

นิพนธ์ต้นฉบับ

การสกัดกั้นน้ำฝนโดยเรือนยอดและการแบ่งส่วนในระบบสวนไม้ผลผสม
แบบวนเกษตรที่เกิดดินถล่มRainfall Crown Interception and Partitioning in Mixed Fruit Tree–Based
Agroforestry System in the Landslide Area

จรัญธร บุญญานุภาพ*

กัญจน์ชญา เมาส์ว

อลงกรณ์ วงศ์หมั่น

ปัทมกร มุลทะสิทธิ์

Jaruntorn Boonyanuphap*

Kanchaya Maosew

Alongkorn Wongmun

Pathamakorn Moolthasit

¹คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000¹Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000 Thailand

*Corresponding Author, E-mail: charuntornb@nu.ac.th

รับต้นฉบับ 20 กุมภาพันธ์ 2562

รับแก้ไข 12 มีนาคม 2562

รับลงพิมพ์ 29 เมษายน 2562

ABSTRACT

Rainfall partitioning using vegetation canopy is the main component of the hydrological processes that is directly related to net rainfall, which can be both on the surface and into the soil. Canopy rainfall partitioning is a fundamental component to study the hydrological implications of water resources management in ecosystems. This study aimed to compare the amount of rainfall interception and rainfall partitioning between a mixed fruit tree–based agroforestry system under normal conditions compared to after a landslide (9 years ago). The results showed the average percentages of throughfall, stemflow and canopy interception were significantly different during normal conditions and the 9-year landslide. *Garcinia mangostana* intercepted more rainfall than any other tree species (45.01% during an individual rainfall event), followed by *Lansium domesticum* (37.0%) and *Durio zibethinus* (32.92%), respectively. In case of the 9-year landslide, the average percentage of interception by *Maesa ramentacea* was higher than *Macaranga denticulate* with values of 34.41% and 28.28% during each rainfall event, respectively.

Keywords: Rainfall partitioning, Canopy interception, Agroforestry system, Landslide, Throughfall

บทคัดย่อ

การแบ่งส่วนของน้ำฝนโดยเรือนยอดพรรณไม้เป็นองค์ประกอบหลักของกระบวนการทางอุทกวิทยาที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณน้ำฝนสุทธิ (net rainfall) ทั้งที่ตกลงบนพื้นผิวดินและซึมลงสู่ชั้นดิน การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการสกัดกั้นน้ำฝนโดยเรือนยอด และการแบ่งส่วนน้ำฝนระหว่างสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินถล่ม (สถานการณ์ปกติ) และที่เกิดดินถล่มมาแล้ว 9 ปี ผลการศึกษา พบว่า ค่าเฉลี่ยของร้อยละน้ำฝนผ่านเรือนยอด น้ำไหลตามลำต้น และน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสถานการณ์ปกติและสถานการณ์ที่เกิดดินถล่มมาแล้ว 9 ปี โดยภายใต้สวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร ต้นมังคุดมีค่าเฉลี่ยร้อยละของน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดสูงกว่าพรรณไม้ชนิดอื่น (ร้อยละ 45.01 ของปริมาณน้ำฝนที่ตกแต่ละเหตุการณ์) รองลงมาได้แก่ ลองกอง (ร้อยละ 37.0) และทุเรียน (ร้อยละ 32.92) ตามลำดับ ขณะที่สถานการณ์ที่เกิดดินถล่มมาแล้ว 9 ปี พบว่า ต้นข้าวสารหลวงมีค่าเฉลี่ยร้อยละของน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดสูงกว่าต้นตองเตบ โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 34.41 และ 28.28 ตามลำดับ การแบ่งส่วนของน้ำฝนโดยเรือนยอดพรรณไม้เป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญอย่างมีนัยในเชิงอุทกวิทยาต่อการจัดการทรัพยากรน้ำสำหรับระบบนิเวศดังกล่าว

คำสำคัญ: การแบ่งส่วนของน้ำฝน การสกัดกั้นน้ำฝนของเรือนยอด ระบบวนเกษตร ดินถล่ม น้ำฝนผ่านเรือนยอด

คำนำ

น้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดไม้ (canopy interception: IC) เกิดจากปริมาณน้ำฝนที่ตกลงสู่พื้นโลก แล้วถูกสกัดกั้นและถูกดูดซับไว้โดยเรือนยอดของต้นไม้ และส่วนอื่น ๆ ที่เป็นสิ่งปกคลุมพื้นดิน ซึ่งน้ำส่วนนี้สูญเสียไปโดยการระเหยสู่บรรยากาศ (Niyom, 1992) สำหรับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงสู่พื้นดินโดยทะลุผ่านช่องว่างของเรือนยอดไม้ (canopy gaps) หรือส่วนที่หยดจากใบและกิ่ง (canopy drip) เรียกรวมกันว่า น้ำฝนผ่านชั้นเรือนยอด (throughfall: TF) ขณะที่น้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นไว้โดยเรือนยอด กิ่ง ก้าน แล้วไหลตามลำต้นลงสู่พื้นดินเรียกว่า น้ำไหลตามลำต้น (stemflow : SF) (Chunkao and Tangtham, 1982) การสกัดกั้นน้ำฝนโดยเรือนยอดไม้มีความสำคัญต่อการไหลของน้ำในลำธาร การกรองของดิน การเกิดอุทกภัยและการสูญเสียน้ำ โดยสภาพป่าไม้ที่มีต้นไม้ขึ้นปกคลุมจะช่วยลดแรงตกกระทบของเม็ดฝนที่จะตกลงสู่พื้นดิน พืชปกคลุมดินช่วยลดการชะล้าง

พังทลายและป้องกันการทำลายโครงสร้างของดิน เนื่องจากเรือนยอดของต้นไม้ช่วยแบ่งส่วนปริมาณน้ำฝนให้กลายเป็นน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอด น้ำฝนผ่านเรือนยอดและน้ำไหลตามลำต้น โดยมีปริมาณน้ำฝนบางส่วนที่เหลือตกลงสู่พื้นดินได้โดยตรง (Niyom, 1992)

ปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหรือภาวะโลกร้อน ส่งผลให้ลักษณะของฝนมีความรุนแรงมากขึ้นและการเกิดภาวะฝนตกหนัก ย่อมส่งผลทำให้เกิดอุทกภัยและภัยพิบัติดินถล่มตามมา โดยเฉพาะในพื้นที่เสี่ยงภัยบริเวณลาดชันเชิงเขาที่มีการสะสมตัวของชั้นดินและชั้นหินผุ การแทรกตัวของน้ำในช่องว่างระหว่างเม็ดดินมีมากขึ้นทำให้ความดันระหว่างมวลเม็ดดินหรือหิน (pore pressure) เพิ่มขึ้นตามมา เมื่อถึงจุดวิกฤตมวลดินหรือหินเหล่านี้ไม่สามารถคงสภาพเสถียรได้ จะส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ดินถล่ม นอกจากนี้ ภัยพิบัติดินโคลนถล่ม ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถในการเก็บกักน้ำของดิน ซึ่งมีองค์ประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ในระบบนิเวศแต่ละประเภท

โดยเป็นกระบวนการทางธรรมชาติอย่างหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อความสมดุลของน้ำและประสิทธิภาพของการบริการจัดการทรัพยากรน้ำที่มีอยู่ภายในพื้นที่ลุ่มน้ำแห่งนั้น ในปัจจุบัน ดินถล่มถือได้ว่าเป็นธรณิพิบัติภัยที่พบเห็นได้ทั่วไปในบริเวณภูมิประเทศที่มีสภาพเป็นภูเขาสูง โดยเฉพาะพื้นที่ลาดเขาที่มีความชันสูง ปัญหาดินถล่มที่เกิดขึ้นในประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงและมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น จากเหตุการณ์ดินโคลนถล่มในปี 2549 บริเวณ 5 จังหวัดภาคเหนือตอนล่าง ซึ่งเหตุการณ์นี้เป็นสาเหตุสำคัญของการสูญเสียคุณค่าทางสิ่งแวดล้อม รวมถึงบทบาทหน้าที่และการให้บริการของระบบนิเวศ ทั้งระบบนิเวศสวนเกษตร และระบบนิเวศป่าธรรมชาติบริเวณแหล่งต้นน้ำในเขตตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ เนื่องจากการเกิดดินถล่มได้ทำลายโครงสร้างและองค์ประกอบของระบบนิเวศที่มีอยู่เดิม ทำให้กระบวนการและกลไกต่าง ๆ ของระบบนิเวศขาดความสมดุลไป โดยเฉพาะความสามารถในการเก็บกักน้ำและศักยภาพในการควบคุมสมดุลของน้ำภายในพื้นที่ลุ่มน้ำ (Boonyanuphap *et al.*, 2016)

ดังนั้น การศึกษาปริมาณน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดของพรรณไม้ในระบบนิเวศและการแบ่งส่วนปริมาณของน้ำฝนในสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรภายใต้สถานการณ์ที่เกิดดินถล่ม ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลที่สำคัญในการศึกษากระบวนการทางอุทกวิทยาของระบบนิเวศบริเวณแหล่งต้นน้ำของเขตตำบลแม่พูล อันนำไปสู่การสร้างแนวทางการจัดการทรัพยากรน้ำของพื้นที่ดังกล่าวต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

การศึกษครั้งนี้ดำเนินการในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่พ่อง-แม่พูล ในเขตตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ (ละติจูด $17^{\circ}39'10''$ ถึง $17^{\circ}48'40''$ N และลองจิจูด $99^{\circ}57'10''$ ถึง $100^{\circ}02'10''$ E) มีเนื้อที่

ทั้งหมดประมาณ 116 ตารางกิโลเมตร ซึ่งเป็นพื้นที่เขตเกษตรเศรษฐกิจที่สำคัญที่สุดแห่งหนึ่งของจังหวัดสภาพภูมิประเทศโดยทั่วไปเป็นเทือกเขาสูงชันสลับซับซ้อนปกคลุมไปด้วยป่าผลัดใบตามธรรมชาติ สวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร และพื้นที่ที่เคยเกิดดินถล่มครอบคลุมทั้งในทิศตะวันออก ทิศเหนือ และทิศตะวันตกของพื้นที่บริเวณตอนบน มีจุดสูงสุดที่ 765 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง (Figure 1) เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวได้รับความเสียหายอย่างรุนแรงจากเหตุการณ์ดินถล่มเมื่อวันที่ 23 พฤษภาคม ปี 2549 จึงเป็นเหตุให้เกิดการสูญเสียทรัพยากรในพื้นที่ อีกทั้งยังเป็นการทำลายสมดุลของระบบนิเวศอย่างรุนแรง ซึ่งใช้ระยะเวลายาวนานกว่าที่ระบบนิเวศจะสามารถฟื้นฟูปัญหาตัวเองได้ และอาจทำให้ระบบนิเวศดังกล่าวไม่สามารถทำหน้าที่บริการด้านสิ่งแวดล้อมให้แก่ชุมชนได้อย่างเต็มประสิทธิภาพดังที่ผ่านมา อันส่งผลกระทบต่อศักยภาพในการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติของชุมชนท้องถิ่นที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ สถานการณ์ปัจจุบันของพื้นที่ที่เคยเกิดดินถล่มในพื้นที่ศึกษาอยู่ภายใต้สภาวะการทดแทนแบบทุติยภูมิเป็นระยะเวลา 9 ปี

การศึกษาองค์ประกอบของไม้ยืนต้นขนาดใหญ่

ทำการวางแปลงตัวอย่างรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 20×50 เมตร (0.1 เฮกตาร์) สำหรับระบบวนเกษตรแบบสวนไม้ผลผสมและระบบวนเกษตรแบบสวนไม้ผลผสมที่เกิดดินถล่มระบบนิเวศละ 5 แปลงตัวอย่างเนื่องจากพื้นที่เกิดดินถล่มส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นริ้วตามแนวยาวและโดยทั่วไปมีความกว้างของแนวดินถล่มน้อยกว่า 40 เมตร นอกจากนี้แปลงรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าสามารถครอบคลุมหย่อมพื้นที่ของชนิดพรรณไม้ที่แตกต่างกันได้ดีที่สุด (Kershaw, 1964) แปลงตัวอย่างขนาด 20×50 เมตร ทำการแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10×10 เมตร จำนวน 10 แปลง เพื่อเก็บข้อมูลไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ทุกชนิดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (ที่ระดับความสูง 1.30

เมตรจากพื้นดิน) มากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 เซนติเมตร และมีความสูงตั้งแต่ 1.30 เมตรขึ้นไป โดยข้อมูลพรรณไม้ ถูกนำมาคำนวณพื้นที่หน้าตัด ความหนาแน่น ความถี่และ ค่าดัชนีความสำคัญของพรรณไม้ (importance value index: IVI) Figure 1 แสดงตำแหน่งของแปลงตัวอย่าง 10 แปลง และตำแหน่งของแปลงตัวอย่างที่ได้คัดเลือก

ชนิดพรรณไม้เด่น (dominant tree species) เพื่อติดตั้ง อุปกรณ์เก็บข้อมูลน้ำไหลตามลำต้นและน้ำฝนผ่านเรือนยอดของระบบวนเกษตรแบบสวนไม้ผลผสมในแปลง ตัวอย่าง FNSL04 และระบบวนเกษตรแบบสวนไม้ผลผสมที่เกิดดินถล่มในแปลงตัวอย่าง FSSL04

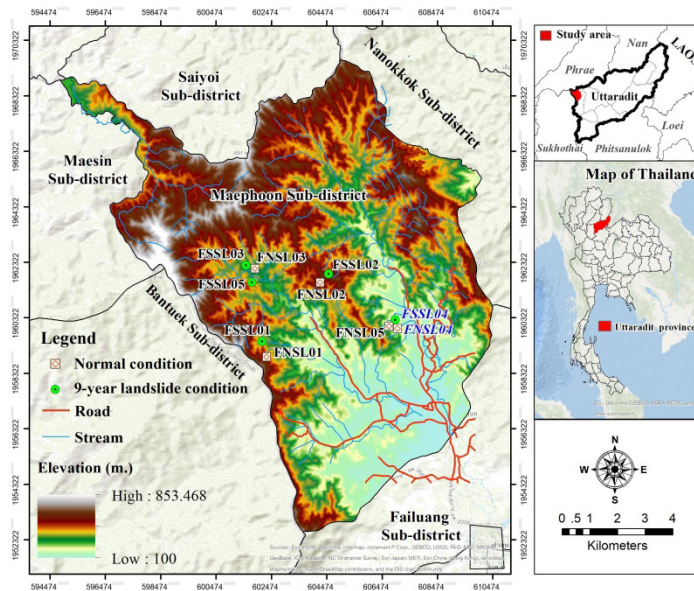


Figure 1 Map of the study area showing the location of study plots in the Maephoon sub-district, Lablue district, Uttaradit province.

การเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดของหมู่ไม้

ผลจากการศึกษายของคัพประกอบของไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ สามารถทราบชนิดพรรณไม้เด่นของแต่ละระบบนิเวศ จากนั้นทำการคัดเลือกชนิดพรรณไม้เด่นที่อยู่ในแปลงตัวอย่าง FNSL04 และ FSSL04 รวมถึงชนิดพรรณไม้เด่นที่อยู่ใกล้เคียงภายในสังคมพืชเดียวกัน แล้วทำการติดตั้งเครื่องมือเพื่อใช้เก็บข้อมูลการสกัดกั้นน้ำฝนผ่านเรือนยอดของพรรณไม้เด่นแต่ละชนิด โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การคัดเลือกพรรณไม้เด่นในระบบวนเกษตรแบบสวนไม้ผลผสม ได้แก่ มังคุด (*Garcinia mangostana*) พุริณ (*Durio zibethinus* Murray.) และลองกอง

(*Lansium domesticum* Corr.) (จำนวนชนิดพันธุ์ละ 3, 6 และ 7 ต้น ตามลำดับ) สำหรับสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร ขณะที่ข้าวสารหลวง (*Maesa ramentacea* A. DC.) และ ต้นตองแคบ (*Macaranga denticulata*) เป็นชนิดพรรณไม้เด่นของสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินถล่ม (จำนวนชนิดพันธุ์ละ 3 และ 6 ต้น ตามลำดับ) ซึ่งจำนวนต้นของพรรณไม้เด่นแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับสภาพพบในพื้นที่ศึกษา ต้นไม้ตัวอย่างที่ได้ถูกคัดเลือกจะดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลน้ำไหลตามลำต้นและน้ำฝนผ่านเรือนยอดไม้

2. ศึกษาลักษณะทางสัณฐานของต้นไม้ตัวอย่างแต่ละต้น ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูงทั้งหมด ความสูงของเรือนยอด ความกว้าง

เฉลี่ยของเรือนยอด ขนาดพื้นที่หน้าตัดเรือนยอด และ ปริมาตรของเรือนยอด กำหนดตำแหน่งถ่ายภาพเรือนยอด ภายใต้น้ำไม้ตัวอย่าง พร้อมกับถ่ายภาพเรือนยอดโดยใช้กล้องถ่ายภาพยี่ห้อ Nikon รุ่น Coolpix และเลนส์ตาปลา (fisheye lens) โดยติดตั้งกล้องไว้บนขาตั้งกล้อง ในลักษณะหงายเลนส์ขึ้นบนท้องฟ้า วางขาตั้งกล้องให้สูงจากพื้นดิน 1.30 เมตร ในตำแหน่งที่กำหนดไว้ ปรับระดับลูกน้ำซึ่งติดตั้งไว้ที่ตัวกล้องให้อยู่ในแนวระดับ กำหนดทิศเหนือโดยหมายตำแหน่งไว้ที่เลนส์แล้วเลือกเวลาถ่ายภาพในช่วงเวลาท้องฟ้าโปร่ง หลังจากนั้นนำภาพถ่ายที่ได้ไปวิเคราะห์หาร้อยละการปกคลุมของเรือนยอด และค่าดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area index; LAI) โดยใช้โปรแกรม Gap Light Analysis (GLA)

3. ปริมาณน้ำฝนทั้งหมด (gross rainfall: GR) ตรวจวัดด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน Tipping Bucked Rain Collector (Code 3665R) พร้อมกับเสาดัดตั้งเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน (POLE0001) สูงจากพื้นดินประมาณ 1.20 เมตร โดยติดตั้งในที่โล่งใกล้กับแปลงทดลองเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการบดบังจากเรือนยอดไม้โดยรอบปากของเครื่อง จะต้องทำมุมกับเรือนยอดไม้โดยรอบไม่เกิน 45 องศา จากนั้นเชื่อมต่อการส่งสัญญาณข้อมูลปริมาณน้ำฝนไปยังเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ (Data Logger) รุ่น WatchDog 1400 Weather station (3685WD1) ทั้งนี้ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษาค้นครั้งนี้เป็นทั้งข้อมูลปริมาณน้ำฝนสะสม (accumulated rainfall event) และข้อมูลปริมาณน้ำฝนของแต่ละเหตุการณ์ฝนตก (individual rainfall event data) ซึ่งขึ้นอยู่กับชุดข้อมูลปริมาณน้ำฝนผ่านชั้นเรือนยอดและปริมาณน้ำไหลตามลำต้นที่เก็บได้จริงในภาคสนามของเหตุการณ์ฝนตกแต่ละครั้ง

4. ปริมาณน้ำฝนผ่านชั้นเรือนยอด หรือ น้ำพืชหยด (TF) ของต้นไม้วัดตัวอย่างแต่ละต้นที่ได้ถูกคัดเลือก ได้ติดตั้งอุปกรณ์วัดโดยใช้เกลลอนขนาด 6 ลิตร พร้อมกรวยรองรับน้ำอยู่ด้านบนของปากเกลลอน ติดตั้งบริเวณกึ่งกลางของความยาวทรงพุ่มของต้นไม้ที่

ถูกคัดเลือกทั้ง 4 ทิศ (ทิศเหนือ ตะวันออก ได้และตะวันตก) เก็บข้อมูลทุกครั้งภายหลังฝนตก โดยปริมาณน้ำในเกลลอนที่วัดได้เป็นปริมาตรของน้ำพืชหยด แล้วนำไปหารด้วยพื้นที่หน้าตัดของกรวย ซึ่งทำให้ได้ปริมาณน้ำพืชหยดที่มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

5. ปริมาณน้ำไหลตามลำต้น (SF) ของต้นไม้วัดตัวอย่างแต่ละต้น วัดโดยทำการติดแผ่นพลาสติกให้เป็นรางน้ำรูปตัววีรอบลำต้นสูงจากพื้นดิน 1.20 เมตร ต่อสายยางจากส่วนปลายรางน้ำไปยังเกลลอนขนาด 20 ลิตร ดำเนินการเก็บข้อมูลภายหลังฝนตกทุกครั้งหรือรายวัน โดยวัดเป็นปริมาตรของน้ำไหลตามลำต้นแล้วหารด้วยพื้นที่เรือนยอดของไม้ต้นนั้น ทำให้ได้ปริมาณน้ำไหลตามลำต้นที่มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

6. ปริมาณน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอด หรือ น้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอด (IC) คำนวณจากผลต่างระหว่างปริมาณน้ำฝน (GR) กับผลรวมระหว่างของปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอด (TF) และปริมาณน้ำไหลตามลำต้น (SF) ดังสมการ

$$IC = GR - (TF + SF)$$

7. วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอด น้ำฝนผ่านชั้นเรือนยอด และน้ำไหลตามลำต้นระหว่างพรรณไม้เด่นแต่ละชนิดของระบบนิเวศทั้งสองประเภทด้วยการเปรียบเทียบค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (ANOVA)

8. วิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ของน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอด น้ำฝนผ่านชั้นเรือนยอด และน้ำไหลตามลำต้น กับปริมาณน้ำฝนทั้งหมด ในรูปสมการเส้นตรง (linear regression)

$$Y = a + bX$$

โดย Y คือ ปริมาณน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอด น้ำฝนผ่านชั้นเรือนยอด และน้ำตามลำต้น

a, b คือ ค่าสัมประสิทธิ์ ขณะที่ X เป็นค่าปริมาณน้ำฝนทั้งหมด (gross rainfall)

ผลและวิจารณ์

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของชนิดพรรณไม้ เด่นที่คัดเลือก

ลักษณะทรงพุ่มและลำต้นของชนิดพรรณไม้
เด่นที่คัดเลือกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง
สถิติ ($p < 0.05$) ทุเรียนเป็นพรรณไม้ที่มีความสูงและ
เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) มากที่สุด (10.35 ถึง
34 เมตร และ 25.77 ถึง 152.28 เซนติเมตร ตามลำดับ)
โดยมีค่าเฉลี่ยของความสูงและ DBH เท่ากับ 19.34 เมตร
และ 48.38 เซนติเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ ทุเรียน
มีการเปิดของเรือนยอดสูงที่สุด สำหรับลองกองมีค่าเฉลี่ย
ความสูงของต้นน้อยที่สุด ขี้สารหลวงมีค่าเฉลี่ยของ
เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก พื้นที่เรือนยอด และการเปิด
ของเรือนยอดน้อยที่สุด ขณะที่ตองแตบมีค่าเฉลี่ยของ
ความหนาของเรือนยอดไม้ดัชนีพื้นที่ผิวใบ และมุมของ
ลำต้นที่เท่ากับแนวระนาบต่ำที่สุด (Table 1)

ลักษณะของน้ำฝนทั้งหมด (gross rainfall) ระหว่างการศึกษาในสวนเหนือพื้นดิน

ข้อมูลน้ำส่วนเหนือพื้นดินระหว่างการศึกษา
มี 71 เหตุการณ์ โดยเก็บข้อมูลระหว่าง 14 พฤศจิกายน 2558
ถึง 12 พฤศจิกายน 2559 ซึ่งแบ่งเป็นลักษณะเหตุการณ์
ฝนตกรายวัน (daily rainfall event) 48 เหตุการณ์ ขณะที่
การเก็บข้อมูลน้ำในส่วนเหนือพื้นที่ดินในลักษณะเหตุการณ์
ที่ฝนตกสะสมหลายวัน (accumulated rainfall event)
23 เหตุการณ์ (Figure 2) ปริมาณน้ำฝนของเหตุการณ์ที่
ฝนตกรายวันรวมทั้งหมด 1,003.61 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่า
เฉลี่ยค่ามัธยฐาน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความ
คลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 20.91,
10.82, 30.94 และ 4.47 มิลลิเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้
ข้อมูลปริมาณน้ำฝนมีการแจกแจงแบบเบ้ขวา (ค่า
สัมประสิทธิ์ความเบ้ 2.84) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเหตุการณ์
ฝนตกรายวันส่วนใหญ่มีปริมาณน้อย (ประมาณ ≤ 12
มิลลิเมตร) ขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง (Kurtosis) 9.25

ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอด น้ำไหลตามลำต้น และน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดของพรรณไม้

1. น้ำฝนผ่านเรือนยอด

จากการเก็บข้อมูลน้ำฝนผ่านเรือนยอดของ
ไม้ตัวอย่างจำนวน 54-68 ครั้ง ของเหตุการณ์ฝนตก
รายวันและเหตุการณ์ฝนตกสะสม ค่าเฉลี่ยของร้อยละของ
น้ำฝนผ่านเรือนยอดหรือน้ำฝนผ่านเรือนยอดสัมพัทธ์
(relative throughfall: TF:GR) ของต้นไม้ตัวอย่างจำนวน
25 ต้น อยู่ในช่วงร้อยละ 45.55-77.18 และร้อยละ 61.67-
74.48 ของปริมาณน้ำฝนแต่ละเหตุการณ์ สำหรับสวน
ไม้ผลผสมและสวนไม้ผลผสมที่เกิดดินถล่มตามลำดับ
มังกุดมีค่าเฉลี่ยของน้ำฝนผ่านเรือนยอดน้อยที่สุด (ร้อยละ
45.55-60.79) ขณะที่ทุเรียนและลองกองมีค่าเฉลี่ยของน้ำฝน
ผ่านเรือนยอดร้อยละ 61.50-71.50 และ 46.30-77.18 ตาม
ลำดับ สำหรับตองแตบและขี้สารหลวงมีค่าเฉลี่ยของ
ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดร้อยละ 64.86-74.48 และ
61.67-64.5 ของปริมาณน้ำฝนแต่ละเหตุการณ์ ตามลำดับ
น้ำฝนผ่านเรือนยอดของไม้ตัวอย่างมีความสัมพันธ์เชิง
บวกแบบเส้นตรงกับปริมาณน้ำฝนทั้งในสวนไม้ผลผสม
($0.980 \leq r \leq 0.998$; $p \leq 0.01$) และสวนไม้ผลผสมที่เกิดดิน
ถล่ม ($0.981 \leq r \leq 0.996$; $p \leq 0.01$)

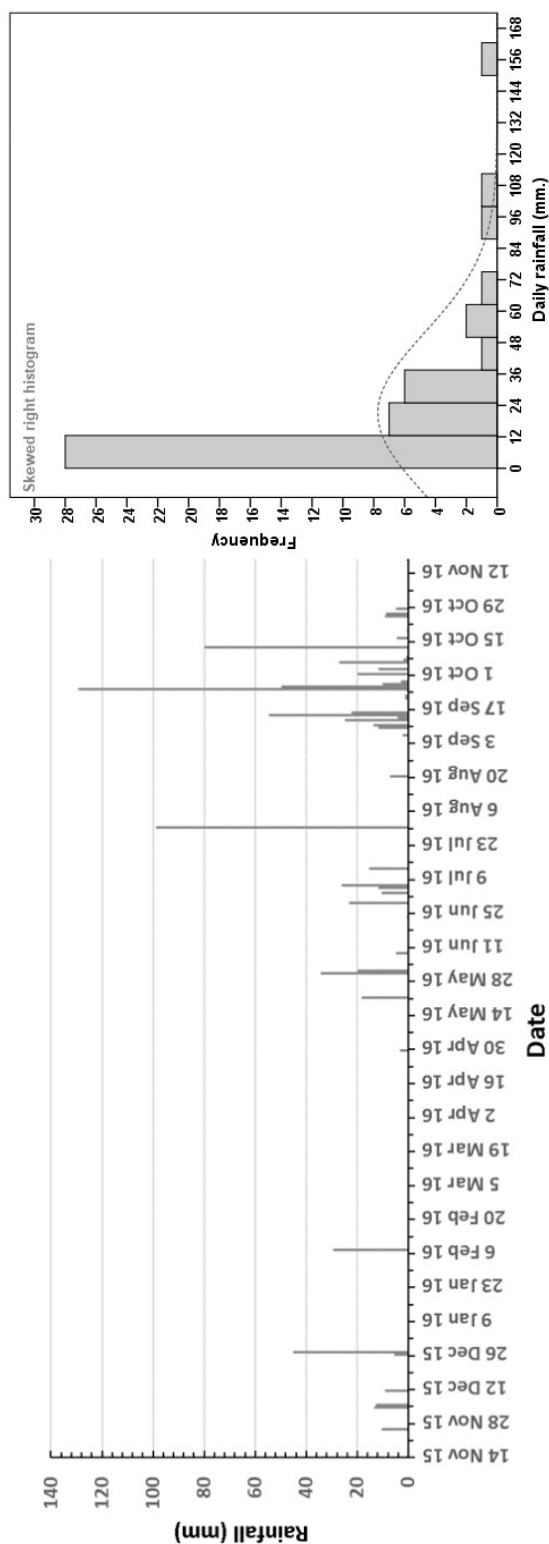
2. น้ำไหลตามลำต้น

ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำไหลตามลำต้นสัมพัทธ์
(relative stemflow: SF:GR) ของต้นไม้ตัวอย่าง อยู่
ในช่วงร้อยละ 0.139-1.001 และ ร้อยละ 0.234-2.110 ของ
ปริมาณน้ำฝนแต่ละเหตุการณ์ สำหรับสวนไม้ผลผสม
และสวนไม้ผลผสมที่เกิดดินถล่ม ตามลำดับ ทุเรียน
มีปริมาณน้ำไหลตามลำต้นสัมพัทธ์ต่ำมาก (ร้อยละ
0.139-0.245) ขณะที่มังกุดและลองกองมีค่าอยู่ระหว่าง
ร้อยละ 0.423-1.001 และ 0.209-0.781 ตามลำดับ ใน
กรณีภายหลังจากเกิดดินถล่ม 9 ปี พบว่า ตองแตบและ
ขี้สารหลวงมีปริมาณน้ำไหลตามลำต้นสัมพัทธ์ร้อยละ
0.234-2.11 และ 0.412-0.468 ของปริมาณน้ำฝนที่ตกใน
แต่ละเหตุการณ์ ตามลำดับ น้ำไหลตามลำต้นมีความ

Table 1 Mean and standard deviation ($\pm$) of morphological characteristics of sample trees species.

Tree species	DBH (cm)	Tree height (m)	Live crown length (m)	Crown area (m ²)	LAI (m ² m ⁻²)	Canopy openness (%)	Stem angle to horizontal axis (degree)
<i>G. mangostana</i>	19.94 (4.58) b	10.67 (2.25) b	9.08 (2.09) ab	22.80 (1.81) b	2.03 (0.26) a	17.25 (3.71) c	90.00 (0.00) a
<i>D. zibethinus</i>	48.38 (50.92) a	19.34 (7.59) a	12.42 (4.30) a	39.68 (27.20) a	1.57 (0.81) b	38.78 (18.36) a	86.33 (3.14) a
<i>L. domesticum</i>	13.57 (4.08) b	6.99 (1.67) b	5.79 (1.70) b	18.79 (7.07) bc	2.05 (0.82) a	22.51 (14.08) c	90.00 (0.00) a
<i>M. denticulata</i>	12.61(1.21) b	11.37 (3.18) b	4.31 (0.95) b	26.26 (12.88) bc	1.49 (0.12) b	32.37 (3.21) b	55.83 (16.09) b
<i>M. ramentacea</i>	11.45 (1.39) b	8.67 (3.01) b	5.60 (2.95) b	18.10 (6.03) c	1.52 (0.16) b	31.61 (4.25) b	61.67 (12.86) b

Remark: Parentheses indicate the standard deviation; letters in same column indicate significant differences among the sample trees species (determined using the Duncan's test, $p < 0.05$).

**Figure 2** Daily rainfall data and frequency distribution of rainfall depth collected during the study period (n=48).

สัมพันธ์ค่อนข้างสูงกับปริมาณน้ำฝนแต่ละเหตุการณ์ น้ำไหลตามลำต้นของต้นไม้ตัวอย่างมีความสัมพันธ์เชิงบวกแบบเส้นตรงกับปริมาณน้ำฝนทั้งในพื้นที่สวนไม้ผลผสม ($0.789 \leq r \leq 0.945$; $p \leq 0.01$) และสวนไม้ผลผสมที่เกิดดินถล่ม ($0.704 \leq r \leq 0.924$; $p \leq 0.01$)

3. น้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอด

น้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดคำนวณเฉพาะในกรณีที่มีครบทั้งข้อมูลน้ำฝนผ่านเรือนยอดและน้ำไหลตามลำต้นของต้นไม้ตัวอย่างจำนวน 53-65 ครั้ง ของทั้งเหตุการณ์ฝนตกรายวันและเหตุการณ์ฝนตกสะสม ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดสัมพัทธ์ (relative interception: IC:GR) ของต้นไม้ตัวอย่างอยู่ระหว่างร้อยละ 20.02-52.85 และร้อยละ 24.57-37.45 ของปริมาณน้ำฝนแต่ละเหตุการณ์ สำหรับสวนไม้ผลผสมและสวนไม้ผลผสมที่เกิดดินถล่มตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดสัมพัทธ์ของมังคุดมีค่าสูงสุด (ร้อยละ 37.14-52.85) รองลงมาได้แก่ ลองกองและทุเรียน ตามลำดับ (ร้อยละ 24.22-34.18 และ 20.02-51.39) ขณะที่ตองแตบและข้าวสารหลวงมีค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดสัมพัทธ์ระหว่างร้อยละ 24.57-34.66 และ 31.99-37.45 ตามลำดับ ทั้งนี้ ปริมาณน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดของต้นไม้ตัวอย่างมีความสัมพันธ์เชิงบวกแบบเส้นตรงกับปริมาณน้ำฝนที่ตกแต่ละเหตุการณ์ทั้งในพื้นที่สวนไม้ผลผสม ($0.642 \leq r \leq 0.942$; $p \leq 0.01$) และสวนไม้ผลผสมที่เกิดดินถล่ม ($0.599 \leq r \leq 0.872$;

$p \leq 0.01$)

สัดส่วนของปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอด น้ำไหลตามลำต้น และน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดไม้

ปริมาณรวมของน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดของต้นไม้ตัวอย่างในช่วงระยะเวลาการศึกษา พบว่า มังคุดมีปริมาณรวมของน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดระหว่างร้อยละ 23.29-40.20 ของปริมาณน้ำฝนรวมตลอดการศึกษา ขณะที่ลองกองและทุเรียนมีปริมาณร้อยละ 10.86-40.27 และ 14.81-19.27 ตามลำดับ สำหรับข้าวสารหลวงและตองแตบมีปริมาณรวมของน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดระหว่างร้อยละ 21.79-27.79 และ 12.51-23.92 ของปริมาณน้ำฝนรวม ค่าเฉลี่ยร้อยละของปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอด น้ำไหลตามลำต้น และน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นรวมตลอดการศึกษาของชนิดพรรณไม้ทั้ง 5 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งตองแตบมีค่าเฉลี่ยร้อยละของน้ำฝนผ่านเรือนยอดสูงที่สุด (ร้อยละ 70.85 ของปริมาณน้ำฝนรวม) รองลงมาได้แก่ ทุเรียน ข้าวสารหลวง ลองกอง และ มังคุด ตามลำดับ มังคุดมีค่าเฉลี่ยร้อยละของน้ำไหลตามลำต้นและน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดสูงกว่าพรรณไม้ชนิดอื่น (ร้อยละ 0.78 และ 45.01 ของปริมาณน้ำฝนรวมตามลำดับ) ดังแสดงใน Table 2

Table 2 The average amount of sum and percent of throughfall, stemflow and interception of the studied tree species.

	<i>G. mangostana</i> [*]	<i>D. zibethinus</i> [*]	<i>L. domesticum</i> [*]	<i>M. denticulata</i> ^{**}	<i>M. ramentacea</i> ^{**}
Throughfall					
Total rainfall (mm) ^a	2,018.66	2,024.66	2,024.66	1,967.66	1,843.29
Total throughfall (mm)	1,334.66 (±26.3)	1,633.80 (±31.1)	1,513.98 (±28.2)	1,613.07 (±32.0)	1,371.70 (±29.5)
Percent throughfall (%)	53.86 (±18.2) c	66.10 (±20.1) ab	61.69 (±19.7) b	70.85 (±18.8) a	64.62 (±18.9) ab
Stemflow					
Total rainfall (mm) ^b	2,052.16	2,060.66	2,057.19	2,003.66	1,876.29
Total stemflow (mm)	21.85 (±0.38)	7.53 (±0.20)	12.45 (±0.25)	18.27 (±0.35)	12.31 (±0.32)
Percent stemflow	0.78 (±0.63) a	0.19 (±0.23) c	0.44 (±0.44) b	0.76 (±0.70) a	0.44 (±0.36) b
Percent interception	45.01 (±18.2) a	32.92 (±19.9) bc	37.00 (±19.7) b	28.28 (±19.2) c	34.41 (±18.9) bc

Remarks: Values in the same row followed by different letters are statistically significant difference at $p < 0.05$ (Duncan's test)

^a Throughfall calculated based on 55-69 rain events.

^b Stemflow calculated based on 54-69 rain events.

^c Interception calculated only for rain events in which both throughfall and stemflow occurred (54-69 events).

^{*} Dominant tree species occurring in a mixed-fruit tree based agroforestry system (normal conditions).

^{**} Dominant tree species occurring in a mixed-fruit tree based agroforestry system under a 9-year landslide condition.

ปริมาณน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดของชนิดพรรณไม้ที่ศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่าป่าธรรมชาติคือ ป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง และป่าเบญจพรรณ ยกเว้น ป่าเต็งรัง ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดร้อยละ 8.9, 4.7, 3.75 และ 12.72 ของน้ำฝนทั้งหมด ตามลำดับ (Chunkao *et al.*, 1971; Jirasuktaveekul *et al.*, 1986) อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นของการศึกษานี้ใกล้เคียงกับเงาะ ทุเรียน มะม่วง และยางพารา ซึ่งมีความสามารถในการสกัดกั้นน้ำฝนเท่ากับร้อยละ 41.89, 47.94, 46.74 และ 52.73 ของปริมาณน้ำฝนทั้งหมด ตามลำดับ (Witthawatchutikul and Rouysungnern, 1983) มังคุดมีค่าปริมาณน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดร้อยละ 45.01 ของปริมาณน้ำฝนทั้งหมด ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดของ Witthawatchutikul and Rouysungnern (1985) (ร้อยละ 48.23) การที่ปริมาณน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอด

ในระบบสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรมีค่าสูงกว่าไม้ในป่าธรรมชาติ หรือมีค่าใกล้เคียงกันส่วนในพื้นที่อื่น ๆ อาจเป็นเพราะเรือนยอดของต้นไม้ในระบบพืชผสมมีลักษณะคล้ายป่าธรรมชาติ โดยทั่วไปเรือนยอดมีความแน่นทึบและมีกิ่งก้านสาขา ทำให้น้ำฝนถูกดูดซับและติดค้างบนเรือนยอดของต้นไม้ได้มาก นอกจากนี้อาจมาจากลักษณะการตกของฝนในพื้นที่ศึกษาที่มีปริมาณฝนในแต่ละเหตุการณ์ส่วนใหญ่ค่อนข้างต่ำ ทำให้ปริมาณน้ำฝนมีโอกาสถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดได้มาก ซึ่งสอดคล้องกับ Niyom (1992) กล่าวว่า ความเข้มของฝน (rainfall intensity) ในแต่ละเหตุการณ์ที่ฝนตกมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอด โดยที่เหตุการณ์ที่ฝนตกมีความเข้มต่ำจะมีโอกาสเกิดที่น้ำฝนจะถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดได้มากกว่าเหตุการณ์ที่มีความเข้มสูงกว่า

ความสัมพันธ์ของน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอด น้ำฝนผ่านชั้นเรือนยอด และน้ำไหลตามลำต้น กับปริมาณน้ำฝน

ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอด น้ำไหลตามลำต้น และน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดของพรรณไม้ทั้ง 5 ชนิด มีค่า

สัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (R) เท่ากับ 0.992, 0.878 และ 0.851 ตามลำดับ ($p < 0.001$) (Figure 3) ขณะที่ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับน้ำฝนผ่านเรือนยอดสัมพันธ์ (TF:GR) และ น้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดสัมพันธ์ (IC:GR) มีความสัมพันธ์กันเชิงบวกแบบไม่เป็นเส้นตรง (logarithmic function) (Figure 4)

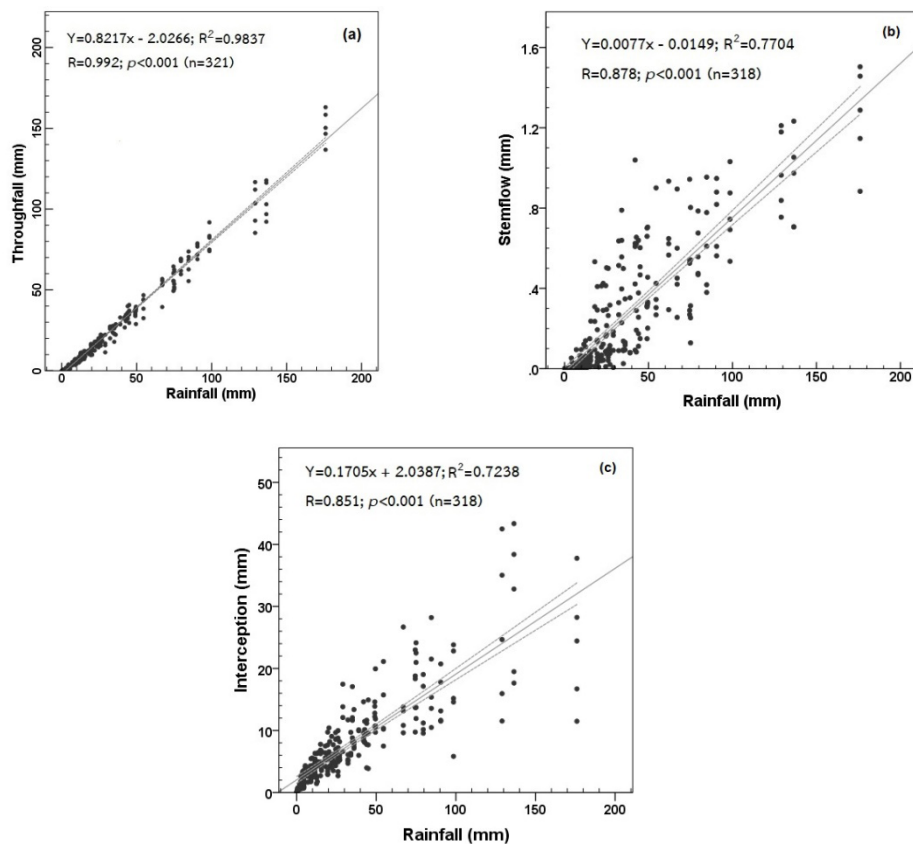


Figure 3 Relationship between gross rainfall and throughfall, stemflow and crown interception for all tree species.

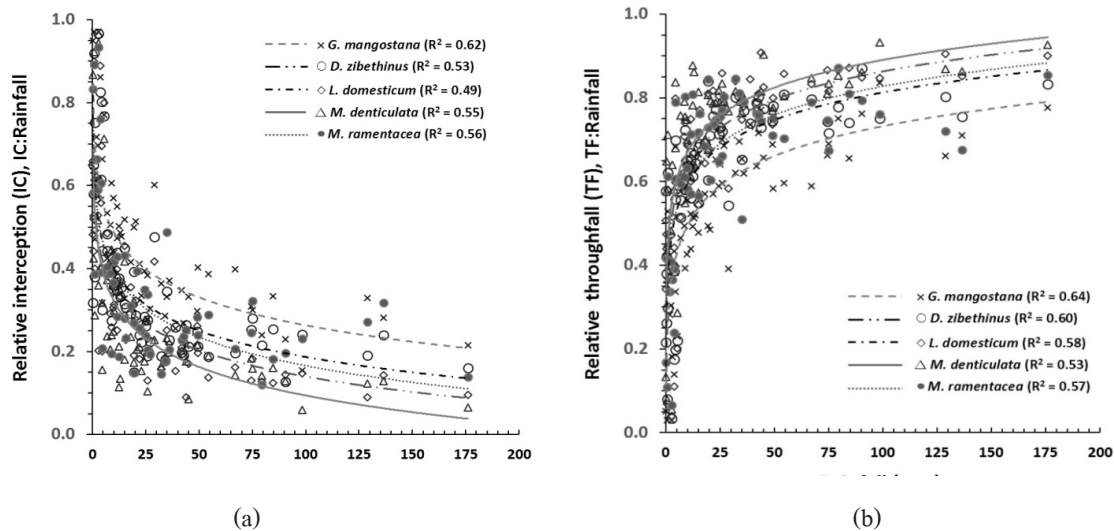


Figure 4 Relationship between rainfall and relative throughfall (a); and rainfall and relative interception (b) of the individual tree species.

ปริมาณน้ำฝนทั้งหมดและน้ำฝนผ่านเรือนยอดของพรรณไม้ทั้ง 5 ชนิด มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (coefficient of determination: R^2) ระหว่าง 0.958-0.990 ($p < 0.0001$) โดยน้ำฝนผ่านเรือนยอดของทุเรียนแสดงค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดสูงสุด ($R^2 = 0.990$) แสดงให้เห็นว่า ปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดของทุเรียนได้รับอิทธิพลมาจากปริมาณน้ำฝนทั้งหมดถึงร้อยละ 99.0 ของเหตุการณ์ที่ฝนตกแต่ละครั้ง ที่เหลืออีกร้อยละ 1 เป็นผลมาจากปัจจัยอื่นที่ยังไม่ทราบ หรือแสดงว่าการแปรผันของน้ำฝนผ่านเรือนยอดของต้นทุเรียนสามารถอธิบายได้ด้วยปริมาณน้ำฝนทั้งหมดถึงร้อยละ 99.0 ของเหตุการณ์ที่ฝนตกแต่ละครั้ง เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยหรือค่าความชันของเส้นตรง (slope, β) สำหรับพรรณไม้ทั้ง 5 ชนิด โดยค่า slope เป็นค่าที่แสดงประมาณการเปลี่ยนแปลงของน้ำฝนผ่านเรือนยอดเมื่อปริมาณน้ำฝนทั้งหมดเปลี่ยนไป พบว่า ค่า slope ของพรรณไม้ทั้ง 5 ชนิด มีค่าเป็นบวกทั้งหมด โดยปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณน้ำฝนทั้งหมด (Figure 5) แสดงให้เห็นว่า ค่า

slope ของตองเตบมีค่าสูงสุด (slope=0.893) รองลงมาได้แก่ ทุเรียน ขณะที่ตองกงและข้าวสารหลวงมีค่า slope ใกล้เคียงกัน โดยมีค่า slope ต่ำสุด (slope=0.741) ซึ่งม้งคุดมีปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดน้อยที่สุดในแต่ละเหตุการณ์ที่ฝนตกเมื่อเปรียบเทียบกับพรรณไม้ชนิดอื่น โดยปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอดของต้นม้งคุดจะเปลี่ยนแปลงไป 0.741 มิลลิเมตร ของปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงไป 1 มิลลิเมตร (ทั้งเพิ่มขึ้นหรือลดลง) นอกจากนี้ เมื่อคำนวณกลับเพื่อหาค่าเทรชโฮลด์ (threshold) ของน้ำฝนผ่านเรือนยอด หรือเป็นค่าปริมาณน้ำฝนต่ำสุดที่เริ่มทำให้เกิดน้ำฝนผ่านเรือนยอดของพรรณไม้แต่ละชนิด พบว่า ม้งคุดมีค่าเทรชโฮลด์ของน้ำฝนผ่านเรือนยอดสูงที่สุดเท่ากับ 3.297 มิลลิเมตร ตามด้วย ทุเรียน ตองเตบ ตองกง และข้าวสารหลวง สำหรับค่าคงที่ หรือ จุดตัดแกนตั้ง (Y-intercept) ของสมการถดถอยที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนทั้งหมดกับน้ำฝนผ่านเรือนยอดของพรรณไม้ทุกชนิดแสดงค่าติดลบ ซึ่งสอดคล้องกับค่าเทรชโฮลด์ของน้ำฝนผ่านเรือนยอดของพรรณไม้แต่ละชนิด (Table 3)

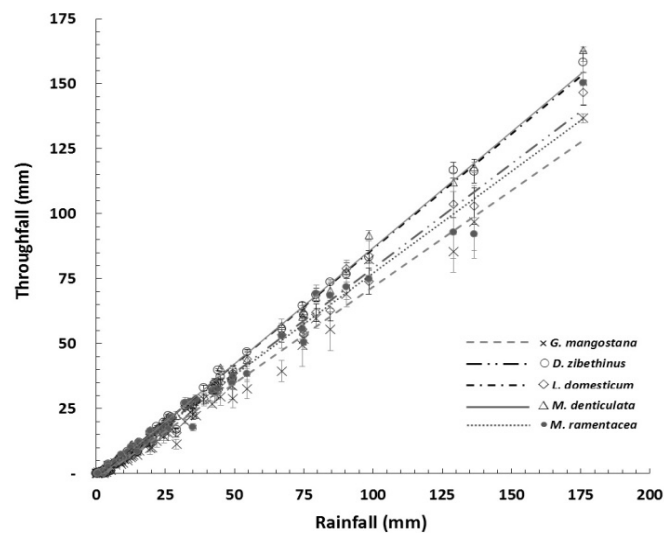


Figure 5 Relationship between the mean throughfall and rainfall of each tree species. The value shown is the average and error bar (standard error of the mean) of each rainfall event and trend line shows the predicted flow of throughfall derived from the regression equation.

Table 3 Regression coefficients between the total rainfall, throughfall and stemflow.

Tree species	Intercept	Slope	adjusted R^2	F	$d.f.$	P -value
Throughfall						
<i>G. mangostana</i>	-2.442	0.741	0.958	4,432.65	196	<0.0001
<i>D. zibethinus</i>	-2.344	0.887	0.990	39,520.48	404	<0.0001
<i>L. domesticum</i>	-1.664	0.805	0.964	12,581.98	472	<0.0001
<i>M. denticulate</i>	-2.326	0.893	0.985	22,198.69	349	<0.0001
<i>M. ramentacea</i>	-1.293	0.783	0.968	4,875.02	161	<0.0001
Stemflow						
<i>G. mangostana</i>	0.022	0.010	0.776	661.91	191	<0.0001
<i>D. zibethinus</i>	-0.055	0.005	0.816	1,672.06	375	<0.0001
<i>L. domesticum</i>	-0.003	0.006	0.555	554.42	445	<0.0001
<i>M. denticulate</i>	0.037	0.008	0.400	229.314	345	<0.0001
<i>M. ramentacea</i>	-0.042	0.008	0.810	676.42	159	<0.0001

ค่าสัมประสิทธิ์ของการกำหนด (R^2) ระหว่างปริมาณน้ำฝนทั้งหมดกับน้ำไหลตามลำต้น (stemflow) มีค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับค่า R^2 ของน้ำฝนผ่านเรือนยอด ในกรณีความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างปริมาณน้ำฝนทั้งหมดกับน้ำไหลตามลำต้น พบว่า ทุกเรียนแสดงค่า R^2 ระหว่างปริมาณน้ำฝนทั้งหมดกับน้ำไหล

ตามลำต้นสูงที่สุด ($R^2=0.816, p<0.0001$) ขณะที่ตองแตบมีค่า R^2 ต่ำสุด ($R^2=0.400, p<0.0001$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในแต่ละเหตุการณ์ที่ฝนตก ปริมาณน้ำไหลตามลำต้นของตองแตบและตองกองได้รับอิทธิพลหรือเป็นผลมาจากตัวแปรตัวอื่นที่ไม่ใช่ปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละเหตุการณ์มากถึงร้อยละ 45 (Table 3) โดยทั่วไป

สมการที่มักนำไปใช้การอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ควรมิต่ำสัมประสิทธิ์การกำหนดอย่างน้อย 0.75 และหากสูงกว่า 0.90 ถือว่าดีมาก (Haaland, 1989; Hu, 1999) อย่างไรก็ตาม Hu (1999) กล่าวว่า ค่า R^2 เป็นการประมาณ goodness of fit ที่เกินจริง จึงมักใช้ค่า adjusted R square ในการวัด goodness of fit แทน โดยทั่วไป adjusted R Square จะมีค่าต่ำกว่าค่า R square เล็กน้อยและในบางกรณีอาจพบเป็นค่าติดลบได้เช่นกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (slope) พบว่า ค่า slope ของพรรณไม้ทั้ง 5 ชนิด มีค่าเป็นบวกทั้งหมด โดยปริมาณน้ำไหลตามลำต้นมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณน้ำฝนทั้งหมดในแต่ละเหตุการณ์

Figure 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำไหลตามลำต้นและปริมาณน้ำฝนของ

พรรณไม้แต่ละชนิด โดยพบว่า ค่า slope ของต้นมังคุด มีค่าสูงสุด เท่ากับ 0.010 (ซึ่งปริมาณน้ำไหลตามลำต้นของต้นมังคุดจะเปลี่ยนแปลงไป 0.010 มิลลิเมตร ของทุกๆ ครั้งที่มีปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลงไป 1 มิลลิเมตร) รองลงมาได้แก่ ต้นตองเตบและข้าวสารหลวง ขณะที่ต้นทุเรียน มีค่า slope ต่ำสุด (slope=0.005) ซึ่งหมายถึง ต้นทุเรียน มีปริมาณน้ำไหลตามลำต้นน้อยที่สุดในแต่ละเหตุการณ์ที่ฝนตกเมื่อเปรียบเทียบกับพรรณไม้ชนิดอื่น เนื่องจากลักษณะทางวิทยาของต้นทุเรียนมีลักษณะลำต้นที่ตั้งตรง (formal upright) มีรูปทรงของเรือนยอดเป็นทรงกระบอก และมีความหนาแน่นของเรือนยอดปานกลางและผิวใบเรียบมัน ไม่มีขน (glabrous and waxy) ส่งผลให้ลักษณะทางวิทยาของต้นทุเรียนมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณน้ำไหลตามลำต้น ($p < 0.05$) (Boonyanuphap et al., 2017)

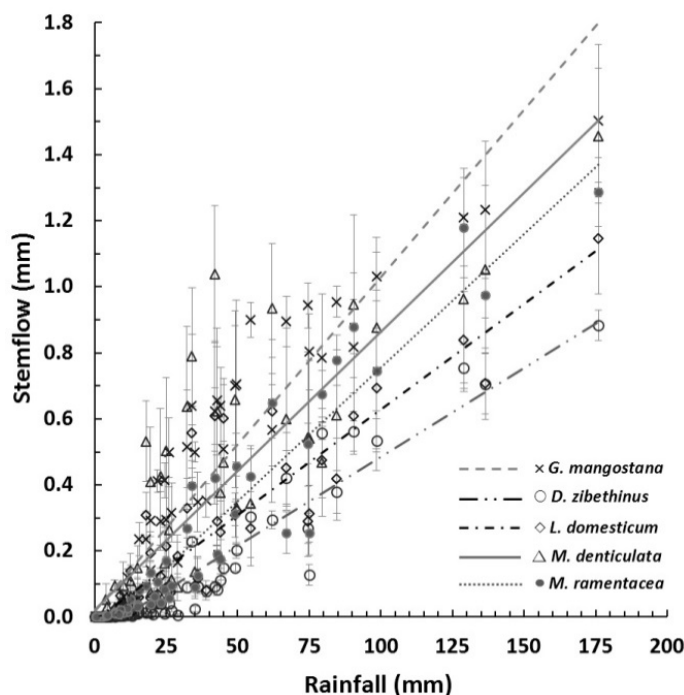


Figure 6 Relationship between the mean stemflow and rainfall of each tree species. The value shown is the average and error bar (standard error of the mean) of each rainfall event and trend line shows the predicted flow of stemflow derived from the regression equation.

แบบจำลองการแบ่งส่วนของปริมาณน้ำฝนของชนิดพรรณไม้เด่นในไม้ผลผสมแบบวนเกษตร

ผลการศึกษาการแบ่งส่วนของปริมาณน้ำฝนทำให้ได้ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำในส่วนของน้ำฝนผ่านเรือนยอด น้ำไหลตามลำต้น และน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดสำหรับชนิดพรรณไม้เด่นทั้ง 5 ชนิด ในระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรทั้งในสภาพพื้นที่ปกติและพื้นที่เคยเกิดดินถล่มมาแล้ว 9 ปี การเกิดน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดและน้ำฝนผ่านเรือนยอด ถือได้ว่าเป็นกระบวนการหลักของกระบวนการทางอุทกวิทยาที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณน้ำฝนสุทธิ (net rainfall) ทั้งที่ตกลงบนพื้นผิวดินและซึมลงสู่

ชั้นดินภายใต้เรือนยอดของระบบนิเวศ โดยทั่วไปน้ำไหลตามลำต้นเป็นกระบวนการแบ่งส่วนของปริมาณน้ำฝนที่สำคัญรองลงมาเนื่องจากมีสัดส่วนปริมาณที่ค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำฝนทั้งหมดในรอบปี (annual gross rainfall) ทั้งนี้ การแปรผันเชิงพื้นที่ของการแบ่งส่วนของปริมาณน้ำฝน (spatial variability of rainfall partitioning) โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดของพรรณไม้เด่นแต่ละชนิดที่มีการกระจายตัวทั่วทั้งพื้นที่ จากการประมาณสัดส่วนเนื้อที่เรือนยอดของพรรณไม้แต่ละชนิดในเชิงพื้นที่ ประกอบกับสมการถดถอยของน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดไม้แต่ละชนิดดังแสดงใน Table 4

Table 4 Regression equation of the percentage canopy interception of the dominant tree species.

Dominant species	Regression equation of percentage interception (%)	R ²
FN		
<i>D.zibethinus</i>	$y = -0.092\ln(x) + 0.5613$	0.531
<i>L.domesticum</i>	$y = -0.091\ln(x) + 0.6068$	0.494
<i>G.mangostana</i>	$y = -0.097\ln(x) + 0.7118$	0.615
FS		
<i>M. denticulata</i>	$y = -0.099\ln(x) + 0.5509$	0.550
<i>M. ramentacea</i>	$y = -0.099\ln(x) + 0.6217$	0.565

Remarks:FN: Study plot of mixed fruit tree-based agroforestry, FS: Study plot of mixed fruit tree-based agroforestry under a 9-year landslide condition; x is gross rainfall (mm); y is relative interception (%).

สรุป

เหตุการณ์ภัยพิบัติดินถล่มในปี 2549 ที่เกิดขึ้นในสวนไม้ผลผสม ส่งผลให้ชนิดพรรณไม้เด่นและปริมาณน้ำในสวนเหนือพื้นดินมีความแตกต่างจากสวนไม้ผลผสมฯ ที่ไม่เคยเกิดดินถล่ม ค่าเฉลี่ยของร้อยละปริมาณน้ำฝนผ่านเรือนยอด น้ำไหลตามลำต้น และน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าเฉลี่ยร้อยละของน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดไม้ภายใต้สวนไม้ผลผสมฯ ที่ไม่เคยเกิด

ดินถล่มของต้นมังคุดมากที่สุด คือ 45.01 ร้อยละมาคือ ต้นลองกอง ร้อยละ 37.00 และน้อยที่สุด คือ ต้นทุเรียน ร้อยละ 32.92 และค่าเฉลี่ยร้อยละของน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดไม้ภายใต้สวนไม้ผลผสมฯ ภายหลังจากเกิดดินถล่มไปแล้ว 9 ปี พบว่า ต้นข้าวสารหลวง มากที่สุด คือ 34.41 ร้อยละมาคือ ตองแตบ ร้อยละ 28.28 ตามลำดับ ผลจากการศึกษานี้ทำให้เข้าใจถึงสัดส่วนปริมาณอัตราการระเหยของน้ำในส่วนของเรือนยอดไม้ในระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร และ

ช่วยทำให้เข้าใจเกี่ยวกับการมีส่วนร่วมช่วยเพิ่มความชื้นในบรรยากาศของสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร นอกจากนี้ผลรวมของปริมาณน้ำฝนสุทธิ (net rainfall: NR) ทั้งในส่วนที่ตกลงบนพื้นผิวดินภายใต้เรือนยอดของพรรณไม้แต่ละชนิด และส่วนที่ตกลงบนพื้นที่เปิด (opened area) โดยตรง ทำให้ทราบถึงปริมาณน้ำฝนสุทธิในเชิงพื้นที่ ซึ่งเป็นปริมาณน้ำนำเข้า (water input) ในส่วนของน้ำที่ซึมลงสู่ชั้นดิน (soil water) และไหลบ่าหน้าดิน (surface runoff) ภายใต้ระบบนิเวศแต่ละประเภทภายใต้สถานการณ์ที่เกิดขึ้นถล่ม

คำนิยาม

คณะวิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนเรศวรที่สนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณเกษตรกรเจ้าของสวนในการอนุญาตให้ทำการวางแผนศึกษาโครงสร้างสังคมพืชในพื้นที่สวนไม้ผลผสม รวมถึงอนุญาตให้ติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนทั้งหมด น้ำฝนผ่านชั้นเรือนยอด และน้ำไหลตามลำต้นตลอดระยะเวลาการดำเนินโครงการวิจัย

REFERENCES

- Boonyanuphap, J., P. Thonglem and L. Raksanok. 2016. **Economic Valuation of Slope Stabilization Methods for Landslide Prevention in Maepoon Subdistrict: Its Implication on Payment for Ecosystem Services.** Final research report. The Chai Pattana Foundation, Bangkok. (in Thai)
- _____, W. Punsak, O. Trithaveesak and L. Raksanok. 2017. **Water Balance Evaluation in Upstream Ecosystems and Guideline for Public Participatory Water Resources Management under Climate Change and Landslide.** Final research report, Biodiversity-Based Economy Development Office (Public Organization), Bangkok. (in Thai)
- Chunkao, K. and N. Tangtham. 1982. **Practice Principles of Watershed Management.** Department of Conservation, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- _____, and S. Ungkulpakdikul. 1971. **Measurement of Throughfall in Hill Evergreen Forest, Dry Evergreen Forest, Teak Forest, and Deciduous Dipterocarp Forest of Thailand.** Department of Conservation, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Haaland, P.D. 1989. **Experimental Design in Biotechnology.** Marcel Dekker, Inc., New York.
- Hu, R. 1999. **Food Product Design: A Computer-Aided Statistical Approach.** Technomic Publishing Co., Ltd., Pennsylvania.
- Jirasuktaveekul, W., P. Witthawatchutikul and S. Charoensuk. 1986. **Rainfall Interception in Mixed Deciduous and Dry Dipterocarp Forest at Nan Watershed Research Station, Nan Province.** Research Section, Watershed Management Division, Royal Forest Department, Bangkok. (in Thai)
- Kershaw, K.A. 1964. **Quantitative and Dynamic Ecology.** Edward, London.
- Niyom, W. 1992. **Forest Hydrology.** Department of Conservation, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Witthawatchutikul, P. and S. Rouysungnern. 1983. **Rainfall Interception of Fruit Tree in Rayong Province.** Research Section, Watershed Management Division, Royal Forest Department, Bangkok. (in Thai)
- _____. 1985. **Mangosteen and Rainfall.** Research Section, Watershed Management Division, Royal Forest Department, Bangkok. (in Thai)