

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประเมินปริมาณน้ำในดินในระบบนิเวศแหล่งต้นน้ำที่เกิดดินถล่มโดยใช้แบบจำลอง SWAT

Assessment of Soil Water Content in Landslide-Damaged Upstream Ecosystems Using Soil and Water Assessment Tool (SWAT) Model

อลงกรณ์ วงศ์หมั่น¹สมบัติ ชื่นชูกลิ่น²สิทธิชัย ชูสำโรง³จรัณธร บุญญาภาพ^{3*}Alongkorn Wongmun¹Sombat Chuenchooklin²Sittichai Choosumrong³Jaruntorn Boonyanuphap^{3*}¹ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

The Graduate School, Naresuan University, Phitsanulok 65000 Thailand

² คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok, 65000 Thailand

³ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000 Thailand

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

รับต้นฉบับ 26 กรกฎาคม 2561

รับแก้ไข 5 กันยายน 2561

รับลงพิมพ์ 17 กันยายน 2561

ABSTRACT

Soil water is very important for upstream because plants used to grow up, affect to the health and sustainability of the ecosystem. The severe landslide occurred in 2006 at the upstream region of Maepoon sub-district might affect soil water holding capacity. This study aimed to assess the soil water content in the ecosystem of upstream under normal condition and after landslide condition (10 years ago) using Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model. The SWAT model was calibrated and subsequently the accepted values of R^2 , NSE and PBIAS were 0.58 0.48 and 8.91, respectively. The results from SWAT analysis showed highest soil water in October for the entire area, particularly in low-slope areas. A rainfall retained in soil was approximately 5.15% (10.91 million cu.m.). The available water capacity (AWC) of almost watershed (87.20 km²) was 39.55 million m³. The highest value of mean monthly soil water content was found in mixed deciduous forest with bamboo with 180.82 mm, followed by mixed fruit tree-based agroforestry (174.01 mm), mixed deciduous forest with bamboo after 10-year landslide (133.18 mm) and mixed fruit tree-based agroforestry after 10-year landslide (129.34 mm), respectively. The comparison of two ecosystems under normal condition and after 10-year landslide condition shows that soil

water content in landslide area was lower than normal condition. The results indicate that the landslides can decrease soil water content in this region.

Keywords: Soil water, Landslide, Mixed fruit tree-based agroforestry, Mixed deciduous forest with bamboo

บทคัดย่อ

น้ำในดินมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับแหล่งต้นน้ำ เนื่องจากเป็นน้ำส่วนที่พืชใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโต ส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์และความยั่งยืนของระบบนิเวศ โดยพื้นที่ต้นน้ำของตำบลแม่พูล ซึ่งเคยเกิดเหตุการณ์ดินถล่มอย่างรุนแรงในปี 2549 อาจส่งผลกระทบต่อความสามารถในการเก็บกักน้ำของดิน การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณน้ำในดินของระบบนิเวศบริเวณแหล่งต้นน้ำภายใต้สถานการณ์ปกติและกระบวนการทดแทนตามธรรมชาติในปี 2559 (ภายหลังจากเกิดดินถล่มมาแล้ว 10 ปี) โดยใช้แบบจำลองอุทกวิทยา Soil and Water Assessment Tool (SWAT) ที่ปรับมาตรฐานของแบบจำลองน้ำในดินให้มีค่า R^2 NSE และ PBIAS ที่สามารถยอมรับได้ โดยมีค่าเท่ากับ 0.58 0.48 และ 8.91 ตามลำดับ ซึ่งผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองพบว่า ปริมาณน้ำในดินของเดือนตุลาคมมีปริมาณสูงสุดทั่วทั้งพื้นที่ โดยเฉพาะพื้นที่ความลาดชันต่ำ โดยมีปริมาณน้ำฝนที่ถูกเก็บกักไว้ในดินเท่ากับร้อยละ 5.15 หรือ 10.91 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ รวมของทั้งลุ่มน้ำ (87.20 ตารางกิโลเมตร) เท่ากับ 39.55 ล้านลูกบาศก์เมตร ในขณะที่ปริมาณน้ำในดินเฉลี่ยตลอดปี 2559 ป่าเบญจพรรณผสมไม้มีปริมาณสูงที่สุด (เฉลี่ย 180.82 มม.) รองลงมาได้แก่ สวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร (เฉลี่ย 174.01 มม.) ป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่เกิดดินถล่ม (เฉลี่ย 133.18 มม.) และสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินถล่ม (เฉลี่ย 129.34 มม.) เมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ปกติกับพื้นที่เกิดดินถล่มของทั้ง 2 ระบบนิเวศ แสดงให้เห็นว่า พื้นที่เกิดดินถล่มมีการเก็บกักน้ำในดินได้น้อยกว่าพื้นที่ปกติ หรือกล่าวได้ว่าการเกิดดินถล่มส่งผลให้ปริมาณน้ำในดินลดลง

คำสำคัญ: น้ำในดิน ดินถล่ม สวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร ป่าเบญจพรรณผสมไม้

คำนำ

พื้นที่ต้นน้ำบริเวณตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ เป็นแหล่งต้นน้ำที่สำคัญของลุ่มน้ำอำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยพื้นที่มีสภาพส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยป่าธรรมชาติ (ป่าเบญจพรรณ ป่าเบญจพรรณผสมไม้และป่าไผ่) และสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร รวมถึงประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม เช่น สวนทุเรียน ลองกอง และยางสาด เป็นต้น (Maepoon Tambon Administration Organization, 2015) อีกทั้งสภาพภูมิประเทศเป็นภูเขาสลับซับซ้อนและมีความลาดชันสูง โดยบางบริเวณมีความลาดชันมากกว่าร้อยละ 35 พื้นที่ต้นน้ำของตำบลแม่พูลเป็นพื้นที่เศรษฐกิจ

ที่มีความสำคัญทั้งในด้านเกษตรกรรม การท่องเที่ยว และการเป็นแหล่งต้นน้ำ ทั้งนี้ในปี 2549 ได้เกิดภัยพิบัติดินโคลนถล่มอย่างรุนแรงในพื้นที่อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน โดยเฉพาะพื้นที่เกษตรกรรมบนภูเขาสูงชันที่เป็นสวนไม้ผลเศรษฐกิจถูกทำลายถึง 4,992 ไร่ หรือประมาณร้อยละ 6 ของพื้นที่ตำบลแม่พูล (Boonyanuphap and Tonglem, 2011)

เนื่องจากดินโคลนถล่มในปี 2549 ทำให้พื้นที่ภูเขาสูงชันบริเวณแหล่งต้นน้ำของตำบลแม่พูล เกิดการสูญเสียดินชั้นบนเป็นบริเวณกว้าง ซึ่งลักษณะดังกล่าวสามารถทำให้ตัวแปรที่มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนของ

การเก็บกักน้ำไว้ในดินส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ในการเป็นแหล่งต้นน้ำและการทำเกษตรกรรมสวนไม้ผล โดยสาเหตุของการเกิดดินโคลนถล่มมาจากการที่มีอิทธิพลของร่องความกดอากาศต่ำกำลังค่อนข้างแรงที่พัดผ่านภาคเหนือตอนล่างในช่วงระหว่างวันที่ 21-23 พฤษภาคม 2549 ทำให้มีฝนตกหนักมาก ทำให้ดินที่รองรับน้ำไว้เกิดการอุ้มน้ำเกินขีดจำกัด รวมกับแรงโน้มถ่วงของมวลน้ำและดินทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของหน้าดิน (Department of Mineral Resources, 2011) นอกจากนี้ เหตุการณ์ดินโคลนถล่มดังกล่าวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างและองค์ประกอบของระบบนิเวศแหล่งต้นน้ำของพื้นที่ตำบลแม่พูล ซึ่งส่งผลกระทบต่อบทบาทหน้าที่และการให้บริการเชิงนิเวศ (Ecological functions and services) ของระบบนิเวศแหล่งต้นน้ำที่มีต่อชุมชนท้องถิ่นในตำบลแม่พูลและพื้นที่โดยรอบ โดยเฉพาะการเก็บกักน้ำของดิน ซึ่งน้ำในดินมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับสิ่งมีชีวิตในดิน ได้แก่ สัตว์พืชหรือจุลินทรีย์ เนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของพืชและสัตว์ เพื่อใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ เช่น การสังเคราะห์แสงของพืชเป็นต้น รวมถึงการปรับอุณหภูมิและการลำเลียงธาตุอาหารของพืชเพื่อให้สามารถเจริญเติบโตได้อย่างเหมาะสม (Tealnugutoom, 2005) สัดส่วนของการเก็บกักน้ำขึ้นอยู่กับโครงสร้างองค์ประกอบ และบทบาทหน้าที่ของระบบนิเวศแต่ละประเภท (Witawaschugul *et al.*, 2011) น้ำในดินจึงมีความสำคัญมากในด้านเกษตรกรรม (Easton, 2016) ด้านการอนุรักษ์ และพื้นที่ชุ่มน้ำที่เสื่อมโทรม (Ratneetoo, 2009)

แบบจำลอง SWAT (Soil and Water Assessment Tool) เป็นหนึ่งในแบบจำลองเชิงกระบวนการ ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่า น้ำใต้ดิน น้ำในดิน ตะกอน และคุณภาพน้ำ ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมของกลุ่มน้ำที่ได้รับการยอมรับและประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในระดับสากล (Wuttichaikitcharoen and Sartun, 2013; Valdivia, *et al.*, 2017) โดย Narasimhan and Srinivasan (2005) Li *et al.* (2010) and Wang *et al.* (2011) ได้ใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อประเมินน้ำ

ในดินระดับลุ่มน้ำ และเปรียบเทียบการเก็บกักน้ำตามประเภทการใช้ที่ดิน รวมถึงการศึกษผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (climate change) ต่อการเก็บกักน้ำของดิน และมีการใช้ SWAT สำหรับประเมินน้ำในดินครั้งแรกในประเทศอาร์เจนตินาโดย Havrylenko *et al.* (2016) อย่างไรก็ตาม ในประเทศไทยยังไม่มีมีการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ในการศึกษาและประเมินปริมาณน้ำในดิน โดยเฉพาะพื้นที่ที่เคยเกิดดินถล่ม ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณน้ำในดินของระบบนิเวศบริเวณแหล่งต้นน้ำ (ได้แก่ระบบนิเวศป่าไม้และระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร) ภายใต้สถานการณ์ปกติและกระบวนการทดแทนตามธรรมชาติภายหลังจากเกิดดินถล่มมาแล้ว 10 ปี บริเวณลุ่มแม่พ่อง-แม่พูล ในพื้นที่ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

การศึกษานี้ดำเนินการในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาย่อยแม่พ่อง-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) มีเนื้อที่ทั้งหมดประมาณ 116 ตารางกิโลเมตร ระดับความลาดชันของพื้นที่โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 40-75 องศา มีจุดสูงสุดที่ 765 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย 1806.70 มม. (2551-2557) อุณหภูมิรายปีเฉลี่ย 27.6 องศาเซลเซียส (2530-2559) การระเหยรายปีเฉลี่ย 4.5 มม./วัน (2556-2558) ทั้งนี้ พื้นที่ภูเขาสูงชันดังกล่าวเป็นแหล่งต้นน้ำที่สำคัญของกลุ่มน้ำอำเภอลับแล โดยมีลำน้ำที่สำคัญ ได้แก่ ห้วยแม่พูล คลองแม่พ่อง ห้วยทราย และ ห้วยคำบี ในขณะที่ดินทิศตะวันตกของตำบลฝ่ายหลวงมีเทือกเขาสูงชันอันเป็นแหล่งต้นน้ำของลำห้วยปู้เจ้า โดยลำน้ำที่ได้กล่าวมาทั้งหมดจะไหลรวมกันลงสู่แม่น้ำน่านบริเวณตอนล่างของจังหวัดอุตรดิตถ์ (Boonyanuphap and Tonglem, 2011) ประชากรส่วนใหญ่

ในเขตตำบลแม่พูนมีอาชีพทำสวนไม้ผลผสมเป็นหลัก โดยมีการปลูกไม้ผลเศรษฐกิจ เช่น ทุเรียน ลองกอง ลางสาด มังคุด กาแฟ แตงกวาผสมปะปนกับพรรณไม้ป่าในท้องถิ่น (องค์การบริหารส่วนตำบลแม่พูน, 2553) สวนผลไม้บริเวณเชิงเขาตอนล่างประมาณร้อยละ 42.85 พื้นที่ป่าธรรมชาติประมาณร้อยละ 43.18 แบ่งเป็นป่าเบญจพรรณผสมไฟ้ในบริเวณตอนบน-ตอนกลาง และ

ป่าเบญจพรรณในบริเวณตอนบน (Wongmun *et al.*, 2017) โดยการประเมินปริมาณน้ำในดินในการศึกษาครั้งนี้ มีเนื้อที่ทั้งหมดประมาณ 87.20 ตารางกิโลเมตร หรือ 54,504.69 ไร่ โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างบริเวณเขาที่อยู่ในเขาม่อนน้ำช้างซึ่งมีลักษณะของภูมิทัศน์และองค์ประกอบภายในระบบนิเวศที่สามารถใช้เป็นตัวแทนของพื้นที่ลุ่มน้ำได้ดี (Figure 1)

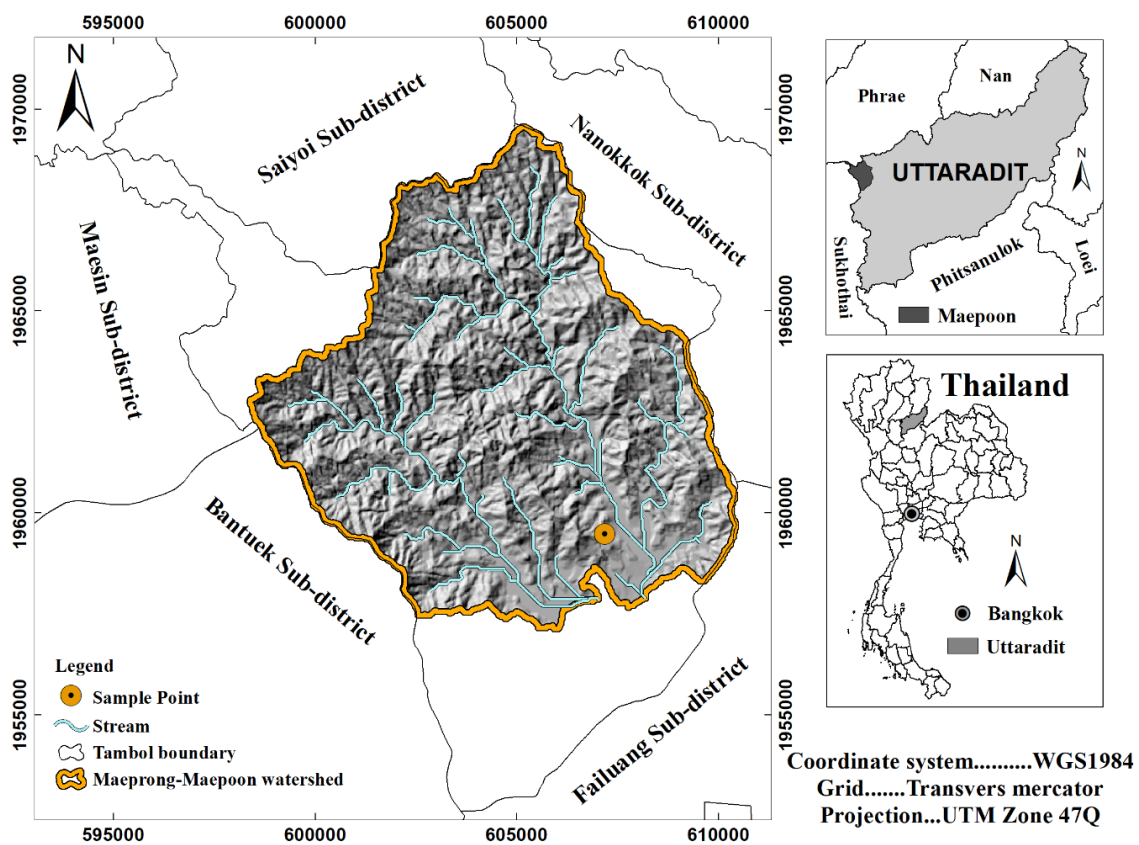


Figure 1 The location of study area in Maeprong-Maepoon watershed.

การเก็บตัวอย่างดินและวิธีวิเคราะห์

การศึกษาหน้าตัดดิน (soil profile) และเก็บตัวอย่างดินตามระดับความ 6 ระดับ ได้แก่ 0-10, 10-30, 30-60, 60-80, 80-110 และ 110-150 เซนติเมตร ในพื้นที่ป่าเบญจพรรณผสมไฟ้และระบบวนเกษตรแบบสวนไม้ผลผสม โดยทั้ง 2 ระบบนิเวศอยู่ภายใต้สถานการณ์ปกติและสถานการณ์ที่เคยเกิดดินถล่ม เพื่อวิเคราะห์สมบัติ

ดิน ได้แก่ ความจุความชื้นสนาม (field capacity: FC) จุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point: PWP) ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ (available water capacity: AWC) ความหนาแน่นรวม (bulk density : BD) อินทรีย์วัตถุในดิน (soil organic matter : OM) เนื้อดิน (soil texture) อัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินในขณะที่ดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (unsaturated infiltration rate) ปริมาณ

สัดส่วนของหิน (rock fragment: RockF) ปริมาณสัดส่วนของดิน (soil fragment: SoilF) และปริมาณสัดส่วนรากพืช (root fragment: RootF) โดยมีวิธีวิเคราะห์และผลการวิเคราะห์เช่นเดียวกันใน (Wongmun *et al.*, 2017)

การติดตั้งสถานีอุตุนิยมวิทยาและความชื้นดิน

สถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ รุ่น WS-GP1 เป็นเครื่องมือในการติดตาม ตรวจสอบ และบันทึกผล โดยสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ WS-GP1 จะมีเซ็นเซอร์ระดับสูงที่สามารถวัดปริมาณน้ำฝน รังสีแสงอาทิตย์ ความเร็วลม ทิศทางลม ความชื้นและอุณหภูมิของอากาศและเชื่อมกับเครื่องเก็บข้อมูล GP1 เพื่อบันทึกผลของค่าตัวแปรต่างๆ รวมถึงการติดตั้งเครื่องวัดความชื้นในดิน 3 ระดับความลึก ได้แก่ 5, 25 และ 50 เซนติเมตร ด้วยเครื่อง WaterScout SM 100 ซึ่งบันทึกข้อมูลลงใน WatchDog 1000 Series โดยจะทำการติดตั้งระบบนิเวศละ 1 สถานี รวมทั้งหมดเป็น 2 สถานี บริเวณเขาม่อนน้ำชา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ โดย

สถานีของแต่ละระบบนิเวศจะทำการเชื่อมต่อสายรับส่งข้อมูลในเครื่องเก็บข้อมูลแบบอัตโนมัติ ตั้งแต่วันที่ 22 เมษายน 2559 ถึงวันที่ 16 ธันวาคม 2559

การรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้รวบรวมข้อมูลอุตุนิยมวิทยา สถานีจังหวัดอุตรดิตถ์ย้อนหลัง 30 ปี (2530-2559) จากกรมอุตุนิยมวิทยา ประกอบด้วยข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ รังสีดวงอาทิตย์และความเร็วลม ซึ่งใช้ในการตั้งค่าแบบจำลอง นอกจากนี้ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันระหว่างปี 2556 ถึง 2559 จากเครือข่ายเฝ้าระวังแจ้งเตือนธรณีพิบัติภัย ตำบลแม่พูล กรมทรัพยากรธรณี (Figure 2) แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) มีความละเอียด (cell size) เท่ากับ 25 เมตร ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2559 จากมูลนิธิชัยพัฒนา และข้อมูลดินจากการศึกษาหน้าตัดดิน (soil profile) ของระบบนิเวศแต่ละประเภทในพื้นที่ศึกษา (Wongmun *et al.*, 2017)

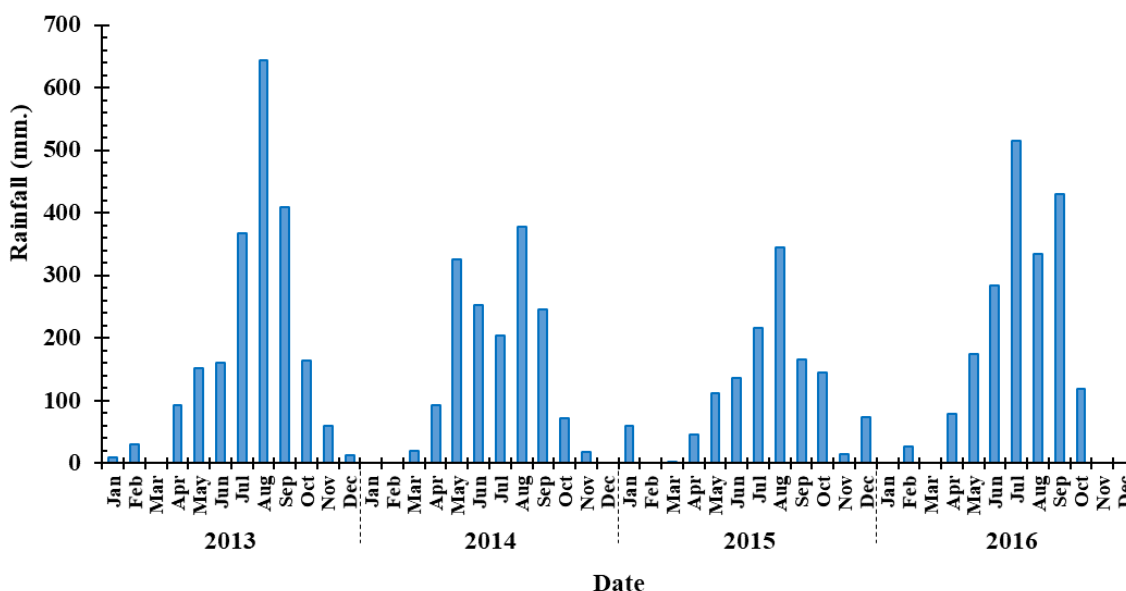


Figure 2 Monthly rainfall in Maepoon sub-district recorded during year 2008-2016.

การประเมินปริมาณน้ำในดิน

การสร้างแบบจำลองการประเมินปริมาณน้ำในดินของระบบนิเวศแต่ละประเภทด้วย SWAT ภายใต้โปรแกรม ArcGIS Desktop 10.1 (ESRI, 2012) และโปรแกรม ArcSWAT 2012.10_1.18 (SWAT, 2012) ซึ่งทำให้สามารถคำนวณปริมาณน้ำในดินภายในลุ่มน้ำได้ดังแสดงในสมการต่อไปนี้ (Suwanlertcharoen, 2011)

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw})$$

SW_t คือ ปริมาณน้ำในดินสุดท้าย (mm)

SW_0 คือ ปริมาณน้ำในดินเริ่มต้นวันที่ i (mm)

R_{day} คือ ปริมาณฝน (mm)

Q_{surf} คือ ปริมาณน้ำไหลบ่าบนผิวดิน (mm)

E_a คือ ปริมาณการคายระเหยน้ำ (mm)

W_{seep} คือ ปริมาณน้ำที่ซึมลึกลงไปได้ดิน (mm)

Q_{gw} คือ ปริมาณน้ำใต้ดินไหลลงแม่น้ำ (mm)

สำหรับขั้นตอนการประเมินปริมาณน้ำในดินด้วยแบบจำลอง SWAT มีดังนี้

1. การสร้างข้อมูลตามขอบเขตลุ่มน้ำ

การสร้างขอบเขตลุ่มน้ำโดยวิเคราะห์จากข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model: DEM) ในระดับความละเอียด 25 เมตร เพื่อสร้างเส้นลำน้ำ (Stream) และเลือกจุดศูนย์กลางของเส้นลำน้ำ เพื่อวิเคราะห์ขอบเขตของลุ่มน้ำย่อย และลุ่มน้ำทั้งหมด

2. การสร้างหน่วยจัดการอุทกวิทยา (HRUs)

การสร้างหน่วยจัดการอุทกวิทยาใช้การวิเคราะห์จากข้อมูล 3 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลชนิดดิน และข้อมูลความลาดชันที่อาศัยข้อมูล DEM ในการสร้างข้อมูลตามระดับความลาดชัน ได้แก่ ช่วงความชันร้อยละ 0-8 8-16 16-30 30-60 และมากกว่าร้อยละ 60 โดยข้อมูลทั้ง 3 ประเภท ได้จัดให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่อย่างไรก็ตาม การใช้ข้อมูลดินได้กำหนดให้มีลักษณะตามประเภทการใช้ที่ดินประกอบด้วยพื้นที่ป่าเบญจพรรณ สวนไม้ผล หมู่บ้าน และแหล่งน้ำ เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ ดำเนินการเก็บตัวอย่างสมบัติดินตามระบบนิเวศต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำ

3. การจัดเตรียมข้อมูลและแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของแบบจำลอง SWAT

การเตรียมข้อมูลด้านอุทกนิยมนิเวศวิทยาให้อยู่ในรูปแบบของ Text file โดยจัดข้อมูลในรูปแบบตามวันเวลา ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุด และความเร็วลมเฉลี่ย โดยเป็นข้อมูลรายวัน รวมถึงการสร้างข้อมูลอุทกนิยมนิเวศวิทยาทั่วไป โดยอ้างอิงข้อมูลตามสถานีตรวจวัดสภาพอากาศจังหวัดอุดรธานี

4. การเพิ่มการจัดการระบบพืชและการกำหนดช่วงระยะเวลาในการคำนวณ

การจัดการระบบพืชอาศัยข้อมูลจากฐานข้อมูลในแบบจำลอง โดยกำหนดข้อมูลเฉพาะประเภทของสิ่งปกคลุมดิน ส่วนข้อมูลดินใช้การสร้างฐานข้อมูลเพิ่ม และตั้งค่าตามตัวแปรสมบัติดินที่ทำการวิเคราะห์ด้านกายภาพ และเคมี (Table 1)

Table 1 Database to edit land cover and user soil.

Land use	Land cover code of swat	Adjusted land cover code
Mixed deciduous forest with bamboo	FRSE	BNNL
Mixed deciduous forest with bamboo- Landslide	RNGE	BSSL
Mixed fruit tree-based agroforestry	ORCD	FNNL
Mixed fruit tree-based agroforestry- Landslide	RNGB	FSSL
Water	WATR	WATER
Urban	URLD	URBAN LAND

5. การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของค่าพารามิเตอร์ (parameter) ที่ใช้ในแบบจำลองอุทกวิทยา SWAT โดยแบบจำลอง SWAT มีการใช้พารามิเตอร์จำนวนมากและปรับเปลี่ยนได้ตามความต้องการ ดังนั้นจึงต้องมีการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปร (sensitivity analysis) เพื่อให้ทราบว่าควรปรับค่าพารามิเตอร์ใดบ้าง เพื่อให้แบบจำลองทำการประเมินปริมาณน้ำในดินใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด (Wuttichaikitcharoen and Sartun, 2013).

6. การตรวจสอบความสอดคล้องแบบจำลอง และการปรับมาตรฐานแบบจำลอง SWAT (Model testing and Calibration)

การตรวจสอบความสอดคล้อง (model testing) ของแบบจำลอง SWAT ดำเนินการโดยการวิเคราะห์ความสอดคล้องของระหว่างข้อมูลปริมาณน้ำในดินที่ได้จากแบบจำลอง (simulated data) กับปริมาณน้ำในดินที่ได้จากสถานีวัดความชื้นดิน (observed data) ด้วยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ค่า Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) และค่า Percent Bias (PBIAS) ดัง Table 2 ซึ่งสามารถปรับมาตรฐานแบบจำลอง (Model Calibration) ในแบบจำลองเพื่อให้แบบจำลองมีความสอดคล้องกับความเป็นจริงมากที่สุด

Table 2 Equation of SWAT model testing.

Model testing	Equation
R^2	$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - O_{Avg})(S_i - S_{Avg})}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n (O_i - O_{Avg})^2)(\sum_{i=1}^n (S_i - S_{Avg})^2)}}$
Nash-Sutcliffe Efficiency	$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - S_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - O_{Avg})^2}$
Percent Bias	$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - S_i) \times 100}{\sum_{i=1}^n (O_i)}$

Note: O, Observed data; S, Simulated data.

การปรับมาตรฐานแบบจำลองใช้ข้อมูลความชื้นในดินจากแบบจำลองและความชื้นในดินจากการตรวจวัดภายใต้ระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินถล่มในการตรวจสอบความสอดคล้องตั้งแต่วันที่ 24 เมษายน 2559 ถึง 16 ธันวาคม 2559 และปรับค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองเพื่อเพิ่มความสอดคล้องของข้อมูลจากแบบจำลอง โดยการปรับค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวถูกใช้ในการปรับค่าพารามิเตอร์ของระบบนิเวศอื่นๆ ตามไปด้วย นอกจากนี้ การศึกษาครั้งนี้ยังได้ตรวจวัด

ความชื้นในดินภายใต้ระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินถล่ม ซึ่งสามารถใช้ในปรับมาตรฐานของแบบจำลองเฉพาะระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินถล่มได้เพิ่มเติม โดยมาตรฐานของแบบจำลองควรมีค่า R^2 และ NSE มากกว่า 0.5 และ 0.0 ตามลำดับ ส่วนค่า PBIAS ไม่ควรเกินร้อยละ 25 (ติดลบได้) จึงจะถือว่าแบบจำลองสามารถยอมรับได้ (Moriassi *et al.*, 2013)

ผลและวิจารณ์

สมบัติดิน (soil properties)

การศึกษาความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์หรือความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ (AWC) ของแต่ละระบบนิเวศ พบว่า ป่าเบญจพรรณผสมไผ่มีความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดินได้สูงที่สุดในทุกระดับความลึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ระหว่างร้อยละ 15.76 ถึง 19.26) รองลงมาเป็นสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินถล่ม ป่าเบญจพรรณผสมไผ่ที่เกิดดินถล่ม และสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร ตามลำดับ (Table 3) เนื่องจากป่าเบญจพรรณผสมไผ่มีสมบัติดินที่เหมาะสมกว่าในด้านของการเก็บกักความชื้น โดยดินมีอินทรีย์วัตถุ ความพรุน และความจุความชื้นสนามสูงกว่าระบบนิเวศประเภทอื่น ขณะที่ความหนาแน่นและ

จุดเหี่ยวถาวรมีค่าต่ำกว่าสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Deesaeng *et al.* (2010) แม้ว่าดินในสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรมีค่าความจุความชื้นสนามสูง แต่ก็มีจุดเหี่ยวถาวรที่สูงเช่นกัน จึงส่งผลให้มีค่า AWC ก่อนข้างด้าอินทรีย์วัตถุ

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Pearson correlation) ระหว่างความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์กับตัวแปรสมบัติของดิน พบว่า ความชื้น ณ จุดเหี่ยวถาวร องค์ประกอบสัดส่วนที่เป็นน้ำ องค์ประกอบสัดส่วนที่เป็นอากาศ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอนุภาคดินเหนียว และปริมาณรากพืช มีความสัมพันธ์กับความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($p < 0.01$) ขณะที่ ปริมาณอนุภาคราย มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

Table 3 Soil properties of each ecosystem type in the upstream.

Ecosystem types ^a	Depth (cm.)	Soil Texture	FC (%)		PWP (%)		AWC (%)		Infiltration rate (cm/h) (Unsaturated soil)
			Average	SD	Average	SD	Average	SD	
FN	0-10	Clay	25.49 ab ± 2.34		17.62 a ± 1.29		7.87 c ± 1.05		2.38
	10-30	Clay	25.07 a ± 0.63		18.72 a ± 0.42		6.35 b ± 0.21		5.65
	30-60	Clay	26.07 a ± 1.30		17.40 a ± 1.28		8.67 ± 2.49		13.66
	60-80	Clay	26.07 a ± 0.55		19.08 a ± 0.20		6.99 c ± 0.68		21.43
	80-110	Clay Loam	22.54 a ± 2.50		17.03 a ± 1.38		5.51 c ± 1.19		9.97
	110-150	Clay Loam	22.56 b ± 1.13		16.33 a ± 1.14		6.22 b ± 0.01		9.72
FS	0-10	Clay Loam	26.95 ab ± 4.65		17.30 a ± 4.41		9.66 c ± 0.58		9.90
	10-30	Clay Loam	26.92 a ± 2.28		18.25 a ± 2.21		8.66 ab ± 0.65		12.03
	30-60	Clay	26.81 a ± 0.10		12.14 ab ± 1.33		14.68 ± .123		12.07
	60-80	Clay	25.92 a ± 3.05		16.50 a ± 3.55		9.41 b ± 0.52		12.19
	80-110	Clay Loam	25.52 a ± 1.16		14.75a ± 1.97		10.77 b ± 0.90		20.09
	110-150	Loam	26.89 a ± 0.85		17.59 a ± 1.83		9.30 b ± 1.00		17.62
BN	0-10	Sandy Clay Loam	29.08 a ± 2.37		9.83 b ± 0.72		19.26 a ± 1.76		7.47
	10-30	Sandy Clay Loam	23.07 a ± 1.25		7.01 b ± 2.23		16.06 a ± 0.99		12.63
	30-60	Sandy Clay Loam	21.37 b ± 1.27		5.61 ab ± 0.33		15.76 ± 0.94		10.38
	60-80	Clay Loam	22.20 b ± 0.77		6.61 b ± 0.60		15.59 a ± 1.32		21.47
	80-110	Clay Loam	23.57 a ± 1.73		7.18 b ± 1.19		16.39 a ± 1.55		26.55
	110-150	Clay Loam	24.35 b ± 1.04		6.85 b ± 0.76		17.50 a ± 1.49		22.98

Table 3 (Cont.)

BS	0-10	Clay Loam	22.59 a ± 2.28	7.05 b ± 0.31	15.54 b ± 1.97	5.60
	10-30	Clay Loam	17.26 b ± 3.04	6.35 b ± 0.44	10.91 ab ± 2.99	10.08
	30-60	Sandy Clay Loam	17.76 c ± 2.51	6.89 b ± 1.60	10.86 ± 0.90	6.35
	60-80	Sandy Clay Loam	14.86 c ± 1.10	6.87 b ± 0.36	7.99 bc ± 1.30	8.85
	80-110	Sandy Clay Loam	16.53 b ± 2.15	7.03 b ± 1.06	9.50 b ± 1.23	21.16
	110-150	Sandy Clay Loam	19.28 c ± 1.43	10.81 b ± 3.97	6.84 b ± 2.81	11.50

Note: ^aEcosystem types: FN, Mixed fruit tree-based agroforestry; FS, Landslide-damaged mixed fruit tree-based agroforestry; BN, Mixed deciduous forest with bamboo; BS, Landslide-damaged mixed deciduous forest with bamboo.

การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity analysis)

ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองอุทกวิทยา SWAT พบว่า พารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหว หรือสามารถส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ ได้แก่ CN2 Canmx Esco Sol_AWC และ Rchrg_Dp (Table 4) โดย CN2 คือ ค่าเริ่มต้นของ SCS runoff curve number ที่ความชื้นดินระดับที่สอง (moisture condition II) แปรผันตามค่าความชื้นน้ำของดิน (soil permeability) ปริมาณความชื้นในดิน

ก่อนหน้า (antecedent soil water content) และประเภทการใช้ที่ดิน Canmx คือ ค่าสัดส่วนพื้นที่ของการปกคลุมเรือนยอด Esco คือค่าสัมประสิทธิ์การชะเซกการระเหยของดิน Sol_AWC คือค่าปริมาณน้ำในดินที่พืชสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ และ Rchrg_Dp คือ ค่าการซึมลึกของน้ำในดิน ซึ่งการเพิ่มค่าพารามิเตอร์ CN2 และ Esco ทำให้น้ำในดินลดลง ส่วนการเพิ่ม Canmx Sol_AWC และ Rchrg_Dp ทำให้น้ำในดินเพิ่มขึ้น

Table 4 Result of sensitivity analysis for soil water content simulation.

Factor	Adjusted	Soil water before adjustment (mm.)	Soil water after adjustment (mm.)	The changed value (mm.)	Percentage change (%)
CN2	35.00	169.00	46.86	122.14	72.27
	50.00	169.00	46.76	122.24	72.33
Canmx	20.00	169.00	50.17	118.83	70.31
	25.00	169.00	50.32	118.68	70.22
Esco	0.10	169.00	88.79	80.21	47.46
	0.50	169.00	88.62	80.38	47.56
Sol_AWC	0.10	169.00	55.92	113.08	66.91
	0.50	169.00	93.43	75.57	44.72
Rchrg_Dp	0.20	169.00	46.86	122.14	72.27
	0.50	169.00	88.79	80.21	47.46

การตรวจสอบความสอดคล้องแบบจำลอง และการปรับมาตรฐานแบบจำลอง SWAT (Model testing and Calibration)

ผลจากการตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองโดยเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำในดินที่ได้จากเครื่องวัดความชื้นในดิน (observed data) และจากแบบจำลอง (simulated data) ของสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรทั้งที่ไม่เกิดดินถล่มและเกิดดินถล่มมีความสอดคล้องค่อนข้างต่ำ จึงทำการปรับค่าพารามิเตอร์ให้

แบบจำลองมีความเหมาะสมผลได้มากขึ้น โดยกำหนดให้ CN เท่ากับ 60 Esco เท่ากับ 0.2 และ Sol_AWC เท่ากับ 0.4 ซึ่งเป็นการปรับค่าในทุกประเภทการใช้ที่ดิน (land use data) ชนิดดิน (soil data) และความลาดชัน (slope) และได้ทำการปรับมาตรฐานเพิ่มเติมในเฉพาะส่วนของการใช้ที่ดินและชนิดดิน ในดินสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินถล่มทุกระดับความลาดชัน โดยกำหนดให้ CN เท่ากับ 70 Esco เท่ากับ 0.1 และ Sol_AWC เท่ากับ 0.2 (Table 5)

Table 5 Adjustment data of model testing and calibration of soil water content simulation.

Factor	Descriptions	Interval of factor value	Adjusted data (Model)	Adjusted data (FS)
CN2	SCS runoff curve number	35-98	60	70
Esco	Soil evaporation compensation factor	0-1	0.2	0.1
Sol_AWC	Available water capacity of the soil layer	0-1	0.4	0.2

การปรับมาตรฐานแบบจำลองน้ำในดิน (Model calibration) ส่งผลให้ข้อมูลปริมาณน้ำในดินที่ได้จากเครื่องวัดความชื้นในดิน (observed values) และข้อมูลจากแบบจำลองที่ได้ปรับมาตรฐาน (best simulated values) มีค่าความสอดคล้องมากขึ้น โดยค่าความสอดคล้องของสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรมีค่า R^2 NSE และ PBIAS เท่ากับ 0.58 0.48 และ 8.91 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้ (Figure 3) ขณะที่ความสอดคล้องของแบบจำลองน้ำในดินของ

สวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินถล่มมีค่า R^2 NSE และ PBIAS เท่ากับ 0.56 0.33 และ -4.99 ตามลำดับ โดยอยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้เช่นเดียวกัน (Figure 4) อย่างไรก็ตามค่าความสอดคล้องมีค่าต่ำมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ค่า NSE ซึ่งโดยทั่วไปเกณฑ์ของ NSE มีดังนี้ (Blöschl *et al.*, 2013)

NSE > 0.75	Good to fair fit
NSE 0.5-0.75	Poor to fair fit
NSE ≤ 0.5	Poor fit

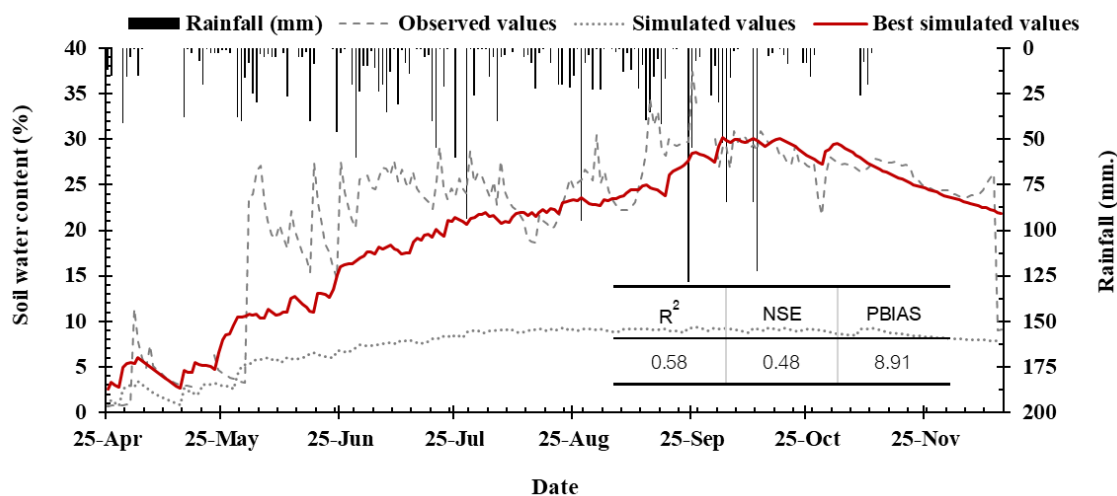


Figure 3 Model testing and calibration of soil water content simulation of mixed fruit tree-based agroforestry.

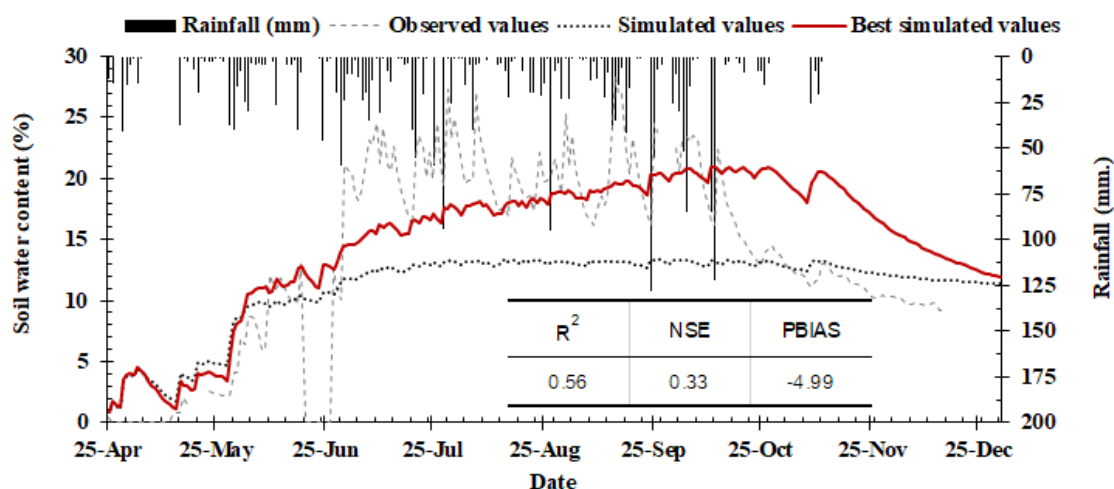


Figure 4 Model testing and calibration of soil water content simulation of landslide-damaged mixed fruit tree-based agroforestry.

การจำลองสถานการณ์ปริมาณน้ำในดิน (soil water content simulation)

การจำลองสถานการณ์ปริมาณน้ำในดินของแต่ละระบบนิเวศตลอดปี 2559 พบว่า ป่าเบญจพรรณผสมไฟที่ไม่เกิดดินถล่มมีปริมาณน้ำในดินสูงที่สุด (เฉลี่ย 180.82 มิลลิเมตร) รองลงมาได้แก่ สวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินถล่ม (เฉลี่ย 174.01 มิลลิเมตร) ป่าเบญจพรรณผสมไฟที่เกิดดินถล่ม (เฉลี่ย 133.18 มิลลิเมตร)

และสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินถล่ม (เฉลี่ย 129.34 มิลลิเมตร) ทั้งนี้ พฤติกรรมของปริมาณน้ำในดินมีลักษณะคล้ายกัน โดยเมื่อเกิดเหตุการณ์ฝนตก ปริมาณน้ำในดินจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (Table 6)

อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำในดินที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ (simulated soil water content) ของแต่ละระบบนิเวศมีความแตกต่างกันชัดเจน เนื่องจากองค์ประกอบและสมบัติดินมีความแปรปรวนภายใต้

สภาพป่าต่างชนิด (Sonkanha *et al.*, 2012) โดยเฉพาะระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่ไม่เกิดดินถล่ม ซึ่งสามารถสะสมน้ำในดินได้มากกว่าระบบนิเวศ และสถานการณ์อื่นๆ เนื่องจากสมบัติดินในระบบนิเวศดังกล่าวสามารถส่งผลต่อศักยภาพในการเก็บกักน้ำได้ โดยจากการวิเคราะห์สมบัติดิน พบว่า ป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่ไม่เกิดดินถล่มมีค่าความพรุน องค์ประกอบดิน

สัดส่วนที่เป็นอากาศ อินทรีย์วัตถุ และความจุความชื้นสนามค่อนข้างสูง รวมถึงมีค่าความหนาแน่นรวมและจุดเหี่ยวถาวรต่ำ ดังนั้น ป่าเบญจพรรณผสมไม้ที่ไม่เกิดดินถล่มมีความสามารถในการเก็บกักน้ำสูงที่สุด (AWC) จึงสามารถเก็บกักน้ำในดินได้สูงที่สุดตลอดทั้งปี 2559 (Figure 5)

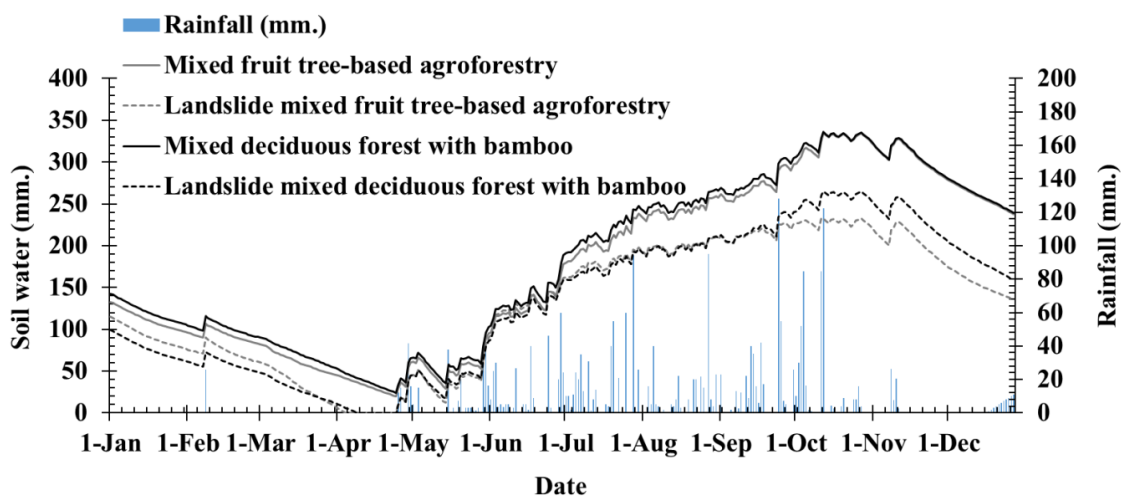


Figure 5 Simulated soil water content of each ecosystem in year 2016.

ปริมาณน้ำในดินของพื้นที่ศึกษาภายในรอบปี 2559 จากการจำลองสถานการณ์แสดงให้เห็นว่าช่วงเดือนเมษายน 2559 มีปริมาณน้ำในดินน้อยมาก (ระหว่าง 5.06-39.13 มิลลิเมตร ดังแสดงใน Table 6) เนื่องจากเกิดภาวะฝนทิ้งช่วงตั้งแต่ปลายเดือนตุลาคม 2558 จนถึงกลางเดือนเมษายน 2559 (Figure 6) จนกระทั่งเกิดเหตุการณ์ฝนตกในภายหลังและเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจนในเดือนพฤษภาคม หลังจากนั้น มีเหตุการณ์ฝนตกค่อนข้างต่อเนื่องทำให้ปริมาณน้ำในดินเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในทุกเดือน จนกระทั่งปริมาณน้ำในดินมีปริมาณสูงสุดทั่วทั้งพื้นที่ในเดือนตุลาคม (มากกว่า 200 มิลลิเมตร) และมีปริมาณน้ำในดินสูงมากในบริเวณ

ที่เป็นพื้นที่ราบ (พื้นที่รับน้ำ) บริเวณตอนล่างของกลุ่มน้ำ จากนั้นเมื่อมีการทิ้งช่วงของฝนในเดือนพฤศจิกายน และไม่มีฝนในเดือนธันวาคม ปริมาณน้ำในดินจึงลดลงตามไปด้วย เนื่องจากการเพิ่มของปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มปริมาณของสมดุลน้ำด้านต่างๆ (Bhatu and Rank, 2017) โดยสัดส่วนปริมาณน้ำในดิน (SW) ของกลุ่มน้ำแม่พ่อง-แม่พูล ที่เก็บกักได้จากการตกของฝนประมาณร้อยละ 5.15 ของปริมาณน้ำฝน หรือ 10.91 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ (AWC) รวมของทั้งกลุ่มน้ำ (87.20 ตารางกิโลเมตร) เท่ากับ 39.55 ล้านลูกบาศก์เมตร

Table 6 Mean of monthly simulated soil water content in ecosystems in 2016.

Month	Soil water content (mm.)				Mean
	Mixed deciduous forest with bamboo		Mixed fruit tree-based agroforestry		
	Non Landslide	Landslide	Non Landslide	Landslide	
January	121.86	78.09	112.49	93.16	105.48
February	101.30	58.88	93.05	73.12	85.61
March	71.48	28.37	61.92	34.13	53.28
April	39.13	6.04	33.90	5.07	24.67
May	61.16	42.28	55.01	39.79	51.49
June	138.21	122.47	128.75	129.46	130.71
July	215.93	174.13	204.75	178.84	197.49
August	250.97	197.89	242.64	199.52	228.49
September	279.60	219.75	271.41	214.79	253.17
October	326.34	256.78	323.26	228.17	292.77
November	307.65	236.09	306.22	205.65	273.45
December	256.20	177.38	254.72	150.40	219.97
Average	180.82	133.18	174.01	129.34	

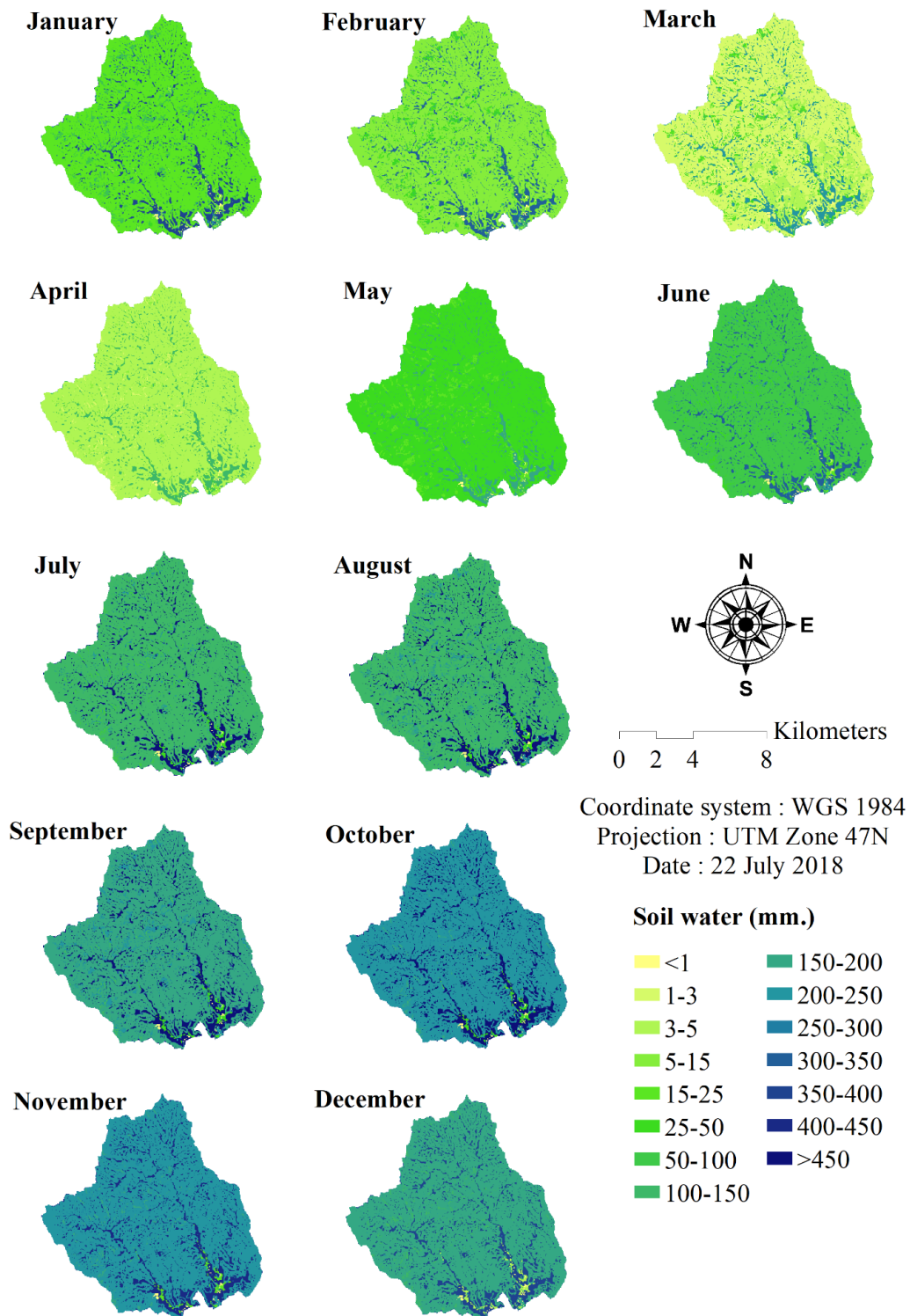


Figure 6 Spatial simulated soil water content of Maeprong-Maepoon watershed in year 2016.

สรุป

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ในพื้นที่ดินถล่ม บริเวณลุ่มน้ำแม่พ่อง-แม่พูล โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT พบ พารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวหรือสามารถส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ ได้แก่ CN2 Canmx Esco Sol_AWC และ Rchrg_Dp โดยใช้พารามิเตอร์ในการปรับมาตรฐานแบบจำลอง CN2 Esco และ Sol_AWC และผลตรวจสอบความสอดคล้องแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลน้ำในดินของสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรมีค่า R^2 NSE และ PBIAS เท่ากับ 0.58 0.48 และ 8.91 ตามลำดับ และได้ทำการปรับมาตรฐานเพิ่มเติมในเฉพาะส่วนของแบบจำลองน้ำในดินสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่มีค่า R^2 NSE และ PBIAS เท่ากับ 0.56 0.33 และ -4.99 ตามลำดับ โดยอยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้เช่นเดียวกัน ผลจากการประเมินน้ำในดินจากแบบจำลอง SWAT ในปี 2559 พบว่า สัดส่วนปริมาณน้ำในดิน (SW) ที่เก็บกักได้จากการตกของฝนประมาณร้อยละ 5.15 ของปริมาณน้ำฝน หรือ 10.91 ล้านลูกบาศก์เมตร จากมีความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ (AWC) รวมของทั้งลุ่มน้ำเท่ากับ 39.55 ล้านลูกบาศก์เมตร ทั้งนี้ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไผ่ที่มีปริมาณน้ำในดินสูงที่สุดเนื่องจากมีค่าความพรุน องค์ประกอบดินสัดส่วนที่เป็นอากาศ อินทรีย์วัตถุ และความจุความชื้นสนามค่อนข้างสูง รวมถึงมีค่าความหนาแน่นรวมและจุดเหี่ยวถาวรต่ำ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการเก็บกักน้ำในดินของระบบนิเวศประเภทเดียวกันระหว่างสถานการณ์ปกติและสถานการณ์ที่เกิดดินถล่ม สามารถบ่งชี้ได้ว่าระบบนิเวศที่เขยเกิดดินถล่มมีปริมาณการเก็บกักน้ำในดินได้น้อยกว่าอย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดระบบนิเวศหลักเป็นป่าเบญจพรรณผสมไผ่และสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรเท่านั้น ซึ่งสามารถแบ่งประเภทเพื่อเพิ่มความละเอียดของข้อมูลและความถูกต้อง รวมถึงแบบจำลองน้ำในดินยังมีลักษณะเฉพาะ เนื่องจากปี 2558 ซึ่งเป็นปีก่อนดำเนินการเก็บข้อมูลมีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าปกติ (El Nino)

REFERENCES

- Bhatu, H. and H. Rank. 2017. Estimation the water balance component in Rangmati river basin using SWAT model. **Trans Stellar** 7: 547-554.
- Blöschl, G., M. Sivapalan, H. Savenije, T. Wagener, A. Viglione. 2013. *Runoff Prediction in Ungauged Basins: Synthesis Across Processes, Places and Scales*. Cambridge University Press: Cambridge, UK.
- Boonyanuphap, J. and P. Tonglem. 2011. **Land Evaluation and Land Readjustment Guideline for Zoning of Agro-economic and Protected Areas in Steep Mountainous**. Complete Research Report. Thai Health Promotion Foundation. (in Thai)
- Deesaeng, B., C. Ornarsa, P. Witawaschugul. 2010. **Soil Water Holding Capacity of Rayong Watershed**. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. (in Thai)
- Department of Mineral Resources. 2011. **Risk map of community landslide**, Uttaradit province. Complete report. Ministry of Natural Resources and Environment. Available source: http://www.dmr.go.th/download/north/Uttaradit_final.pdf, July 15, 2015. (in Thai)
- Easton, Z.M. 2016. Soil and Soil Water Relationships. **VCE publication** BSE-194.
- Havrylenko, S.B., J.M. Bodoque, R.Srinivasan, G.V.Zucarelli and P.Mercuri. 2016. Assessment of the soil water content in the Pampas region using SWAT. **CATENA** 137: 298-309.
- Li M.X., Z.G. Ma and J.W. Du. Regional soil moisture simulation for Shaanxi Province using SWAT model validation and trend analysis. **Sci China Earth Sci** 53: 575-590.

- Maepoon Tambon Administration Organization. 2015. **General Information**. Available source: <http://www.maephun.org/modules.php?name=Downloads>, June 28, 2015. (in Thai)
- Moriasi, D.N., J.G. Arnold, M.W. Van Liew, R.L. Bingner, R.D. Harmel and T.L. Veith. 2013. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. **Transactions of the ASABE** 50 (3): 885-900.
- Narasimhan, B. and R. Srinivasan. 2005. Development and evaluation of Soil Moisture Deficit Index (SMDI) and Evapotranspiration Deficit Index (ETDI) for agricultural drought monitoring. **Agricultural and Forest Meteorology** 133: 69-88.
- Ratneetoo, B. 2009. Organic fertilizer improves deteriorated soil. **Princess of Naradhiwas University Journal** 1 (2) : 1-16. (in Thai)
- Sonkanha, W., S. Anusontpornperm, S. Thanachit, I. Kheoruenromne and T. Artchawakom. 2012. Soil characteristics under various types of forest in Sakaerat Environmental Research Station. **Khon Kaen Agriculture Journal** 40 : 7-18. (in Thai)
- Suwanlertcharoen, T. 2011. **Application of the SWAT Model to Evaluate Runoff and Suspended Sediment from a Small Watershed: A Case Study of Mae Phun Subwatershed, Laplae District, Uttaradit Province**. M.S. Thesis, Kasetsart Universtiy. (in Thai)
- Tealnugutoom, B. 2005. **Soil Science E-learning**. Available source: http://elearning.nsrui.ac.th/web_elearning/soil/lesson_4_3.php, June 28, 2015. (in Thai)
- Valdivia, C.P., B.C. Menun and D.W. McMartin. 2017. Hydrological modeling of the pipestone creek watershed using the Soil Water Assessment Tool (SWAT): Assessing impacts of wet land drainage on hydrology. **Journal of Hydrology: Regional Studies** 14: 109-129.
- Wang D., M. Hejazi, X. Cai and A.J. Valocchi. 2011. Climate change impact on meteorological, agricultural, and hydrological drought in central Illinois. **Water Resour. Res** 47: W09527.
- Witawaschugul, P., S. Panuthai and P. Thitirojanawat. 2011. **The Role of Forest Resources and Flooding Problems–Landslides**. Watershed Conservation and Management Office. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. (in Thai)
- Wongmun, A., K. Maosew and J. Boonyanuphap. 2017. Loss value of soil ecosystem services in the upstream regions impacted by Landslide. **Thai Journal of Forestry** 36 (1) : 99-112. (in Thai)
- Wongmun, A., K. Maosew and J. Boonyanuphap. 2017. Relationship of soil properties to soil water holding capacity in the upstream regions impacted by landslide. pp. 9-16, *In The 2nd Naresuan Conference on Natural Resources, Geoinformation and Environment*, Naresuan University, Phitsanulok. (in Thai)
- Wuttichaikitcharoen, P. and C. Sartun. 2013. Runoff estimation in Mae Chaem Basin using SWAT. pp. 1-5. *In The 5rd EIT International Conference on Water Resources Engineering*. 5-6 July, 2013. Le Méridien Chiang Rai Resort, Chiang Rai. (in Thai)