อิทธิพลของปริมาณน้ำฝนและค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินต่อการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยนาหลวง จังหวัดน่าน

Influences of Rainfall and Antecedent Precipitation Index on Surface Runoff Generation in Na Luang Sub-Watershed, Nan Province

รัชนีกร เล็กประเสริฐ*

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วีนัส ต่วนเครือ และยุทธพงษ์ คีรีมังคละ

ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Ratchaneekorn Lekprasoet*

The Graduate School, Kasetsart University

Venus Tuankrua and Yutthaphong Kheereemangkla

Department of Conservation, Faculty of Forestry, Kasetsart University

Received: August 6, 2021 ; Accepted: December 28, 2021

บทคัดย่อ

ปริมาณน้ำฝนและค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (API) สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดหรือเกณฑ์กำหนดการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน ซึ่งผลการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย (ปี พ.ศ. 2561-2562) เท่ากับ 989.40 มิลลิเมตร เมื่อค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวัน (APIt) มากกว่าค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤตที่ใช้ความชื้นในดินเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (CAPIsat) ในการคำนวณพบว่าเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินในพื้นที่ป่าธรรมชาติและพื้นที่เกษตรกรรม จำนวน 16 และ 71 ครั้งตามลำดับ โดยมีปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินเฉลี่ย 20.39 และ 37.10 มิลลิเมตรต่อครั้งตามลำดับ และเกิดจากการที่มีปริมาณน้ำฝนสะสม 9 วันมากกว่าหรือเท่ากับ 87.39 และ 49.54 มิลลิเมตรตามลำดับ หรือมีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันตั้งแต่ 211.44 และ 200.02 มิลลิเมตรขึ้นไปตามลำดับ โดยพื้นที่ป่าธรรมชาติเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินน้อยกว่าพื้นที่เกษตรกรรมร้อยละ 81.89

คำสำคัญ : ลักษณะการตกของฝน; ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน; น้ำไหลบ่าหน้าดิน

Abstract

Rainfall and antecedent precipitation index (API) can be used as indicators or criteria for surface runoff. This study found that the average annual rainfall (2018-2019) was 989.40 mm. When daily

**Corresponding author: Appleff79@hotmail.com*

antecedent precipitation index (API_t) was greater than the critical antecedent precipitation index calculated by saturated soil moisture ($CAPI_{sat}$), it was indicated that there were surface runoff events in the natural forests and agricultural watersheds as 16 and 71 times, respectively. The averages of surface runoff were approximately 20.39 and 37.10 mm per time, respectively. The 9-day accumulated rainfall levels were greater or equal to 87.39 and 49.54 mm, respectively. Moreover, the daily antecedent precipitation indexes were 211.44 and 200.02 mm, respectively. The natural forest watersheds occurred surface runoff less than agricultural watersheds as 81.89 percent.

Keywords: rainfall characteristics; antecedent precipitation index (API); surface runoff

1. บทนำ

ลักษณะการตกของฝน และสมบัติดินเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน ซึ่งดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันเป็นค่าดัชนีที่สะท้อนถึงปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในดินที่เกิดขึ้นจากการสะสมของฝนที่ตกลงมาในแต่ละครั้งและมีค่าลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มมากขึ้นหลังฝนหยุดตก (Linsley, 1982) และดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤตคือค่าดัชนีที่ใช้วัดปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในดินเป็นปริมาณน้ำที่ดินสามารถรองรับได้สูงสุด เมื่อเกินความสามารถนี้จะทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินได้ (จิราภรณ์, 2559) การประยุกต์ใช้ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินในการพิจารณาการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินและปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินจะช่วยทำให้ทราบถึงปริมาณน้ำฝนส่วนเกินที่อาจจะกลายเป็นน้ำท่าได้แล้ว ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นข้อมูลประกอบการเตือนภัยการเกิดอุทกภัยได้ การนำเอาค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤตมาเป็นดัชนีในการบอกว่าเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินจะช่วยทำให้เกิดการเฝ้าระวัง และเตือนภัยจากน้ำท่วมเฉียบพลันได้ เนื่องจากเป็นตัวช่วยในการบอกถึงความสามารถของดินในการรองรับน้ำไว้ได้ (อรอนงค์, 2561) หากพื้นที่มีปริมาณน้ำฝนเกินกว่าที่ดินรองรับน้ำได้จะเกิดเป็นน้ำไหลบ่าหน้าดินซึ่งส่งผลต่อการเกิดอุทกภัยในพื้นที่

การใช้ที่ดินที่ไม่เหมาะสมในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยนาหลวง อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน โดยเฉพาะการทำเกษตรเชิงเดี่ยวส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านโครงสร้างและการทำหน้าที่ของระบบนิเวศลุ่มน้ำ โดยเฉพาะสมบัติดินและอุทกวิทยาดินในพื้นที่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ทำให้มีโอกาสเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินได้ง่าย และส่งผลให้มีปริมาณน้ำท่าในลำธารมากในช่วงฤดูฝนเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดอุทกภัยและเกิดปัญหาภัยแล้งในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากปริมาณน้ำฝนส่วนใหญ่ที่ตกลงมาในพื้นที่ไม่สามารถซึมผ่านผิวดินลงสู่พื้นดินได้ทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินเพิ่มขึ้น การใช้ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินในการประมาณการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินจึงมีความสำคัญเนื่องจากปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินเป็นผลที่ได้จากการทำกิจกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งสามารถบอกได้ว่าพื้นที่ลุ่มน้ำมีสภาพเป็นอย่างไรและเกิดปัญหาหรือไม่เพื่อเป็นประโยชน์ในการจัดการพื้นที่ในอนาคตต่อไป

2. วิธีการ

2.1 วัตถุประสงค์

2.1.1 วิเคราะห์ปริมาณน้ำฝน และค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินในพื้นที่ป่าธรรมชาติและพื้นที่เกษตรกรรม

2.1.2 วิเคราะห์อิทธิพลของปริมาณน้ำฝนและค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินต่อการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน

2.2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.2.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยนาหลวง ตั้งอยู่บริเวณตำบลอ่ายนาไลย อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน ในการศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 รูปแบบการใช้ที่ดินประกอบไปด้วย พื้นที่ป่าธรรมชาติที่ปกคลุมไปด้วยป่าเบญจพรรณ มีพื้นที่ครอบคลุม 2.49 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่เกษตรกรรมมีการใช้ประโยชน์ที่ดินประกอบไปด้วยไร่ข้าวโพด มันสำปะหลัง และยางพารา เป็นส่วนใหญ่ มีพื้นที่ครอบคลุม 4.31 ตารางกิโลเมตร มีความลาดชันเฉลี่ยร้อยละ 30.25 และ 35.55 ตามลำดับ

2.3 การรวบรวมข้อมูล

2.3.1 การรวบรวมข้อมูลแผนที่ลักษณะภูมิประเทศ แผนที่ชุดดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดน่าน โดยทำการเก็บข้อมูลภาคสนามในช่วงน้ำหลาก (wet period) ตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคมและช่วง

2.3.2 ปริมาณน้ำฝน ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันที่วัดได้จากเครื่องวัดน้ำฝนอัตโนมัติราย 30 นาที ตั้งอยู่บริเวณลุ่มน้ำย่อยนาหลวง อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึงเดือนธันวาคม 2562

2.3.3 การเก็บตัวอย่างดิน ทำการกำหนดจุดเก็บข้อมูลดินโดยพิจารณาจากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและแผนที่ชุดดินเป็นหลัก เก็บตัวอย่างดินที่ 3 ระดับความลึก คือ ดินที่ระดับความลึก 0-15, 15-30 และ 30-60 เซนติเมตรจากผิวดิน โดยแต่ละพื้นที่เก็บตัวอย่าง 6 จุด จุดละ 3 ซ้ำ รวมเป็น 54 ตัวอย่าง เก็บตัวอย่างดิน 2 รูปแบบ คือ เก็บตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนโครงสร้างดิน (undisturbed soil sampling) โดยใช้กระบอกเก็บดินเพื่อนำไปวิเคราะห์หาความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (soil water holding capacity) ความชื้นในดินเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated soil moisture) และการเก็บตัวอย่างดินแบบรบกวนโครงสร้างดิน (disturbed soil sampling) เพื่อนำไปวิเคราะห์เนื้อดิน (soil texture) และอินทรียวัตถุในดิน (soil organic matter)

2.3.3 ปริมาณการคายระเหยของน้ำ ใช้ข้อมูลอุณหภูมิอากาศรายเดือน ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม จำนวนชั่วโมงแสงแดด จากเครื่องวัดอากาศอัตโนมัติในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยนาหลวง โดยใช้สมการของ Penman Monteith (Smith, 1990) คำนวณหาค่าการคายระเหยน้ำในพื้นที่ศึกษาเพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากพื้นที่และนำไปคำนวณหาค่าคงที่คูณลดต่อไป

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

2.4.1 ปริมาณน้ำฝน

แยกการตกของฝนรายครั้ง (rainfall event) จากการใช้เครื่องวัดน้ำฝนอัตโนมัติชนิดถ้วยกระดกโดยกำหนดการแยกการตกของฝนรายครั้งตามวิธีของ สิทธิโชค (2559) โดยฝนตกห่างกัน 1 ชั่วโมง จะกำหนดเป็น 1 ครั้ง หรือ 1 สตอร์ม และกำหนดให้ฝนที่ตกลงมาในแต่ละครั้งมีปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ 1 มิลลิเมตรขึ้นไป และนำไปคำนวณปริมาณน้ำฝนรายวัน รายเดือน รายฤดูกาล รายปี และระดับความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนรายวัน ตามเกณฑ์ของกรมอุตุนิยมวิทยา

2.4.2 สมบัติดินและอุทกวิทยาของดิน

นำตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการและคำนวณสมบัติดินทางกายภาพบางประการ ได้แก่ ความหนาแน่นรวมของดินใช้วิธี Core method (Blake and Hartge, 1986) เนื้อดินใช้วิธี Hydrometer method (Bouyoucos, 1927) และปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Walkley and Black,

1947)ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินใช้วิธี Pressure plate apparatus (วันเพ็ญ และชนิดา, 2559) และความชื้นในดินเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำด้วยวิธี Gravimetric method เพื่อนำไปใช้ในการหาค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน และดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤต

2.4.3 ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวัน (API_t) ดัชนีความชุ่มชื้นของดินเป็นการหาปริมาณความชื้นในดินที่เกิดขึ้นจากการสะสมของฝนที่ตกลงมาในแต่ละครั้งโดยจะมีค่าลดลงตามช่วงระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นหลังจากฝนหยุดตก (Linsley, 1982) มีรูปแบบดังสมการที่ (1)

$$API_t = (k_t \times API_{t-1}) + P_t \quad (1)$$

เมื่อ API_t คือ ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวัน (t) (มิลลิเมตร)

API_{t-1} คือ ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินก่อนหน้า (t-1) (มิลลิเมตร)

P_t คือ ค่าปริมาณน้ำฝนรายวัน (t) (มิลลิเมตร)

k_t คือ ค่าคงที่คูณลดรายวัน (t)

ค่า K_t หาได้จากความสัมพันธ์ของ (Choudhury and Blanchard, 1983) ดังสมการที่ (2)

$$k_t = \exp^{(-E_t/W)} \quad (2)$$

เมื่อ k_t คือ ค่าคงที่คูณลดรายวัน (t)

E_t คือ การคายระเหยน้ำรายวัน (t) (มิลลิเมตร)

W คือ ค่าสูงสุดของปริมาณน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ต่อกระบวนการคายระเหยน้ำ (มิลลิเมตร)

2.4.4 การหาค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤต (CAPI)

ศึกษาศักยภาพสูงสุดของพื้นที่ในการรองรับน้ำได้ของดินโดยคำนวณปริมาณน้ำสูงสุดที่ดินกักเก็บได้ใน 2 สถานะคือ ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และความชื้นในดินเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ซึ่งคำนวณจากสมการที่ (3) และ (4)

$$CAPI_{whc} = (WHC / 100) \times T \quad (3)$$

เมื่อ $CAPI_{whc}$ คือ ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤต (มิลลิเมตร)

WHC คือ ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)

T คือ ความลึกของดิน (มิลลิเมตร)

$$CAPI_{sat} = (SM_{sat} / 100) \times T \quad (4)$$

เมื่อ $CAPI_{sat}$ คือ ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤต (มิลลิเมตร)

SM_{sat} คือ ความชื้นในดินเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)

T คือ ความลึกของดิน (มิลลิเมตร)

2.4.5 การวิเคราะห์อิทธิพลของปริมาณน้ำฝนและค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินต่อการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินในพื้นที่ป่าธรรมชาติและพื้นที่เกษตรกรรมวิเคราะห์อิทธิพลของปริมาณน้ำฝนและค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันต่อการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินระหว่างพื้นที่ป่าธรรมชาติกับพื้นที่เกษตรกรรม โดยสร้างกราฟเพื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2562 โดยให้ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤตที่ได้จากความสามารถในการอุ้มน้ำของดินและความชื้นในดินเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำเป็นค่าสูงสุดที่ดินจะสามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ เมื่อค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันมีค่ามากว่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤตทั้งสองกรณีก็จะทำเกิดน้ำฝนส่วนเกินและเกิดเป็นน้ำไหลบ่าหน้าดิน หลังจากนั้นจะพิจารณารูปแบบลักษณะการตกของฝนในช่วงที่เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน

2.4.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย *(t*-test) เปรียบเทียบสมบัติดินและปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินระหว่างพื้นที่ป่าธรรมชาติและพื้นที่เกษตรกรรม

วิเคราะห์อิทธิพลของปริมาณน้ำฝนและค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินต่อการเกิดน้ำไหลบ่าหน้า

ดินโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) และทดสอบค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson correlation)

Table 1 Rainfall characteristics measured in Na Luang Sub-Watershed during 2018-2019

Periods	Month	Rainfall amount (mm)	Strom event (number)
Dry period	Jan	24.80	6
	Feb	16.10	7
	Mar	11.05	5
Wet period	Apr	96.50	21
	May	100.85	24
	Jun	113.05	48
	Jul	193.70	47
	Aug	324.70	68
	Sep	49.15	17
	Oct	45.40	15
Dry period	Nov	6.60	11
	Dec	7.50	5
Annual		**989.40**	**274**
Wet period		923.35	240
Dry period		66.05	34
% Wet period / Annual		93.32	87.59
% Dry period / Annual		6.68	12.41

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

3.1 ปริมาณน้ำฝน

จากการศึกษาพบว่าลุ่มน้ำย่อยนาหลวงมีปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย 989.40 มิลลิเมตร เมื่อพิจารณาช่วงน้ำหลากและช่วงแล้งฝนโดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนและอุณหภูมิรายเดือนเฉลี่ย 30 ปี พบว่าช่วงน้ำหลากมีจำนวน 7 เดือน (เดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม) และช่วงแล้งฝนมีจำนวน 5 เดือน (เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม) ในช่วงน้ำหลากและช่วงแล้งฝนมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 923.35 และ 66.05 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 93.32 และ 6.68 ของปริมาณน้ำฝนรายปี และมีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในเดือนสิงหาคม 324.70 มิลลิเมตร และน้อยที่สุดในเดือนพฤศจิกายน 6.60 มิลลิเมตร (Table1) จากการจำแนกเกณฑ์การตกของฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา 4 ระดับ (กรมอุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป.) ได้แก่ 0.10-10.00 (ฝนเล็กน้อย) 10.10-35.00 (ฝนปานกลาง) 35.10-90.00 (ฝนหนัก) และมากกว่า 90.10 มิลลิเมตร (ฝนหนักมาก) พบว่า ฝนส่วนใหญ่ที่ตกในแต่ละวันมีปริมาณ 0.10-10.00 มิลลิเมตร ซึ่งอยู่ในระดับฝนเล็กน้อยโดยมีจำนวนเฉลี่ย 92 วันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 72.33 ของจำนวนวันที่ฝนตกทั้งหมด ปริมาณน้ำฝนในช่วง 10.10-35.00 มิลลิเมตร เป็นฝนปานกลางมีจำนวนเฉลี่ย 30 วันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 23.23 ของจำนวนวันที่ฝนตกทั้งหมด และช่วง 35.10-90.00 เป็นฝนหนักมีจำนวนเพียงเฉลี่ย 6 วันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 4.35 ของจำนวนวันที่ฝนตกทั้งหมด และไม่พบฝนที่มีปริมาณมากกว่า 90.10 มิลลิเมตรขึ้นไป ซึ่งเป็นฝนหนักมากสอดคล้องกับ สิทธิโชค (2559) พบว่า ฝนที่มีปริมาณมากกว่า 90.10 มิลลิเมตรขึ้นไปเกิดขึ้นเพียงร้อยละ 0.92 ซึ่งถือว่าเป็นฝนที่ทำให้เกิดน้ำท่วมทางภาคเหนือของประเทศไทย (ธีระพงษ์, 2539) (Table 2)

3.2 ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวัน (Antecedent Precipitation Index, API_t)

จากการศึกษาพบว่าค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันจะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณน้ำฝนของวันที่ทำการศึกษาและความชื้นดินที่มีอยู่ก่อนหน้า เมื่อ

ฝนตกจะทำให้ความชื้นดินเพิ่มขึ้นหากมีค่าการคายระเหยน้ำลดลงส่งผลให้ค่าคงที่คูณลดรายวันสูงขึ้น การที่ค่าคงที่คูณลดรายวันสูงขึ้นส่งผลโดยตรงทำให้ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันสูงขึ้นตามไปด้วย ในขณะเดียวกันหากมีค่าการคายระเหยน้ำเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้มีค่าคงที่คูณลดรายวันลดลงและทำให้ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันลดลง และสามารถอธิบายค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันในแต่ละพื้นที่ได้ดังนี้

Table 2 Numbers of rainy days classified by rainfall categories in Na Luang Sub-Watershed

Rainfall (mm)	Annual frequency of rainy day	
	Number of days	Percentages
0.10-10.00	92	72.33
10.10-35.00	30	23.32
35.10-90.00	6	4.35
> 90.10	-	-
Total	**127**	**100**

พื้นที่ป่าธรรมชาติมีค่าคงที่คูณลดรายวันอยู่ในช่วง 0.65-0.82 ช่วงน้ำหลากมีค่าอยู่ในช่วง 0.65-0.76 ช่วงแล้งฝนมีค่าอยู่ในช่วง 0.69-0.82 มีค่ามากสุดในเดือนธันวาคมมีค่า 0.82 และน้อยสุดในเดือนเมษายนมีค่า 0.65 ส่วนในพื้นที่เกษตรกรรมมีค่าอยู่ในช่วง 0-68-0.84 ช่วงน้ำหลากมีค่าอยู่ในช่วง 0.68-0.79 ช่วงแล้งฝนมีค่าอยู่ในช่วง 0.72-0.84 มีค่ามากสุดในเดือนธันวาคมมีค่า 0.84 และน้อยสุดในเดือนเมษายนมีค่า 0.68 เนื่องจากในเดือนธันวาคมมีค่าการคายระเหยน้ำน้อยที่สุดมีปริมาณ 72.58 มิลลิเมตร และในเดือนเมษายนมีค่าการคายระเหยน้ำมากที่สุดมีปริมาณ 160.04 มิลลิเมตร จึงทำให้ค่าคงที่คูณลดซึ่งเป็นค่าผกผันกับปริมาณการคายระเหยน้ำ มีค่ามากที่สุดในเดือนธันวาคมและน้อยที่สุดในเดือนเมษายน จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าค่าคงที่คูณลดของทั้งสองพื้นที่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p±0.05)

การที่ค่าคงที่คูณลดของพื้นที่ป่าธรรมชาติมีค่าน้อยกว่าพื้นที่เกษตรกรรมส่งผลทำให้ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันมีค่าน้อยลงตามไปด้วย และมีผลทำให้ความชื้นในดินมีปริมาณน้อยลง และความสามารถในการเก็บน้ำหรือการระบายน้ำในพื้นที่มีค่ามากขึ้นทำให้มีโอกาสเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินในพื้นที่น้อยลง โดยพื้นที่ป่าธรรมชาติมีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันอยู่ในช่วง 93.41-251.03 มีค่ามากที่สุดในเดือนสิงหาคมมีค่า 251.03 และน้อยที่สุดในเดือนมีนาคมมีค่า 93.41 ส่วนในพื้นที่เกษตรกรรมมีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันอยู่ในช่วง 130.15-301.75 มีค่ามากที่สุดในเดือนสิงหาคมมีค่า 301.75 และน้อยที่สุดในเดือนเมษายนมีค่า 130.15 จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันของทั้งสองพื้นที่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p±0.01)

3.3 ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤต (Critical Antecedent Precipitation Index, CAPI)

การศึกษาศักยภาพสูงสุดของพื้นที่ในการรองรับน้ำของดินได้นำเอาความชื้นของดินทั้งสองสถานะประกอบไปด้วยความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และความชื้นในดินเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำมาคำนวณหาค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤต จากนั้นกำหนดระดับความเสี่ยงภัยจากสถานะความชื้นในดินที่แตกต่างกัน โดยกำหนดระดับเสี่ยงภัยจากการใช้ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินซึ่งเป็นจุดที่น้ำถูกยึดด้วยอนุภาคของดินและถูกระบายออกจากช่องว่างขนาดใหญ่หมดแล้ว เมื่อฝนตกลงมาดินยังสามารถระบายน้ำส่วนเกินลงด้านล่างได้อยู่

ปริมาณน้ำส่วนเกินที่จะแปรสภาพไปเป็นน้ำไหลบ่าหน้าดินจึงมีปริมาณน้อยจึงกำหนดให้เป็นระดับเฝ้าระวัง ส่วนความชื้นในดินเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำเป็นจุดที่น้ำอยู่เต็มช่องว่างของดินขนาดใหญ่ เมื่อฝนตกลงมาน้ำส่วนเกินไม่สามารถระบายลงด้านล่างได้และแปรสภาพไปเป็นน้ำไหลบ่าหน้าดิน ดินที่ไม่สามารถระบายน้ำลงสู่ดินชั้นล่างได้ มีโอกาสเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินและเกิดอุทกภัยได้ง่ายกว่าเพราะช่องว่างของดินเต็มไปด้วยน้ำจึงกำหนดให้เป็นระดับเตือนภัย

ในพื้นที่ป่าธรรมชาติมีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤตในระดับเฝ้าระวังอยู่ในช่วง 96.10-235.25 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ย 180.01 มิลลิเมตร และมีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤตในระดับเตือนภัยอยู่ในช่วง 130.02-301.37 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ย 210.44 มิลลิเมตร ส่วนในพื้นที่เกษตรกรรมมีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤตในระดับเฝ้าระวังอยู่ในช่วง 61.88-231.02 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ย 168.08 มิลลิเมตร และมีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤตในระดับเตือนภัยอยู่ในช่วง 129.44-283.99 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ย 199.02 มิลลิเมตร ทั้งสองพื้นที่มีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤตในระดับเฝ้าระวังแตกต่างกันร้อยละ 7.10 และระดับเตือนภัยร้อยละ 5.74 การที่ดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤตของทั้งสองพื้นที่มีค่าแตกต่างกันเนื่องจากมีระดับความอิ่มตัวของดินแตกต่างกัน ซึ่งระดับความอิ่มตัวของดินเป็นอิทธิพลมาจากความหนาแน่นรวมของดิน เนื้อดินและอินทรียวัตถุของดิน และการที่ดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤตระดับเฝ้าระวังและระดับเตือนภัยมีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากระดับเฝ้าระวังเป็นความสามารถในการอุ้มน้ำของดินที่น้ำยังสามารถซึมผ่านผิวดินได้ แต่ระดับเตือนภัยเป็นความสามารถสูงสุดในการรองรับน้ำของดิน (Table 4)

Table 3 Soil properties and soil hydrology in Na Luang Sub-Watershed

Land use	Bulk Density (g/cm^3)	Organic matter (%)	WHC (%by volume)	Saturated soil (%by volume)	Textures
Forest	1.26±0.16	3.04±1.99	37.40±4.51	47.26±4.32	Sandy Loam
Agricultural	1.39±0.11	1.28±0.61	39.15±2.30	46.32±1.97	Clay
***p*-value**	**0.00****	**0.00****	**0.13^{ns}**	**0.38^{ns}**	

Remarks: ** Significance level at probability □ 0.01, ^{ns} Non significance

Table 4 Critical antecedent precipitation index in monitoring state and warning state.

Land use	Critical antecedent precipitation index (mm)	
	$CAPI_{whc}$ (monitoring state)	$CAPI_{sat}$ (warning state)
Forest	180.01	210.44
Agricultural	168.08	199.02

Remarks: The monitoring condition is the state of soil unsaturated with water and warning condition is the state of soil saturated with water

3.4 อิทธิพลของลักษณะการตกของฝนและค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินต่อการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน

การที่พื้นที่ป่าธรรมชาติมีเนื้อดินเป็นดินทราย ทำให้ความสามารถในการดูดยึดอนุภาคน้ำของเม็ดดินมีน้อยกว่าเมื่อเทียบกับเนื้อดินเหนียวในพื้นที่เกษตรกรรม จึงทำให้ความชื้นดินมีน้อยกว่า แต่เนื่องจากพื้นที่ป่าธรรมชาติมีปริมาณอินทรียวัตถุที่มากกว่าประกอบกับมีความหนาแน่นรวมของดินที่น้อยกว่าทำให้มีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินมีค่ามาก ส่งผลทำให้พื้นที่ป่าธรรมชาติมีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤตจากความสามารถในการอุ้มน้ำของดินและค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤตจากความชื้นในดินเมื่อดินอิ่มตัวมีค่ามากกว่าพื้นที่เกษตรกรรม สาเหตุดังกล่าวทำให้พื้นที่เกษตรกรรมเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินมากกว่าในพื้นที่ป่าธรรมชาติร้อยละ 14.49 และ 81.89 ตามลำดับ ส่วนในช่วงเวลาอื่นๆ ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤตมีค่ามากกว่าค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันทำให้ฝนที่ตกลงมาในแต่ละครั้งปริมาณน้ำฝนเกือบทั้งหมดสามารถซึมผ่านผิวดินและเก็บอยู่ในช่องว่างของดินได้และไม่ทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน ทั้งนี้ยังพบว่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินทั้งสองพื้นที่จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละวันโดยเฉพาะในช่วงน้ำหลากและมีค่าลดลงตามช่วงระยะเวลาที่เพิ่มมากขึ้นหลังจากฝนหยุดตก เนื่องจากความชื้นในดินสูญเสียไปในรูปของการคายระเหยน้ำและการไหลของน้ำในดินลงสู่ดินด้านล่างหรือไหลลงสู่ลำธาร มีรายละเอียดดังนี้

3.4.1 ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤตจากความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ($CAPI_{whc}$)

ปี พ.ศ. 2561- 2562 พื้นที่ป่าธรรมชาติ (Figure 1) มีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันเกินค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤตเกิดเป็นน้ำไหลบ่าหน้าดิน จำนวน 39 ครั้ง มีปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินอยู่ในช่วง 1.49-71.02 มิลลิเมตร เฉลี่ยอยู่ที่ 29.23 มิลลิเมตรต่อครั้ง ในช่วงที่เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินมีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันอยู่ในช่วง 181.50-251.03 มิลลิเมตร มีปริมาณน้ำฝนอยู่ในช่วง 0.00-58.80 มิลลิเมตร อยู่ในระดับฝนเล็กน้อยถึงฝนหนัก โดยน้ำไหลบ่าหน้าดินเกิดขึ้นในช่วงน้ำหลากเท่านั้น และมีจำนวนครั้งการเกิดมากที่สุดในเดือนสิงหาคมคิดเป็นร้อยละ 64.10 และน้อยที่สุดในเดือนกันยายนคิดเป็นร้อยละ 10.26 ของจำนวนครั้งที่เกิดขึ้นทั้งหมด เมื่อแบ่งช่วงปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินพบว่าเกิดมากที่สุดในช่วง 0.00-10.00 มิลลิเมตร จำนวน 11 ครั้ง มีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันอยู่ในช่วง 181.50-189.28 มิลลิเมตร มีปริมาณน้ำฝนรายวันอยู่ในช่วง 0.00-58.80 มิลลิเมตร อยู่ในระดับในระดับฝนเล็กน้อยถึงฝนหนัก และเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินน้อยที่สุดในช่วง 40-50 และ 70-80 มิลลิเมตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันอยู่ในช่วง 225.90-227.66 และ 250.41-51.03 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีปริมาณน้ำฝนรายวันอยู่ในช่วง 0.00-3.60 มิลลิเมตร อยู่ในระดับฝนเล็กน้อย และ 49.70-54.70 มิลลิเมตร อยู่ในระดับฝนหนัก ตามลำดับ ส่วนพื้นที่เกษตรกรรม (Figure 2) เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินจำนวน 181 ครั้ง มีปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินอยู่ในช่วง 0.06-133.67 มิลลิเมตร เฉลี่ยอยู่ที่ 33.47 มิลลิเมตรต่อครั้ง ในช่วงที่เกิดน้ำน้ำไหลบ่าหน้าดินมีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันอยู่ในช่วง 168.15-301.75 มิลลิเมตร มีปริมาณน้ำฝนอยู่ในช่วง 0.00- 58.80 มิลลิเมตร อยู่ในระดับฝนเล็กน้อยถึงฝนหนัก โดยน้ำไหลบ่าหน้าดินเกิดขึ้นในช่วงน้ำหลากและช่วงแล้งฝนมีจำนวนครั้งการเกิดมากที่สุดในเดือนสิงหาคมคิดเป็นร้อยละ 32.60 และน้อยที่สุดในเดือนมกราคมคิดเป็นร้อยละ 2.21 ของจำนวนครั้งที่เกิดขึ้นทั้งหมด เมื่อแบ่งช่วงปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินพบว่าเกิดมากที่สุดในช่วง 0-10 มิลลิเมตร จำนวน 55 ครั้ง มีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันอยู่ในช่วง 168.15-177.69 มิลลิเมตร มีปริมาณน้ำฝนรายวันอยู่ในช่วง 0.00-

34.70 มิลลิเมตร อยู่ในระดับฝนเล็กน้อยถึงฝนปานกลาง และเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินน้อยที่สุดในช่วง 100-110 และ 130-140 มิลลิเมตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันอยู่ในช่วง 269.92–273.95 และ 299.30–301.75 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีปริมาณน้ำฝนรายวันอยู่ในช่วง 0.00–0.70 มิลลิเมตร อยู่ในระดับฝนเล็กน้อย และ 49.70-54.70 มิลลิเมตร อยู่ในระดับฝนหนัก ตามลำดับ

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนสะสมกับปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินพบว่าในพื้นที่ป่าธรรมชาติปริมาณน้ำฝนสะสมกับปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินมีความสัมพันธ์สูงที่สุดในช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนสะสม 11 วัน หากมีปริมาณน้ำฝนตกติดต่อกัน 11 วัน เท่ากับ 101.90 มิลลิเมตร หรือมีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันเท่ากับ 181.01 มิลลิเมตร จะทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน 1 มิลลิเมตร ซึ่งปริมาณน้ำฝนมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินร้อยละ 60.86 ส่วนที่เหลือเป็นอิทธิพลจากตัวแปรอื่น เช่นเดียวกันกับในพื้นที่เกษตรกรรมหากมีปริมาณน้ำฝนตกติดต่อกัน 11 วัน เท่ากับ 37.12 มิลลิเมตร หรือมีค่าดัชนีความชุมชื้นของดินรายวันเท่ากับ 169.08 มิลลิเมตร จะทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน 1 มิลลิเมตร ซึ่งปริมาณน้ำฝนมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินร้อยละ 82.75 ส่วนที่เหลือเป็นอิทธิพลจากตัวแปรอื่น แสดงให้เห็นว่าที่ปริมาณน้ำฝนสะสม 11 วัน พื้นที่ป่าธรรมชาติต้องมีปริมาณน้ำฝนสะสมมากถึง 101.90 มิลลิเมตร ถึงจะทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน แต่ในพื้นที่เกษตรกรรมมีปริมาณน้ำฝนสะสมเพียง 37.12 มิลลิเมตร ก็สามารถทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินในพื้นที่ได้ ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนสะสมแตกต่างกัน 2.75 เท่า แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ป่าธรรมชาติมีศักยภาพในการรองรับน้ำของดินมากกว่าพื้นที่เกษตรกรรม ทำให้เกิดปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินในพื้นที่น้อยกว่าในช่วงระยะเวลาเดียวกัน

Table 5 Surface runoff in monitoring state and warning state in Na Luang Sub-Watershed

Land use	Surface Runoff (mm)	
	Monitoring state	**Warning state**
Forest	29.23±21.56	20.39±13.85
Agricultural	33.47±33.81	37.10±29.04
***p*-value**	**0.32^{ns}**	**0.00****

Remarks: ** Significance level at probability 0.01, ^{ns} Non significance

จากการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างพื้นที่ป่าธรรมชาติและพื้นที่เกษตรกรรมพบว่าปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินทั้งสองพื้นที่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 5) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ นิตยา และสุพจน์ (2543) ที่ได้ทำการศึกษาน้ำไหลบ่าหน้าดินโดยใช้แปลงทดลองในบริเวณสถานีวิจัยต้นน้ำน่าน พบว่า พื้นที่ป่าเบญจพรรณเป็นพื้นที่ที่ไม่มีการรบกวนดินจากการไถพรวน และพื้นที่เกษตรกรรม ได้แก่ ข้าวโพด ข้าวไร่ และถั่วเหลือง เป็นพื้นที่ที่มีการรบกวนดินด้วยการไถพรวนดิน มีปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3.4.2 ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤตจากความชื้นในดินเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ($CAPI_{sat}$)

ปี พ.ศ. 2561-2562 พื้นที่ป่าธรรมชาติ (Figure 1) มีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันเกินค่าดัชนี

ความชุ่มชื้นของดินวิกฤตเกิดเป็นน้ำไหลบ่าหน้าดิน จำนวน 16 ครั้ง มีปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินอยู่ในช่วง 0.74-40.59 มิลลิเมตร เฉลี่ยอยู่ที่ 20.39 มิลลิเมตรต่อครั้ง ในช่วงที่เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินมีค่าดัชนี

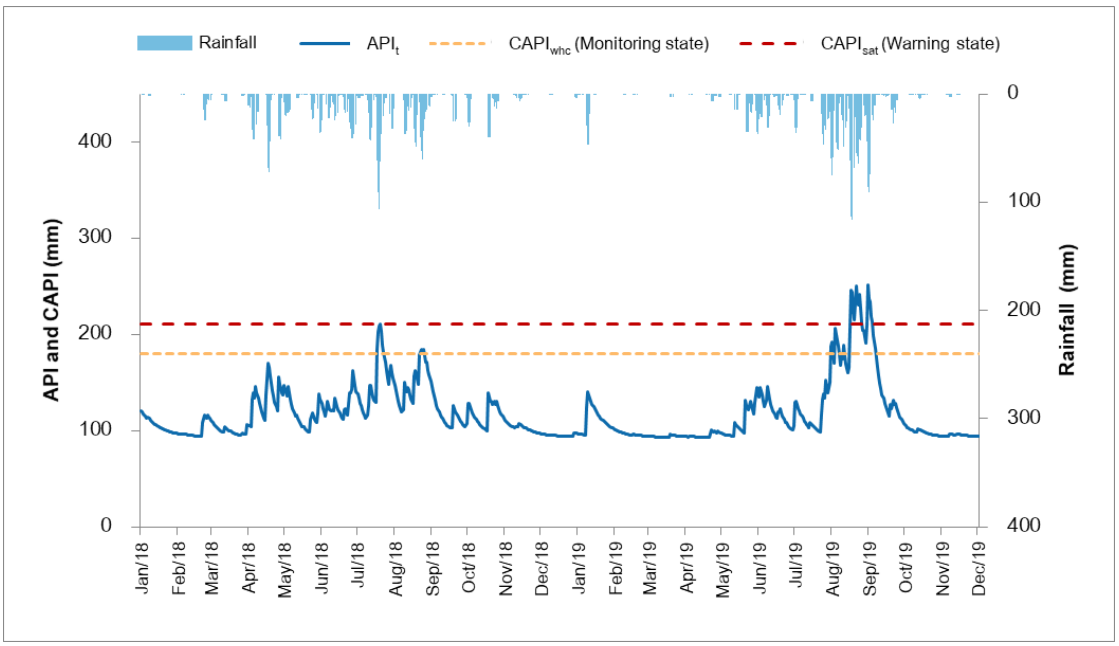

Figure 1 Influences of rainfall and antecedent precipitation index to overland flow generation in forest watershed during January 2018 to December 2019.

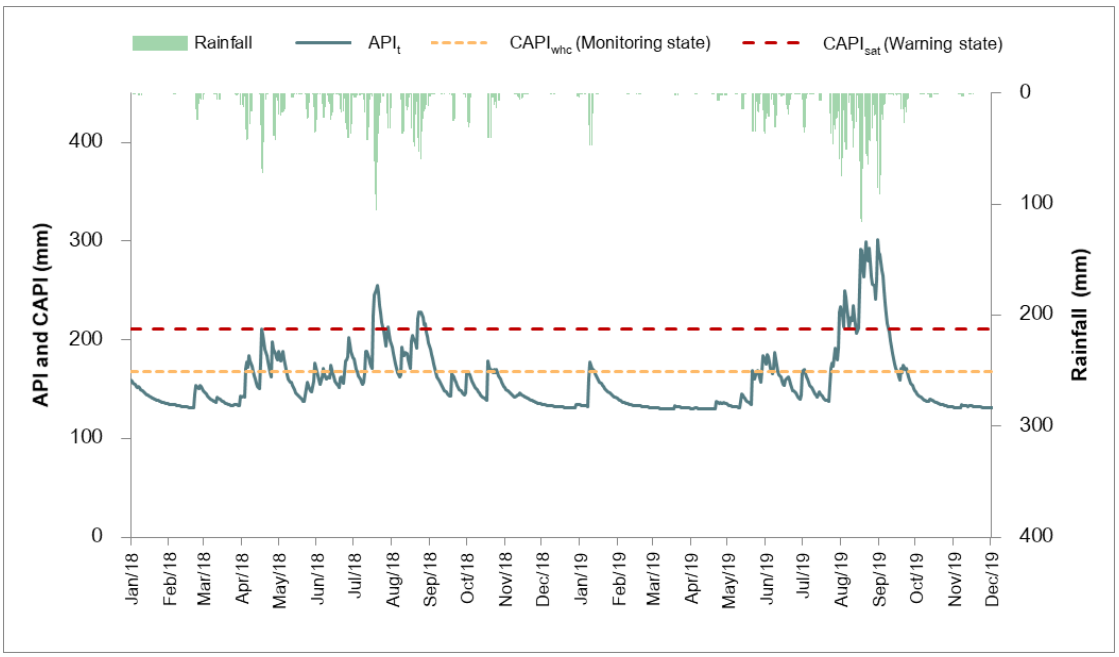

Figure 2 Influences of rainfall and antecedent precipitation index to overland flow generation in agricultural watershed during January 2018 to December 201

ความชุ่มชื้นของดินรายวันอยู่ในช่วง 211.19–251.03 มิลลิเมตร มีปริมาณน้ำฝนอยู่ในช่วง 0.00-54.70 มิลลิเมตร อยู่ในระดับฝนเล็กน้อยถึงฝนหนัก โดยน้ำไหลบ่าหน้าดินเกิดขึ้นในช่วงน้ำหลากเท่านั้น และมีจำนวนครั้งการเกิดมากที่สุดในเดือนสิงหาคมคิดเป็นร้อยละ 68.75 และน้อยที่สุดในเดือนกรกฎาคมคิดเป็นร้อยละ 6.25 ของจำนวนครั้งที่เกิดขึ้นทั้งหมด เมื่อแบ่งช่วงปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินพบว่าเกิดมากที่สุดในช่วง 0-10 มิลลิเมตร จำนวน 5 ครั้ง มีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันอยู่ในช่วง 211.19–218.08 มิลลิเมตร มีปริมาณน้ำฝนรายวันอยู่ในช่วง 0.70–15.00 มิลลิเมตร อยู่ในระดับฝนเล็กน้อยถึงฝนปานกลางและเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินน้อยที่สุดในช่วง 40-50 มิลลิเมตร จำนวน 1 ครั้ง มีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวัน 251.03 มิลลิเมตร มีปริมาณน้ำฝนรายวัน 54.70 มิลลิเมตร อยู่ในระดับฝนหนัก ส่วนพื้นที่เกษตรกรรม (Figure 2) เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินจำนวน 71 ครั้ง มีปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินอยู่ในช่วง 0.16-102.74 มิลลิเมตร เฉลี่ยอยู่ที่ 37.10 มิลลิเมตรต่อครั้ง ในช่วงที่เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินมีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันอยู่ในช่วง 199.18-301.75 มิลลิเมตร มีปริมาณน้ำฝนอยู่ในช่วง 0.00-58.80 มิลลิเมตร อยู่ในระดับฝนเล็กน้อยถึงฝนหนัก โดยน้ำไหลบ่าหน้าดินเกิดขึ้นในช่วงน้ำหลากเท่านั้น และมีจำนวนครั้งการเกิดมากที่สุดในเดือนสิงหาคม คิดเป็นร้อยละ 60.56 และน้อยที่สุดในเดือนมิถุนายน คิดเป็นร้อยละ 1.41 ของจำนวนครั้งที่เกิดขึ้นทั้งหมด เมื่อแบ่งช่วงปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินพบว่าเกิดมากที่สุดในช่วง 0-10 มิลลิเมตร จำนวน 15 ครั้ง มีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันอยู่ในช่วง 199.18–208.41 มิลลิเมตร มีปริมาณน้ำฝนรายวันอยู่ในช่วง 0.00–31.90 มิลลิเมตร อยู่ในระดับฝนเล็กน้อยถึงฝนปานกลาง และเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินน้อยที่สุดในช่วง 100-110 จำนวน 2 ครั้ง มีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันอยู่ในช่วง 299.30–301.75 มิลลิเมตร มีปริมาณน้ำฝนรายวันอยู่ในช่วง 49.70–54.70 มิลลิเมตร อยู่ในระดับฝนหนัก

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนสะสมกับปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน พบว่าในพื้นที่ป่าธรรมชาติปริมาณน้ำฝนสะสมกับปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินมีความสัมพันธ์สูงที่สุดในช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนสะสม 9 วัน เท่ากับ 87.39 มิลลิเมตร หรือมีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันเท่ากับ 211.44 มิลลิเมตร จะทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน 1 มิลลิเมตร ซึ่งปริมาณน้ำฝนมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินร้อยละ 33.59 ส่วนที่เหลือเป็นอิทธิพลจากตัวแปรอื่น เช่นเดียวกันกับในพื้นที่เกษตรกรรมหากมีปริมาณน้ำฝนตกติดต่อกัน 9 วัน เท่ากับ 49.54 มิลลิเมตร หรือมีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินเท่ากับ 200.02 มิลลิเมตร จะทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน 1 มิลลิเมตร ซึ่งปริมาณน้ำฝนมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินร้อยละ 68.03 ส่วนที่เหลือเป็นอิทธิพลจากตัวแปรอื่น แสดงให้เห็นว่าที่ปริมาณน้ำฝนสะสม 9 วัน พื้นที่ป่าธรรมชาติต้องมีปริมาณน้ำฝนสะสมมากถึง 87.39 มิลลิเมตร ถึงจะทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน แต่ในพื้นที่เกษตรกรรมมีปริมาณน้ำฝนสะสมเพียง 49.54 มิลลิเมตร ก็สามารถทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินในพื้นที่ได้ ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนสะสมแตกต่างกัน 1.76 เท่า แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ป่าธรรมชาติมีศักยภาพในการรองรับน้ำของดินมากกว่าพื้นที่เกษตรกรรม ทำให้เกิดปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินในพื้นที่น้อยกว่าในช่วงระยะเวลาที่เท่ากัน

จากการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างพื้นที่ป่าธรรมชาติและพื้นที่เกษตรกรรมพบว่าปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินทั้งสองพื้นที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \pm 0.01$) (Table 5) โดยพื้นที่ป่าธรรมชาติเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินเฉลี่ยน้อยกว่า

พื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งแตกต่างจากผลการศึกษาของสุพจน์ และวารินทร์ (2550) ที่ได้ทำการศึกษาน้ำไหลบ่าหน้าดินโดยใช้แปลงทดลอง ในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน พบว่าป่าเบญจพรรณมีปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินมากกว่าพื้นที่สวนสักที่ไม่มีการป้องกันไฟป่าและสวนมะม่วงป่าที่มีการป้องกันไฟป่า และมีความแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากภายใต้เรือนยอดของป่าธรรมชาติมีไม้พื้นล่างน้อยมากเป็นผลทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินในพื้นที่ป่ามากกว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นๆ เช่นเดียวกับ พิณทิพย์ (2536) พบว่า บริเวณสถานีวิจัยเพื่อรักษาต้นน้ำน่านพื้นที่ป่าเบญจพรรณมีปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินมากกว่า พื้นที่ไร่ร้าง ถั่วเหลือง ข้าวไร่ และข้าวโพด

4. สรุป

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของปริมาณน้ำฝนและค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินต่อการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยนาหลวง พบว่า มีปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย 989.40 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในเดือนสิงหาคมและน้อยที่สุดในเดือนพฤศจิกายน ส่วนในช่วงน้ำหลากและช่วงแล้งฝน มีปริมาณน้ำฝนคิดเป็นร้อยละ 93.32 และ 6.68 ของปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย ในพื้นที่ป่าธรรมชาติและพื้นที่เกษตรกรรมมีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤตจากความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (ระดับเฝ้าระวัง) เฉลี่ย 180.01 และ 168.08 มิลลิเมตร และดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤตจากความชื้นในดินเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (ระดับเตือนภัย) เฉลี่ย 210.44 และ 199.02 มิลลิเมตร ในระดับเฝ้าระวังดินยังสามารถรองรับน้ำได้ การแปรสภาพน้ำส่วนเกินเป็นน้ำไหลบ่าหน้าดินจึงมีปริมาณน้อย แตกต่างจากระดับเตือนภัยที่ดินอิ่มตัวไปด้วยน้ำ น้ำส่วนเกินทั้งหมดมีโอกาสแปรสภาพไปเป็นน้ำไหลบ่าหน้าดินได้มากกว่า

พื้นที่ป่าธรรมชาติเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินในระดับเฝ้าระวังจำนวน 39 ครั้ง มีปริมาณเฉลี่ย 29.23 มิลลิเมตรต่อครั้ง และเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินในระดับเตือนภัยจำนวนทั้งหมด 16 ครั้ง มีปริมาณเฉลี่ย 20.39 มิลลิเมตรต่อครั้ง ในช่วงที่เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินมีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันอยู่ในช่วง 181.50–251.03 มิลลิเมตร มีปริมาณน้ำฝนอยู่ในช่วง 0.00-58.80 มิลลิเมตร เป็นปริมาณน้ำฝนที่อยู่ในระดับฝนเล็กน้อยถึงฝนหนัก โดยน้ำไหลบ่าหน้าดินเกิดขึ้นในช่วงน้ำหลากเท่านั้น ส่วนในพื้นที่เกษตรกรรมเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินในระดับเฝ้าระวังจำนวน 181 ครั้ง มีปริมาณเฉลี่ย 33.47 มิลลิเมตรต่อครั้ง และเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินในระดับเตือนภัยจำนวนทั้งหมด 71 ครั้ง มีปริมาณเฉลี่ย 37.10 มิลลิเมตรต่อครั้ง ในช่วงที่เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินมีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินรายวันอยู่ในช่วง 168.15-301.75 มิลลิเมตร มีปริมาณน้ำฝนอยู่ในช่วง 0.00-58.80 มิลลิเมตร เป็นปริมาณน้ำฝนที่อยู่ในระดับฝนเล็กน้อยถึงฝนหนัก โดยระดับเฝ้าระวังเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินทั้งในช่วงน้ำหลากและช่วงแล้งฝน ส่วนระดับเตือนภัยเกิดขึ้น ในช่วงน้ำหลากเท่านั้น จากการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างพื้นที่ป่าธรรมชาติและพื้นที่เกษตรกรรมพบว่าปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินที่เกิดขึ้นในระดับเตือนภัยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ส่วนในระดับเฝ้าระวังมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินที่เกิดขึ้นในแต่ละวันสามารถนำมาใช้ในการเตือนภัยการเกิดอุทกภัยในพื้นที่ได้ เพราะในช่วงที่มีค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินสูงเป็นช่วงที่ดินมีความชื้นสูงทำให้ความสามารถในการเก็บน้ำหรือการระบายน้ำในพื้นที่ต่ำลงส่งผลทำให้มีโอกาสทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินในพื้นที่มากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาอนุรักษวิทยาที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้ห้องปฏิบัติการลุ่มน้ำในการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน และหัวหน้าสถานีวิจัยต้นน้ำน่านที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ดำเนินงานวิจัย

6. References

Blake, G.H., and Hartge, K.H. (1986). Bulk Density. In Klute, A., (Ed.), *Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods* (pp. 363-375). Madison: Soil Science Society of America.

Bouyoucos, G.J. 1927. The hydrometer as a new method for the mechanical analysis of soils.*Soil Science* 23 (5), 343-354.

Chodhury, B.J., and Blanchard, B.J. (1983), Simulating Soil Water Recession Coefficients for Agricultural Watersheds. *Journal of the American Water Resources Association*, *19*(2), 241-247.

Jiraphorn Jitpratum, Piyapong Tongdeenok, Roongreang Poolsiri, and Nitas Nunsong. (2016). Mathematical Model for Runoff Forecasting by Using Antecedent Precipitation Index in Different type of Land Use at Huai Mafuang Sub-Watershed, Mueang District, Rayong Province. *KKU RESEARCH JOURNAL*, *16*(1), 34-50. (in Thai)

Linsley, R.K., Kohler, M.A., and Paulhus, J.L.H. (1982). *Hydrology for engineers*. New York: McGraw-Hill Book Company.

Meteorological Department. (n.d.). *Criteria for climatic characteristics.* Retrieved from https://tmd.go.th/info/info.php?FileID=68

Nittaya Purivirojkul and Supote Chareonsuk. (2000). Soil and Water Losses after Mixed Deciduous Forest Conversion to Cropland and Rehabilitation by Teak Area at Nan Watershed Research Station, Nan Province. *Thai Science and Technology Journal, 8*(1), 20-25. (in Thai)

Ornanong Boonklong. (2018). Application of Mathematical Model in Landslide Risk Assessment from Waterflood and Flash: A Case Study of Nopphitam District, Nakhon Si Thammarat Province. *Wichcha Journal*, *37*(1), 1-11. (in Thai)

Pintip Thitirojanawat and Supote Chareonsuk. (1993, December). Verification of The Universal Soil Loss Equation Application (USLE) of Forest Area. *Forest for life.* Forestry Conference. Royal Forest Department, Paper presented at the meeting of the Maruay Gardens Hotel, Bangkok. (in Thai)

Sittichok Glomvinya. (2016). *Rainfall Characteristics at Huai Kog Ma Watershed, Chiang Mai Province*. (Master's thesis). Kasetsart University. (in Thai)

Smith, M. (1990). *Report on the Expert Consultation on revision of FAO Methodology for Crop Water Requirements*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Supote Chareonsuk and Warin Jirasuktaveekul. (2007). *Soil and Water Losses of Mixed Deciduous Forest, Secondary Forest and Plantation at Nan Watershed, Nan Province*

(Research Report No R025301). Retrieved from http: / / portal. dnp. go. th/ Content/ Watershed?contentId=16590 (in Thai)

Theerapong Saovaphak. (1996). *Flood Induced Rainfall Assessment from Meteorological Satellite Data*. (Master's thesis). Kasetsart University. (in Thai)

Walkley, A.J. and I.A. Black. 1947. Chromic acid titration method for determination of soil organicmatter. *Soil Science* 63: 257.

Wiriyakitnateekul, W. and C. Kerdchana. 2016. *Methods of Soil Analysis and Interpretation for Soil Survey and Classification: Physical Properties***.** Land Develop Department, Bangkok. (in Thai)