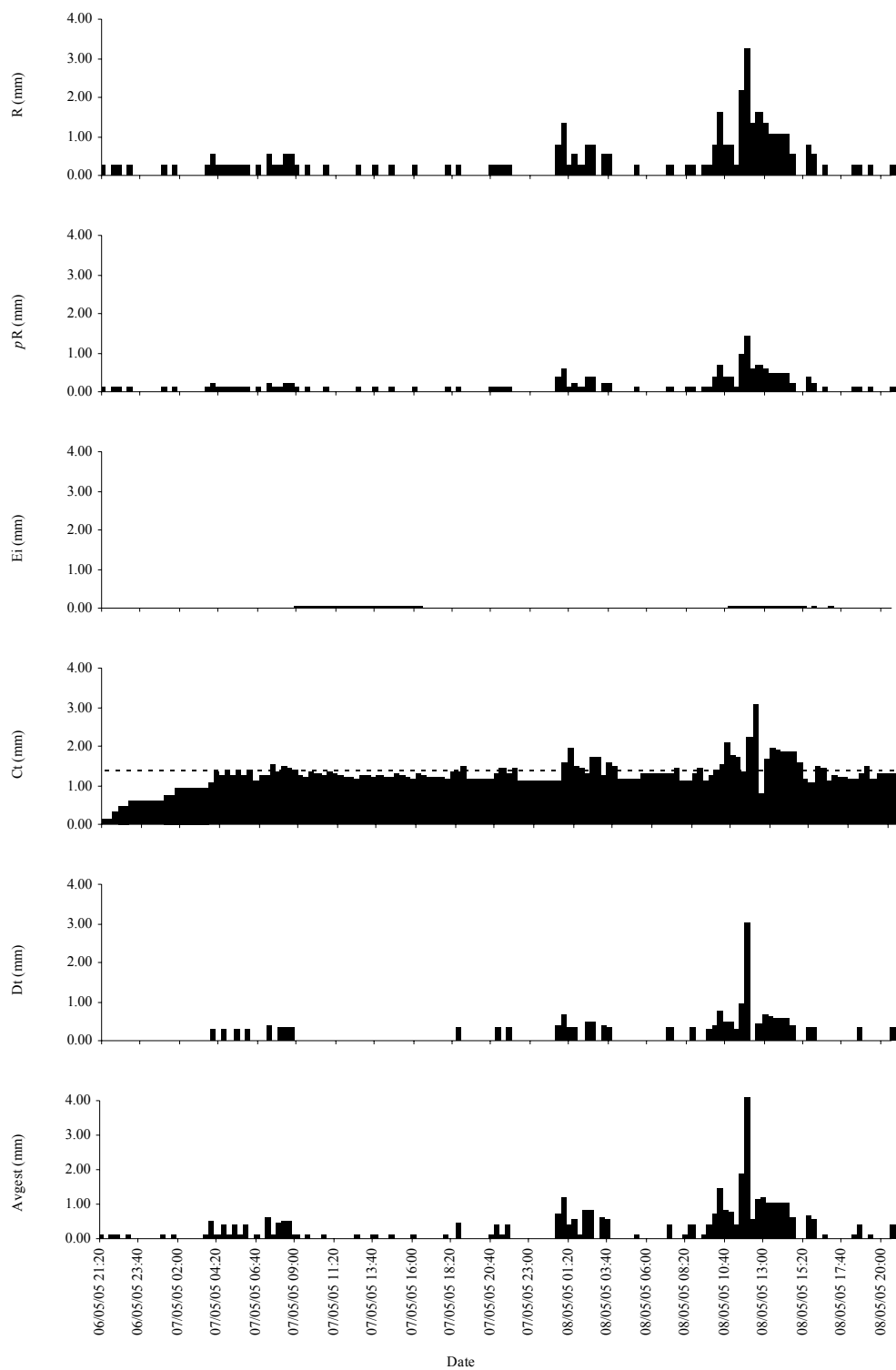
ภาพผนวกที่ 25 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th11 ระหว่างวันที่ 6-8 พ.ค. 2548  
บริเวณป่ารุ่นสอง ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



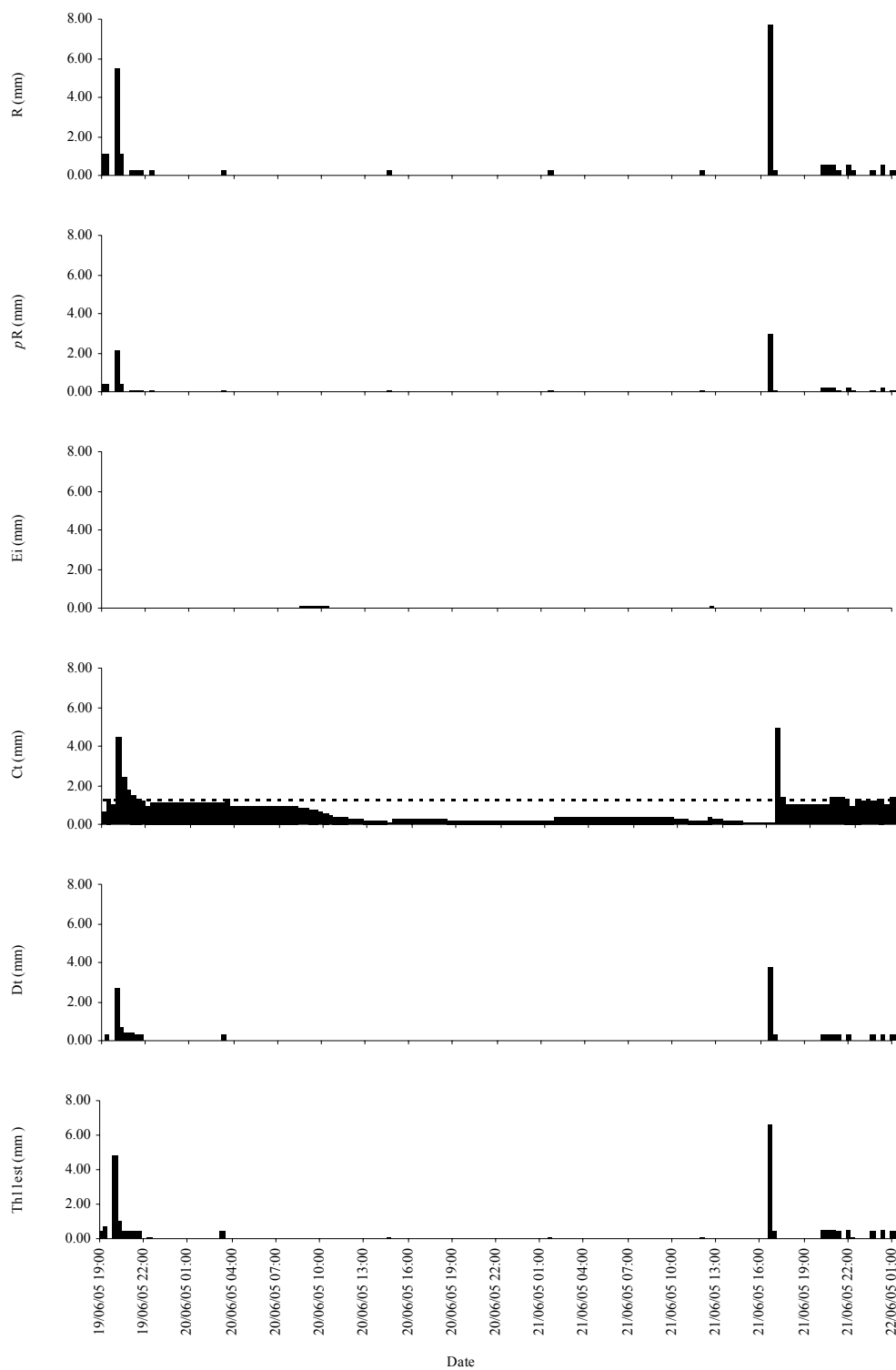
ภาพผนวกที่ 26 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th12 ระหว่างวันที่ 6-8 พ.ค. 2548  
บริเวณป่ารุ่นสอง ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



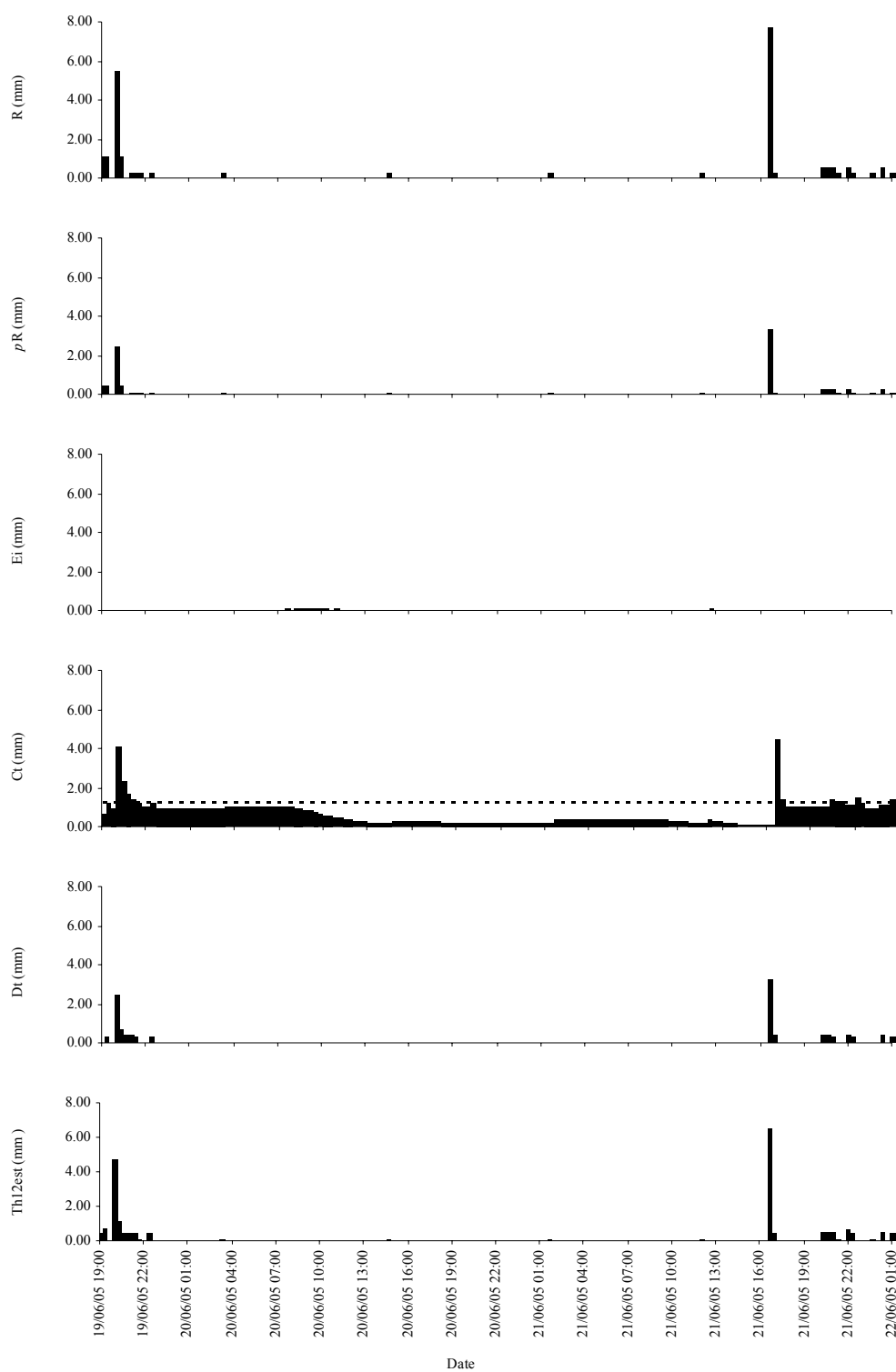
ภาพผนวกที่ 27 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th13 ระหว่างวันที่ 6-8 พ.ค. 2548  
บริเวณป่ารุ่นสอง ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



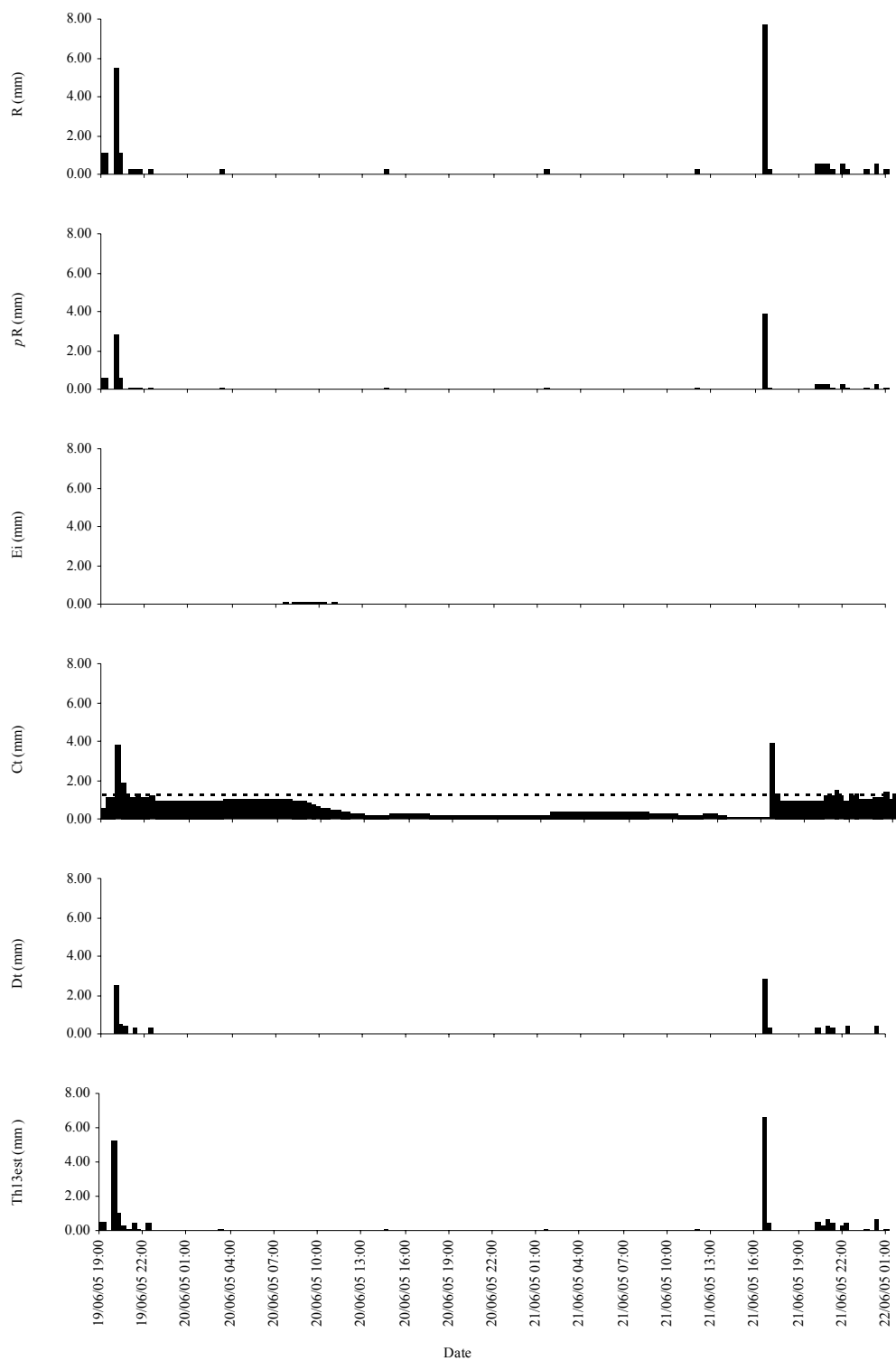
ภาพผนวกที่ 28 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย Avg ระหว่างวันที่ 6-8 พ.ศ. 2548  
บริเวณป่ารุ่นสอง ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



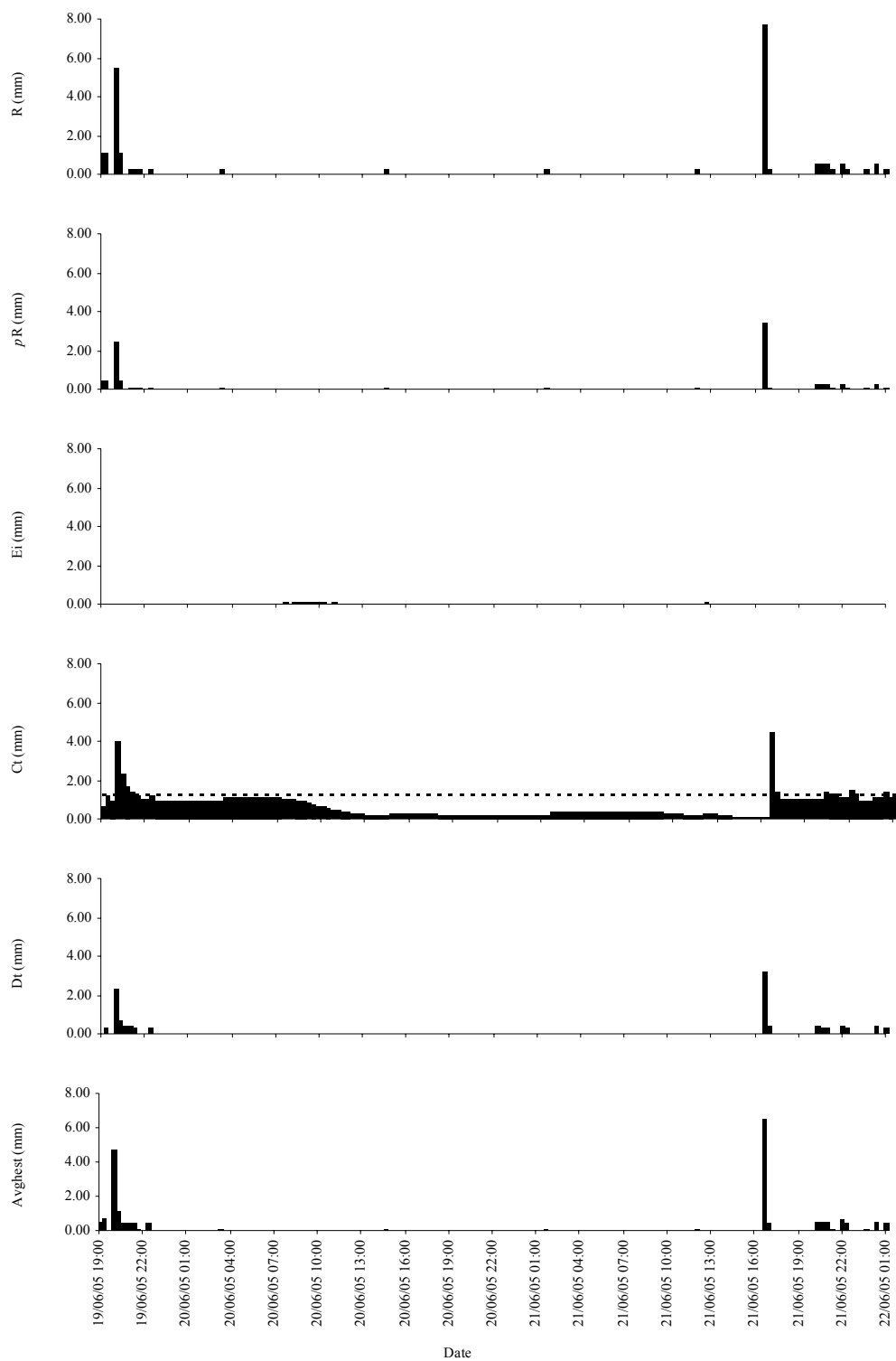
ภาพผนวกที่ 29 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th11 ระหว่างวันที่ 19-22 มิ.ย. 2548  
บริเวณป่ารุ่นสอง ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



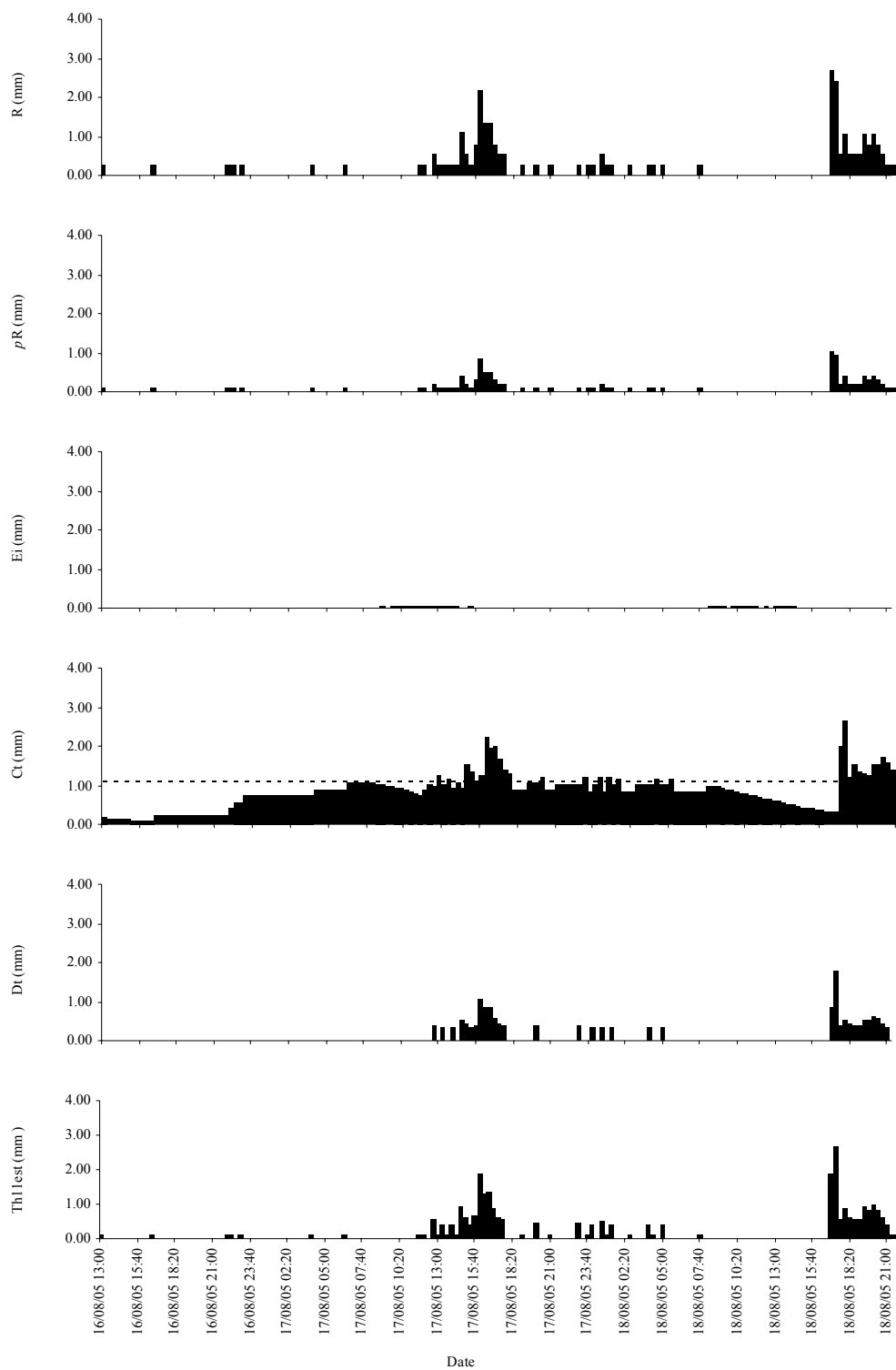
ภาพผนวกที่ 30 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th12 ระหว่างวันที่ 19-22 มิ.ย. 2548  
บริเวณป่ารุ่นสอง ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



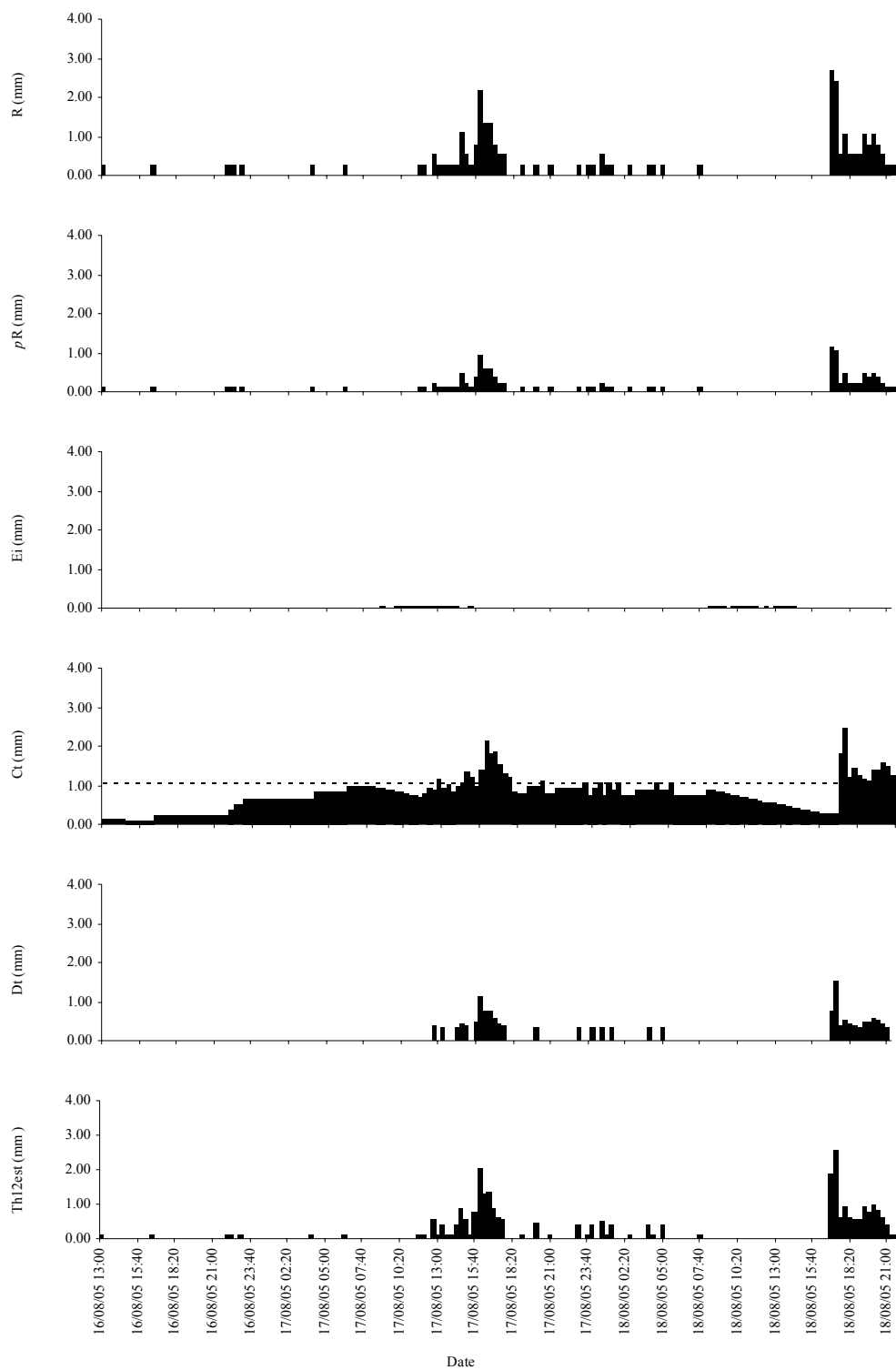
ภาพผนวกที่ 31 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th13 ระหว่างวันที่ 19-22 มิ.ย. 2548  
บริเวณป่ารุ่นสอง ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



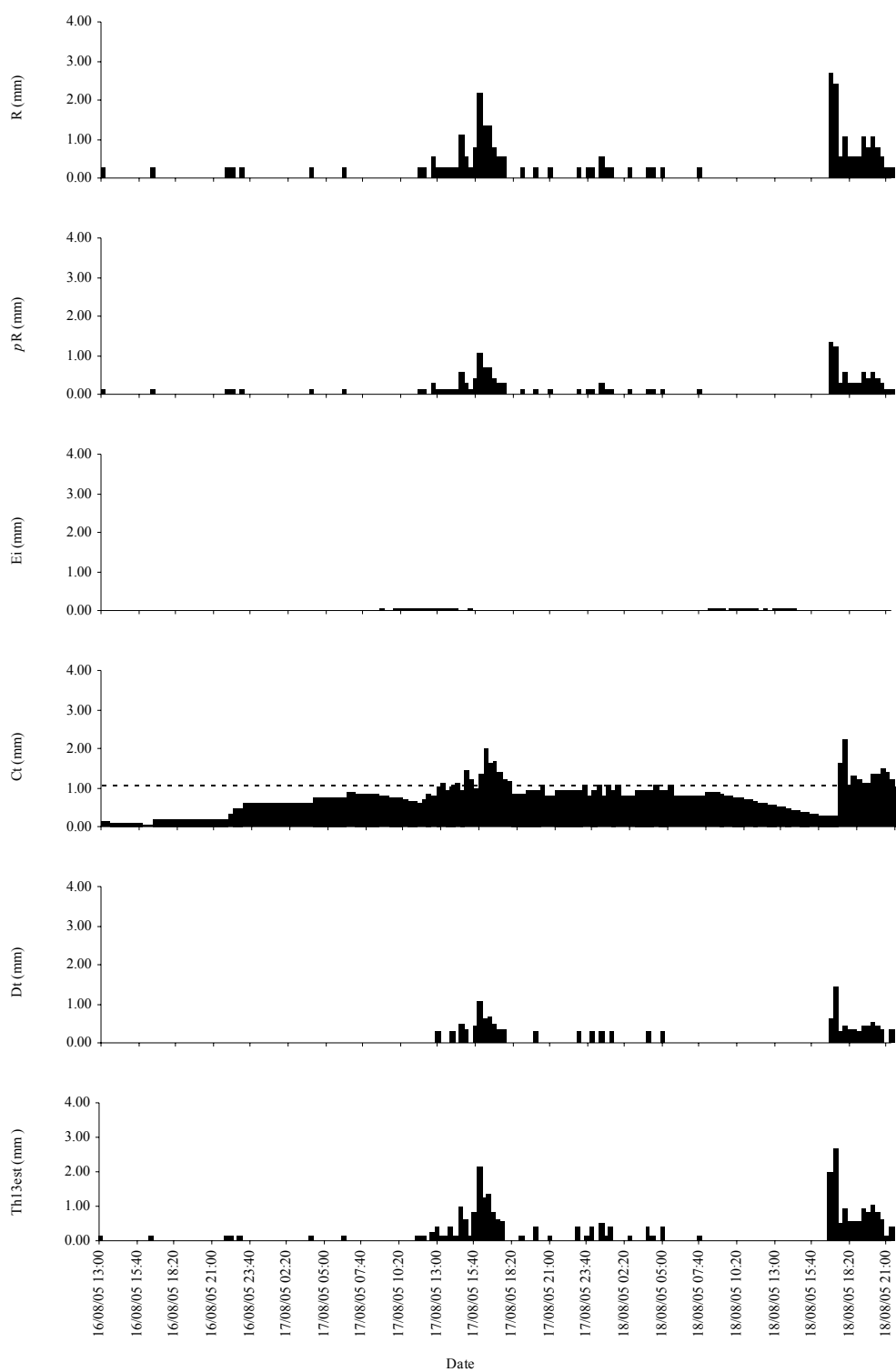
ภาพผนวกที่ 32 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย Avg ระหว่างวันที่ 19-22 มิ.ย. 2548  
บริเวณป่ารุ่นสอง ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



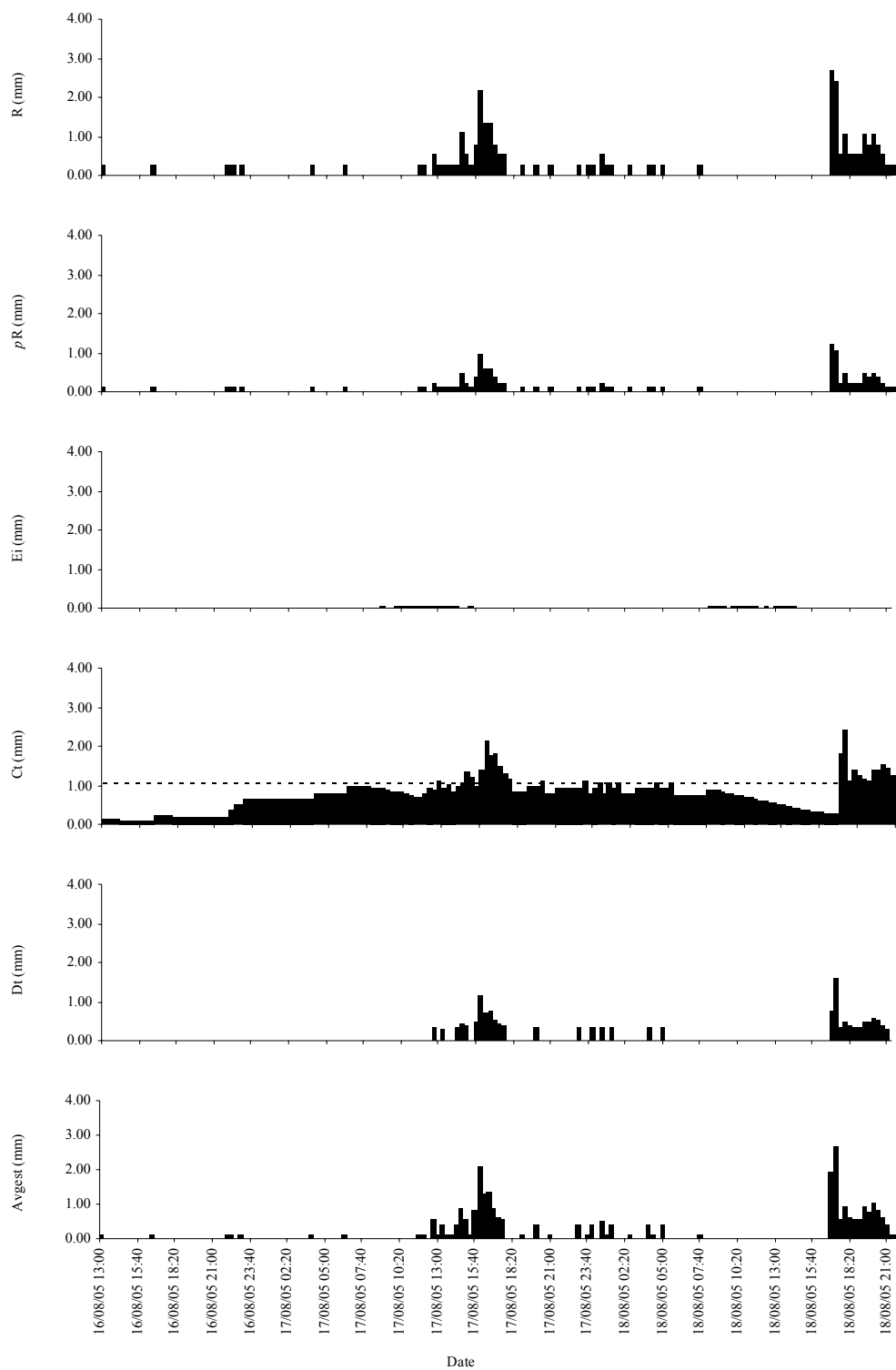
ภาพผนวกที่ 33 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th11 ระหว่างวันที่ 16-18 ส.ค. 2548  
บริเวณป่ารุ่นสอง ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



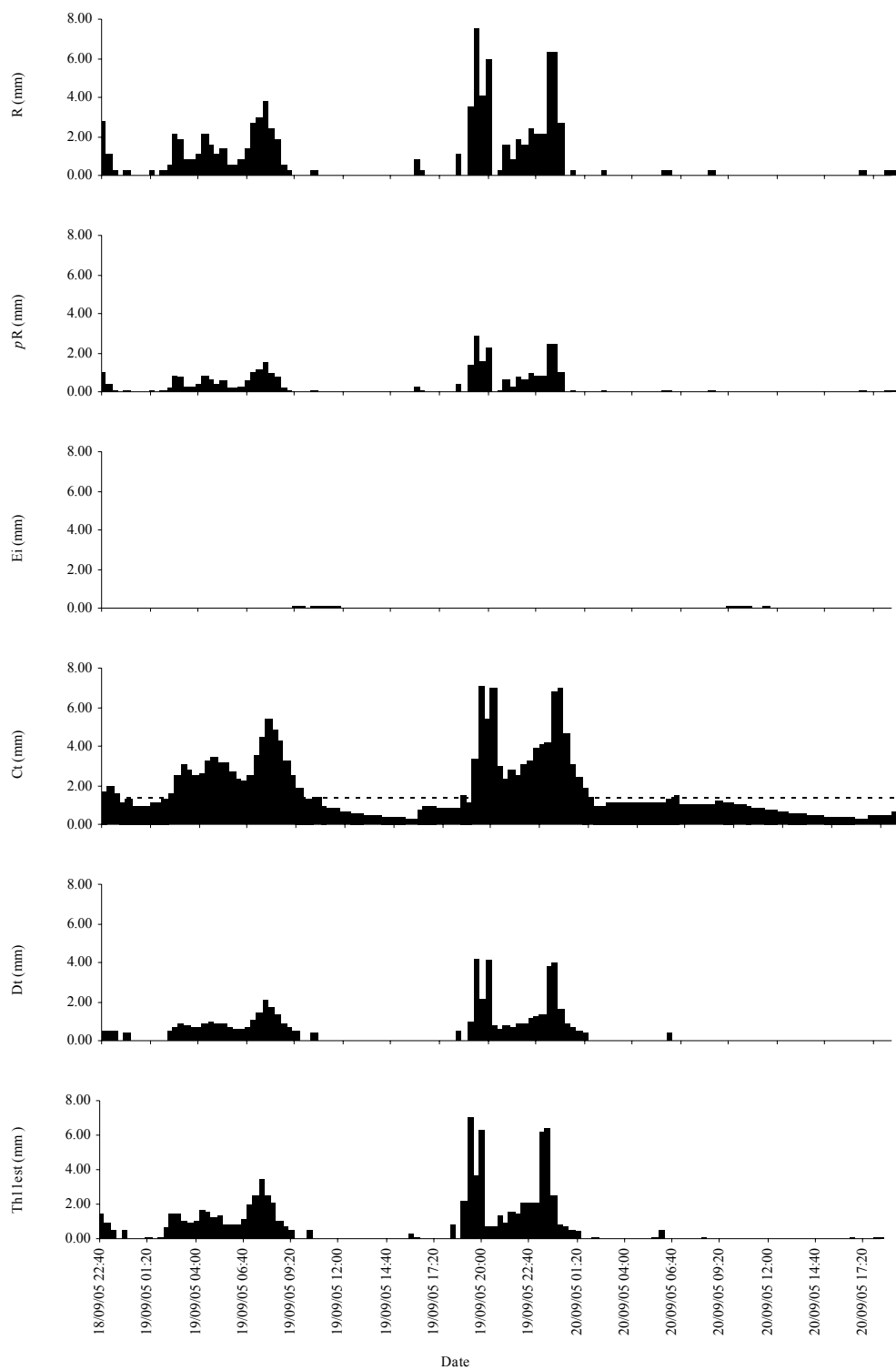
ภาพผนวกที่ 34 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th12 ระหว่างวันที่ 16-18 ส.ค. 2548  
บริเวณป่ารุ่นสอง ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



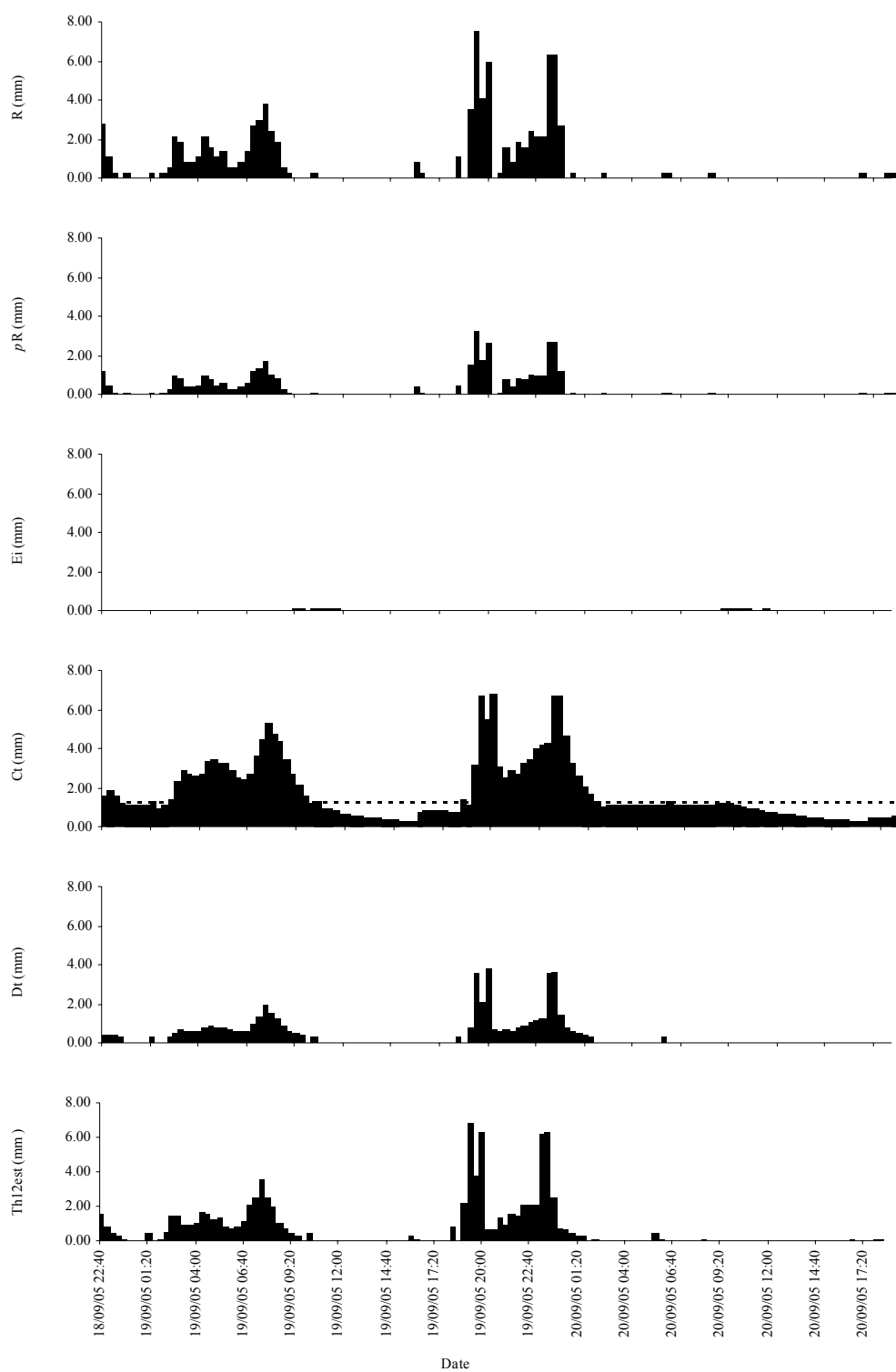
ภาพผนวกที่ 35 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th13 ระหว่างวันที่ 16-18 ส.ค. 2548  
บริเวณป่ารุ่นสอง ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



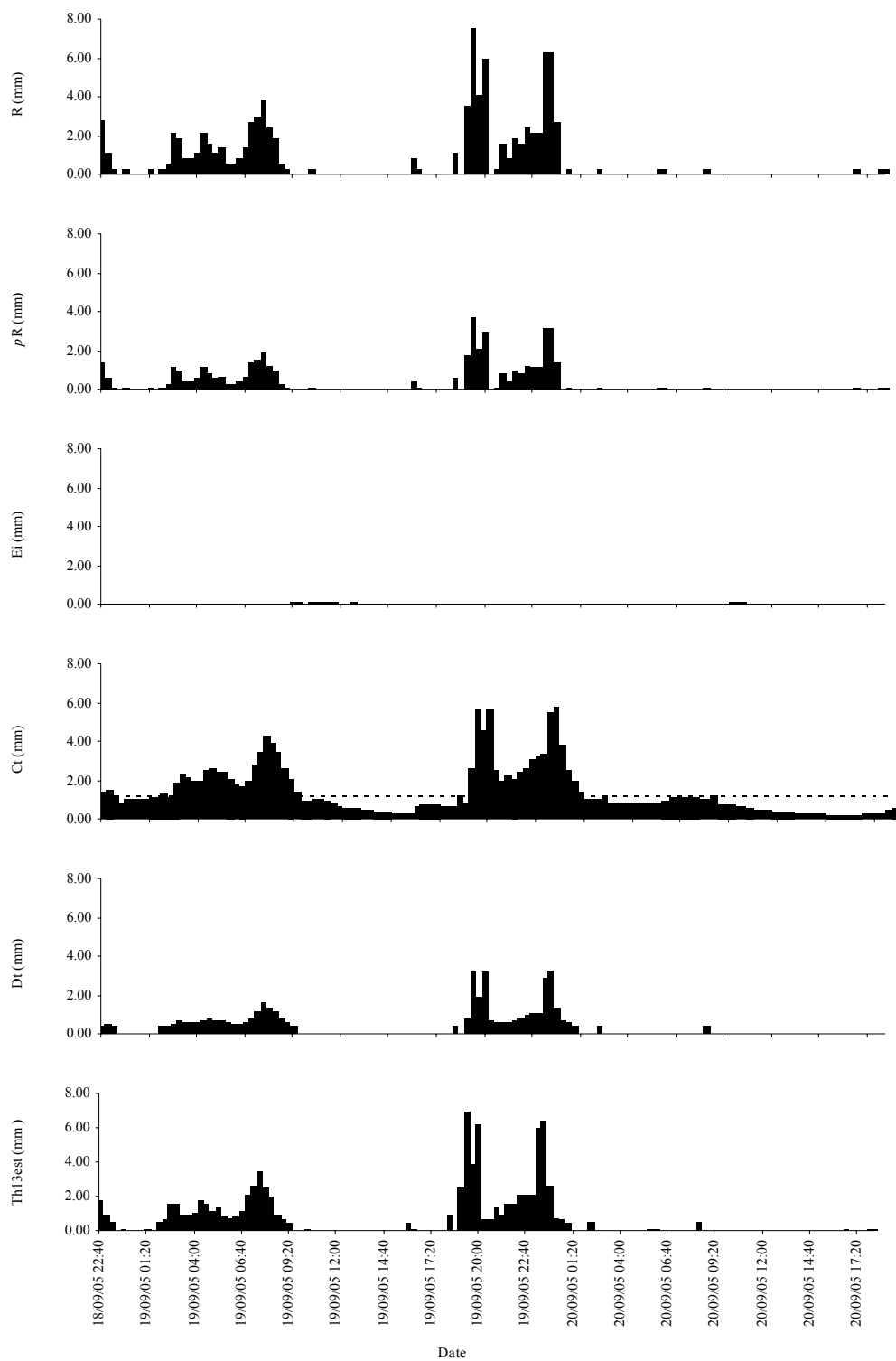
ภาพผนวกที่ 36 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย Avg ระหว่างวันที่ 16-18 ส.ค. 2548  
บริเวณป่ารุ่นสอง ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



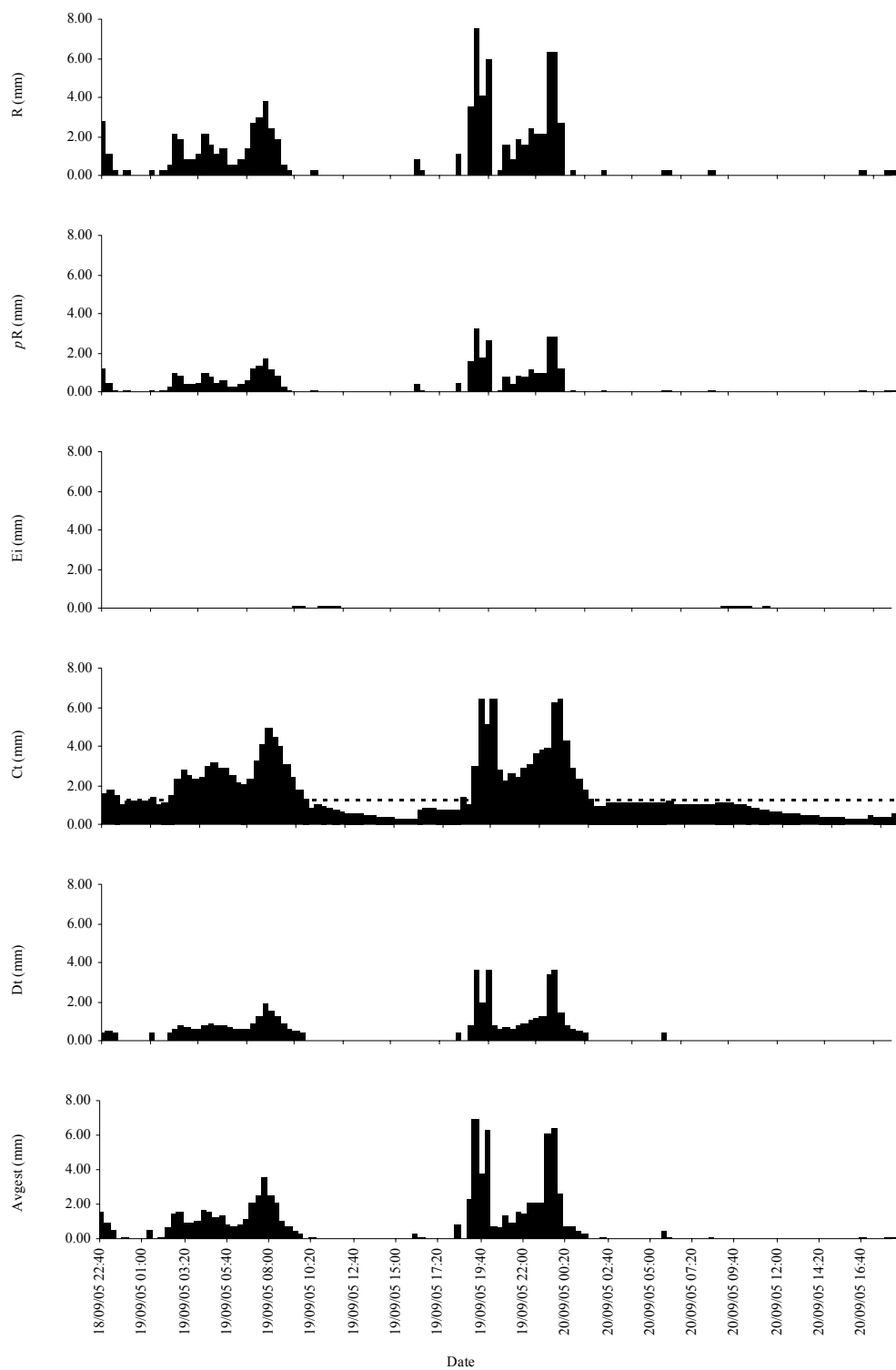
ภาพผนวกที่ 37 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th11 ระหว่างวันที่ 18-20 ก.ย. 2548  
บริเวณป่ารุ่นสอง ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



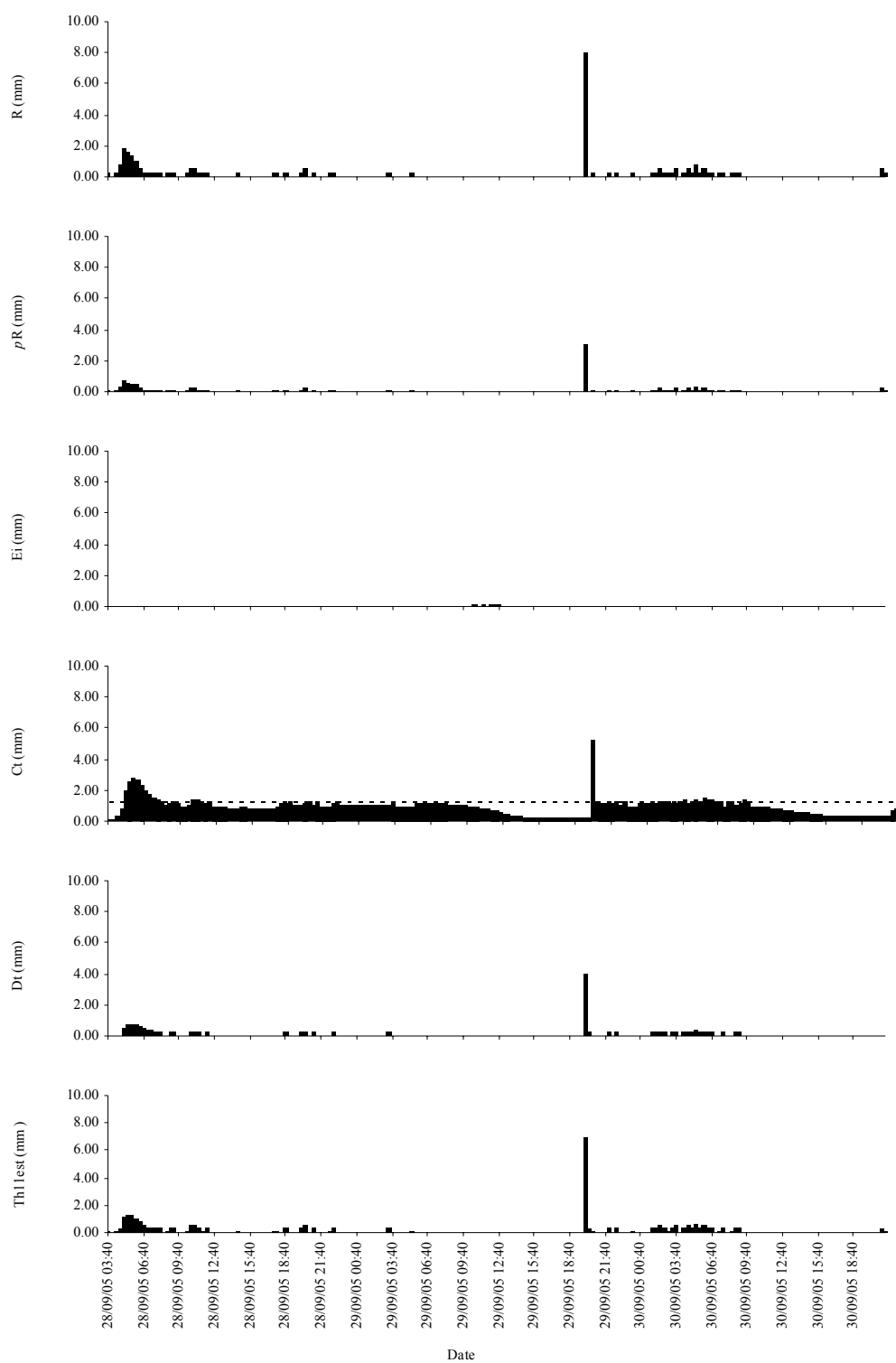
ภาพผนวกที่ 38 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th12 ระหว่างวันที่ 18-20 ก.ย. 2548  
บริเวณป่ารุ่นสอง ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



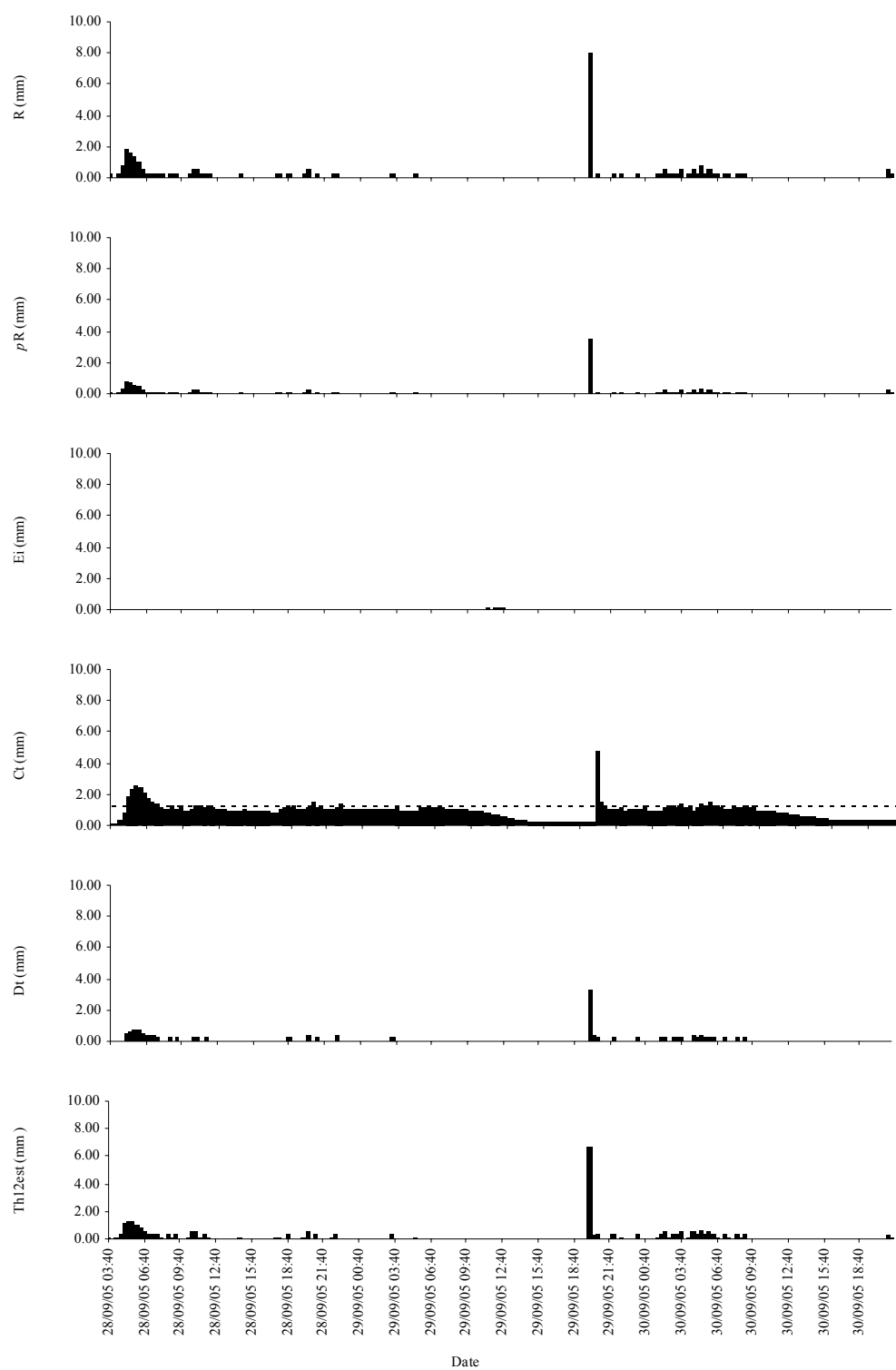
ภาพผนวกที่ 39 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th13 ระหว่างวันที่ 18-20 ก.ย. 2548  
บริเวณป่ารุ่นสอง ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



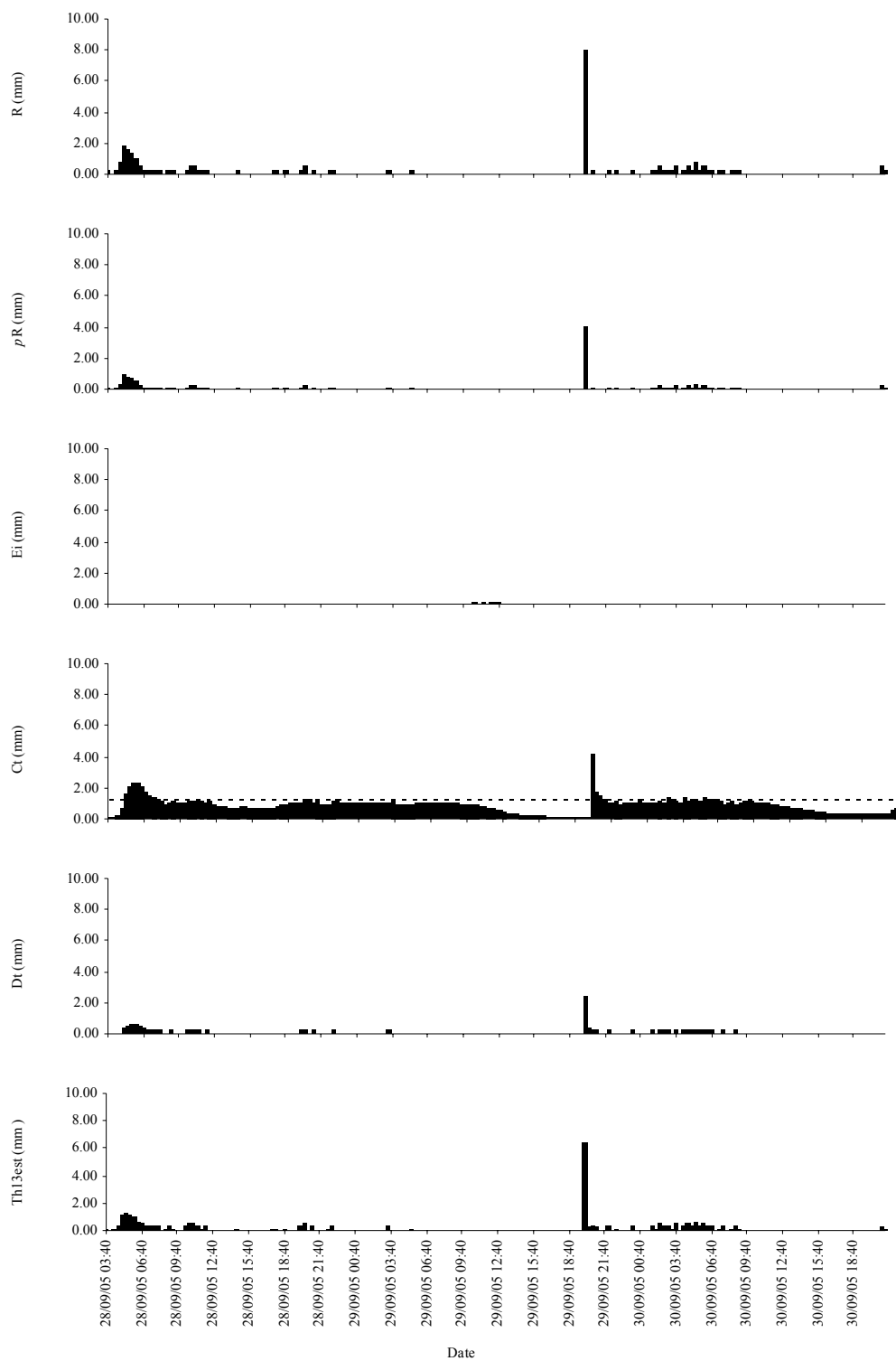
ภาพผนวกที่ 40 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย Avg ระหว่างวันที่ 18-20 ก.ย. 2548  
บริเวณป่ารุ่นสอง ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



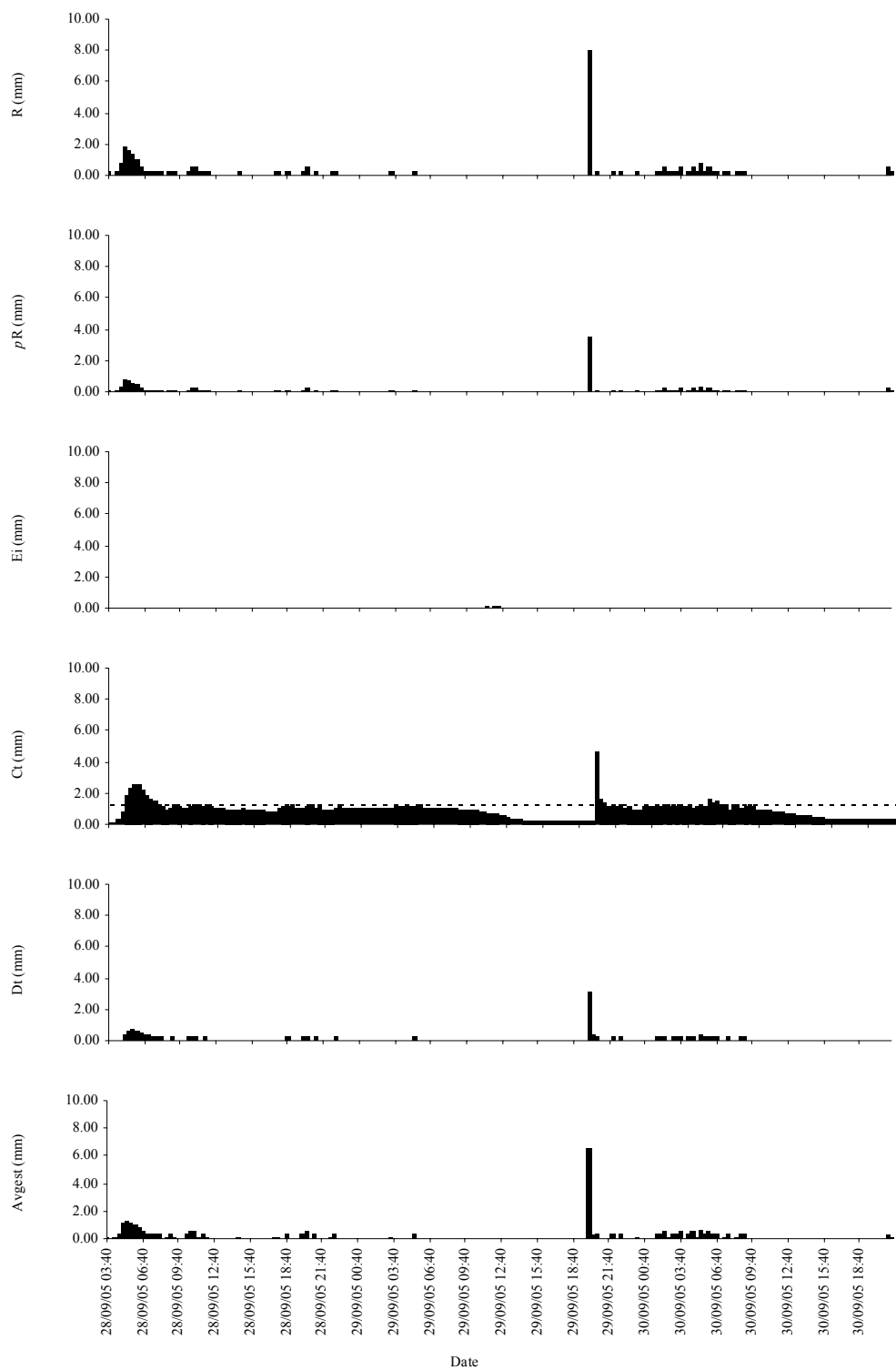
ภาพผนวกที่ 41 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th11 ระหว่างวันที่ 28-30 ก.ย. 2548  
บริเวณป่ารุ่นสอง ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



ภาพผนวกที่ 42 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th12 ระหว่างวันที่ 28-30 ก.ย. 2548  
บริเวณป่ารุ่นสอง ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



ภาพผนวกที่ 43 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดตำแหน่ง Th13 ระหว่างวันที่ 28-30 ก.ย. 2548  
บริเวณป่ารุ่นสอง ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่



ภาพผนวกที่ 44 กระบวนการเกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดเฉลี่ย Avg ระหว่างวันที่ 28-30 ก.ย. 2548  
บริเวณป่ารุ่นสอง ลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

|                                |                                        |
|--------------------------------|----------------------------------------|
| ชื่อ –นามสกุล                  | จักรกริช ไชยเนตร                       |
| วัน เดือน ปี ที่เกิด           | 1 กุมภาพันธ์ 2524                      |
| สถานที่เกิด                    | จังหวัดเชียงราย                        |
| ประวัติการศึกษา                | วท.บ.(วนศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน   | -                                      |
| สถานที่ทำงานปัจจุบัน           | -                                      |
| ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ | -                                      |
| ทุนการศึกษาที่ได้รับ           | -                                      |