

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการพยากรณ์น้ำท่า โดยใช้ดัชนีความชุ่มชื้นของดินในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน บริเวณลุ่มน้ำย่อยห้วยมะเฟือง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง

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

จิราภรณ์ จิตประทุม (Jiraphorn Jitpratum)* ดร.ปิยพงษ์ ทองดีนอก (Dr.Piyapong Tongdeenok)^{1**}
ดร.รุ่งเรือง พลสุศิริ (Dr.Roongreang Poolsiri)*** นิตศน์ นุ่นสง (Nitas Nunsong)****

บทคัดย่อ

การศึกษาดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (API) เพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำท่า บริเวณลุ่มน้ำย่อยห้วยมะเฟือง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาดัชนีความชุ่มชื้นของดินและค่าความชุ่มชื้นของดินวิกฤต (API วิกฤต) เพื่อใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กที่มีรูปแบบการใช้ที่ดินที่แตกต่างกัน โดยคัดเลือกปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดน้ำท่าประกอบด้วย สมบัติทางกายภาพของดิน ปริมาณน้ำฝนรายวัน และดัชนีความชุ่มชื้นของดิน เพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าในแต่ละรูปแบบการใช้ที่ดินโดยใช้ linear multiple regression ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่มสอง พื้นที่สวนยางพาราและพื้นที่สวนผลไม้ มีค่า API เฉลี่ยเท่ากับ 44.50 33.61 และ 22.57 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยเมื่อศึกษาค่า API วิกฤต พบว่าพื้นที่สวนผลไม้มีค่ามากที่สุด รองมาคือพื้นที่สวนยางพาราและพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่มสอง โดยมีค่าเท่ากับ 227.71 198.08 และ 184.81 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนการใช้สมการทางคณิตศาสตร์วิเคราะห์สมการถดถอยหลายตัวแปร พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) สูงสุด พบในพื้นที่สวนผลไม้ รองมาคือพื้นที่สวนยางพาราและพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่มสอง ตามลำดับ มีค่า เท่ากับ ร้อยละ 58.10 56.50 และ 49.70 ตามลำดับ และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์เท่ากับ ร้อยละ 10.18 9.99 และ 10.95 ตามลำดับ

ABSTRACT

The antecedent precipitation index (API) for runoff forecasting at Huai Mafuang Sub-Watershed were studied on variation of API and critical API ($API_{critical}$) for runoff forecasting in different type of landuse in small watershed. Selected factors affecting to runoff

¹ Correspondent author: fforpnt@ku.ac.th

* นิสิต หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อมป่าไม้) สาขาการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อมป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

** อาจารย์ ภาควิชาวนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**** หัวหน้า สถานีวิจัยต้นน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

were composed soil of properties, daily rainfall and API. Mathematical models were selected for runoff forecasting using linear multiple regression. The results showed that secondary dry evergreen forest, rubber tree and orchard plantation had the average API of 44.50, 33.61 and 22.57 millimeter, respectively. The API_{critical} in orchard plantation was highest, followed by rubber trees and secondary dry evergreen forest with 227.71, 198.08 and 184.81 millimeter, respectively. The mathematical models of annual runoff showed moderate relationship. The highest is orchards plantation followed by rubber trees and secondary dry evergreen forest with the coefficient of determination of 58.10, 56.50 and 49.70 percent respectively and standard error for forecasting with 10.18, 9.99 and 10.95 percent respectively.

คำสำคัญ: น้ำท่า ดัชนีความชุ่มชื้นของดิน ลุ่มน้ำห้วยมะเฟือง

Keywords: Runoff, Antecedent precipitation index, Huai Mafuang Sub-Watershed

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการตรวจวัดข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยา และทางด้านอุทกวิทยา เป็นประจำ แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อการพยากรณ์เตือนภัยไม่ว่าจะเป็นการเตือนภัยน้ำท่วม ดินถล่มหรือภัยแล้งก็ยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควรซึ่งทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลดังกล่าวตามมา สาเหตุหลักของการพยากรณ์ไม่แม่นยำเกิดจากความไม่ต่อเนื่องของข้อมูลหรือบางข้อมูลไม่มีการตรวจวัด โดยเฉพาะขาดแคลนข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากพื้นที่ต้นน้ำ ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์การเคลื่อนที่ของมวลน้ำในลำธารที่ไหลมาจากพื้นที่ตอนบนส่งผลให้พื้นที่ที่อยู่ข้างล่างได้รับผลกระทบทั้งนี้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่า นอกจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าโดยตรงแล้วการนำค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินมาเป็นดัชนีในการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าจำเป็นอย่างยิ่งเนื่องจากปัจจัยทางด้านความชุ่มชื้นของดินมีการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายตลอดเวลา ซึ่งได้รับอิทธิพลมาจากฝน และการระเหยน้ำจากผิวน้ำดินโดยตรง และเป็นตัวช่วยในการบอกถึงความสามารถของดินในการรองรับน้ำ หากฝนที่ตกลงมามีความสูงเกินความสามารถในการรองรับได้โอกาสที่ภัยพิบัติก็จะมีความถี่ขึ้น นอกจากนี้จุดวิกฤต

ของค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน ยังเป็นค่าสมรรถนะสูงสุดในการรองรับน้ำได้ของดิน ซึ่งจะแตกต่างกันตามสมบัติดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำในดินมากเกินไปที่ดินรองรับได้จะเกิดเป็นน้ำไหลบ่าหน้าดิน (overland flow) ตามหลักการจัดการลุ่มน้ำพยายามให้น้ำในส่วนนี้ต่ำสุดเพราะเป็นต้นเหตุของภัยพิบัติทางลุ่มน้ำ นอกจากนี้ Witthawatchutikul and Jirasuktaveekul [1] กล่าวว่า ดัชนีความชุ่มชื้นของดินเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญต่อการประเมินค่าปริมาณหรืออัตราการไหลของน้ำท่าหรือน้ำไหลในลำธารที่ก่อให้เกิดอุทกภัย ตลอดจนการประเมินสภาวะของความชื้นหรือปริมาณน้ำในดินที่ก่อให้เกิดการถล่มของแผ่นดินได้ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับ Phongphut and Thepprasit [2] กล่าวว่าการนำดัชนีความชุ่มชื้นของดินมาใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าจะช่วยให้การเฝ้าระวัง เตือนภัยจากน้ำท่วมฉับพลันและบรรเทาภัยในพื้นที่ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

พื้นที่ลุ่มน้ำห้วยมะเฟือง เป็นพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่หลากหลาย ประกอบด้วย พื้นที่ป่าดิบแล้ง รุณสองร้อยละ 71.73 พื้นที่สวนยางพาราร้อยละ 14.65 พื้นที่สวนผลไม้ร้อยละ 10.49 และพื้นที่อื่นๆ อีกร้อยละ 3.12 นอกจากนี้พื้นที่ลุ่มน้ำห้วยมะเฟือง

ถือว่าเป็นต้นน้ำที่อยู่แนวเดียวกันกับเขาท่าจุตและเขายายดาถือเป็นต้นน้ำของชาวเมืองระยอง ซึ่งพื้นที่ตอนล่างหรือตัวเมืองระยองเกิดปัญหาน้ำท่วมเป็นประจำทุกปี เพราะฉะนั้นถ้ามีการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าจะเป็นประโยชน์ในการพยากรณ์เตือนภัยให้มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยในการเตือนภัยของประชาชนให้เตรียมตัวรับมือและปรับตัวให้เข้ากับเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้น ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินและดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤตเพื่อนำไปใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ที่มีรูปแบบการใช้ที่ดินที่แตกต่างกัน ของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยมะเฟือง

วัสดุ และวิธีการวิจัย

วัสดุ

1. แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1: 50,000 ระวางที่ 5234II ชุด L7018 WGS1984 จากกรมแผนที่ทหาร
2. แผนที่ปฐพีวิทยา มาตราส่วน 1: 50,000 จากกรมพัฒนาที่ดิน
3. แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2556 มาตราส่วน 1: 50,000 จากกรมพัฒนาที่ดิน
4. อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างดิน ได้แก่ กระบอกเก็บดิน (soil core) เหล็กส่ง ค้อนยาง จอบ พลั่ว มีดปาดตัวอย่างดิน เทปพันกระบอกดิน และถุงเก็บตัวอย่างดิน
5. อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ตู้อบเครื่องชั่งน้ำหนัก นาฬิกาจับเวลา สมุดจดบันทึก และอุปกรณ์เครื่องเขียน
6. เครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรมสำเร็จรูป

วิธีการวิจัย

การศึกษาดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (API) เพื่อประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่า บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยมะเฟือง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง โดยรวบรวมปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิด

น้ำท่าประกอบด้วย สมบัติทางกายภาพของดิน ได้แก่ ความหนาแน่นรวมของดิน และความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน เป็นต้น ปริมาณน้ำฝนรายวัน และดัชนีความชุ่มชื้นของดินเพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าในแต่ละรูปแบบการใช้ที่ดิน สามารถอธิบายขั้นตอนการศึกษาได้ดังนี้

1. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ลุ่มน้ำห้วยมะเฟือง ตั้งอยู่ที่ตำบลตะพงและตำบลบ้านแลง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง มีขนาดพื้นที่ 3.08 ตารางกิโลเมตร ลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงโดยมีความลาดเอียงด้านทิศเหนือมายังทิศใต้ มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 80-470 เมตร ลักษณะภูมิอากาศ จากข้อมูลสถานีตรวจวัดอากาศของสถานีวิจัยต้นน้ำห้วยมะเฟือง ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 -2557 พบว่า มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเท่ากับ 1736.59 มิลลิเมตร การระเหยน้ำเฉลี่ย 843.79 มิลลิเมตร ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ประกอบด้วยพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่มสองร้อยละ 71.73 รองมาคือพื้นที่สวนยางพารา ร้อยละ 14.66 โดยอายุยางเฉลี่ยอยู่ในช่วงอายุ 15-25 ปี และรองลงมาคือพื้นที่สวนผลไม้ ร้อยละ 10.49 โดยเป็นสวนผสม นอกจากพื้นที่ดังกล่าวแล้วยังมีพื้นที่อื่น ๆ ได้แก่ ไร่มันสำปะหลัง พื้นที่ไร่ร้าง และพื้นที่ชุมชน ร้อยละ 3.12 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ภาพที่ 1)

2. การรวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ ในการศึกษาครั้งนี้มีการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมีย้อนหลังโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ ส่วนที่ 1 คือ ข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยา ประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน และข้อมูลการระเหยน้ำรายวัน ข้อมูลส่วนที่ 2 คือ ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน ซึ่งข้อมูลทั้งสองส่วนได้จากการตรวจวัดจากสถานีวิจัยต้นน้ำห้วยมะเฟือง

3. คัดเลือกพื้นที่ศึกษา

การเลือกพื้นที่ศึกษาพิจารณาจากลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินประกอบกับลักษณะที่ปฐพีวิทยาเพื่อให้แต่ละพื้นที่ที่มีความคล้ายคลึงกันทางด้านสมบัติดินมากที่สุด ทั้งนี้ได้เลือกศึกษาทั้งหมด 3 พื้นที่ โดย

พิจารณาจากสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดิน ประกอบ ด้วย พื้นที่ป่าดิบแล้งร่วนสอง พื้นที่สวนยางพารา และ พื้นที่สวนผลไม้

4. การเก็บข้อมูลภาคสนาม

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างดิน เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นรวมของดิน ความชื้นของดินและความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน เนื่องจากปัจจัยทั้งสามเป็นพารามิเตอร์ใช้ในการคำนวณค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินและดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤต โดยทำการเก็บข้อมูลตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนโครงสร้าง (undisturbed soil sample) ของแต่ละรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน เก็บตัวอย่างดินในแต่ละรูปแบบการใช้ที่ดินทั้งหมด 3 ซ้ำ เพื่อให้กระจายทั่วพื้นที่และเป็นตัวแทนของการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้น ๆ โดยเก็บตัวอย่างดินทั้งระดับดินบน (0-35 เซนติเมตร) และระดับดินล่าง (35-50 เซนติเมตร) จากนั้นนำกระบอกดินเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 24 ชั่วโมงหรือจนน้ำหนักดินคงที่ นำไปหาปริมาตรดินและน้ำหนักของดินต่อไป

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน สามารถอธิบายได้ว่า เป็นลักษณะของปริมาณความชื้นในดินที่เกิดขึ้นจากการสะสมของฝนที่ตกลงมาในแต่ละครั้ง โดยปกติมีค่าลดลงตามช่วงระยะเวลาที่เพิ่มมากขึ้นหลังจากฝนหยุดตก สามารถหาได้จากสมการที่ 1 ตามความสัมพันธ์ของ Linsley *et al.* [3]

$$API_t = API_0 \cdot K_t \quad (1)$$

เมื่อ API_0 = ค่าเริ่มต้นของ API

API_t = ค่าของ API_0 ที่ลดลงตามเวลา t

K_t = ค่าคงที่คูณลด ณ เวลาใด ๆ

จากสมการที่ (1) ค่า API_0 สามารถดำเนินการด้วยการนำค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในครั้งแรกในรอบปีมากำหนดเป็นค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินแรกเริ่ม แล้วจึงนำค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกวันหลังจากนั้นมาคิดของวันต่อไป เมื่อคิดหาค่า API ในลักษณะ

วันต่อวันแล้วรูปแบบของสมการจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นดังสมการที่ (2)

$$API_t = (K_t \times API_{t-1}) + P_t \quad (2)$$

เมื่อ API_t = ค่า API ณ เวลาใด ๆ (มิลลิเมตร)

API_{t-1} = ค่า API ของเวลาก่อนหน้า (มิลลิเมตร)

P_t = ค่าปริมาณน้ำฝน ณ เวลาใด ๆ (มิลลิเมตร)

K_t = ค่าคงที่คูณลด ณ เวลาใด ๆ

ซึ่ง ค่า K_t นี้หาได้จากสมการของ Chodhury and Blanchard [4] ดังสมการที่ 3

$$K_t = \exp^{(-PET/W)} \quad (3)$$

เมื่อ PET = การคายระเหยน้ำ ณ เวลาใด ๆ

W = ค่าสูงสุดของปริมาณน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ต่อ

กระบวนการคายระเหยน้ำ (มิลลิเมตร) ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านสมบัติของดิน คือ ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และ ความหนาแน่นของดินรวม สามารถหาได้จากสมการที่ 4

$$W = (WHC/100) \times (BD \times 100) \quad (4)$$

เมื่อ WHC = ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (ร้อยละ) ศึกษาโดยนำตัวอย่างดินมาทำให้อิ่มตัวแล้วนำไปวิเคราะห์ที่ระดับความดัน 1/3 บาร์ในสถานะความชื้นดินที่ความจุสนาม (field capacity)

BD = ความหนาแน่นรวมของดิน (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

ซึ่งหาค่า BD ได้จากสมการที่ 5

$$BD = M_s / V_s \quad (5)$$

เมื่อ BD = ความหนาแน่นรวมของดิน

M_s = น้ำหนักดินอบแห้ง (กรัม)

V_s = ปริมาตรทั้งหมด (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

5.2 ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤต เพื่อศึกษาศักยภาพสูงสุดของพื้นที่ในการรองรับได้ ของดิน สามารถหาได้จากสมการความสัมพันธ์ ดังสมการที่ 6

$$\text{API วิกฤต} = \frac{\text{ความลึกของดิน (เมตร)} \times \text{ความชื้นของดิน (ร้อยละ)}}{\text{ความชื้นของดิน (ร้อยละ)}} \quad (6)$$

โดยความลึกของดินได้จากการเจาะวัดระดับ ความลึกของดินในระดับความลาดชันที่แตกต่างกัน

$$\text{ความชื้นของดิน} = \frac{\text{น้ำหนักดินเปียก (กรัม)} - \text{น้ำหนักดินแห้ง (กรัม)}}{\text{น้ำหนักดินแห้ง (กรัม)}} \times 100 \quad (7)$$

5.3 เปรียบเทียบค่าดัชนีความชุ่มชื้นของ ดินของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยทดสอบ ความแปรปรวนของข้อมูลโดยวิเคราะห์ความ แปรปรวน F-Test ซึ่งกำหนดช่วงความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

5.4 สร้างแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ ปริมาณน้ำท่าในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน โดยทำการ พยากรณ์รายปี และรายช่วงฤดูกาล ได้แก่ ช่วงฤดูน้ำหลาก (wet period) และช่วงฤดู น้ำแล้ง (dry period) เพื่อวิเคราะห์การถดถอย พหุคูณ (multiple regression analysis) โดย กำหนดให้อยู่ในรูปของสหสัมพันธ์สมการเชิงเส้น ตรง หรือ linear multiple regression equation สามารถหาได้จากสมการความสัมพันธ์ของ Viessman [5] ดังสมการที่ 8

$$Q = a + b\text{API} + cR \quad (8)$$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำท่า (ลูกบาศก์เมตร)
R = ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)
API = ดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (มิลลิเมตร)

a, b, c = สัมประสิทธิ์ที่ได้จากการ เปรียบเทียบแบบจำลองน้ำท่า

เพื่อหาความลึกเฉลี่ยของพื้นที่ โดยใช้ penetrometer ในการศึกษาซึ่งคัดเลือกพื้นที่จุดสำรวจอย่างน้อย 3 จุด จากนั้นนำ penetrometer เจาะวัดความลึกทั้ง 3 จุด ได้ค่าทั้งสามจุดนำมาหาค่าเฉลี่ยเป็นตัวแทนของพื้นที่ การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทนั้น ๆ สำหรับความชื้น ของดินเป็นการหาความชื้นดินโดยน้ำหนัก เรียกว่า gravimetric method หาได้จากความสัมพันธ์ ดังสมการที่ 7

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การวิเคราะห์ดัชนีความชุ่มชื้นของดิน

1.1 ข้อมูลอุทกวิทยาและอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่ การศึกษาดัชนีความชุ่มชื้นของดินในพื้นที่ ป่าดิบแล้งรุ่มสอง พื้นที่สวนยางพารา และพื้นที่สวน ผลไม้ โดยการตรวจวัดลักษณะอากาศใกล้ผิวดินที่มี อิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝน การคายระเหยน้ำ และการเก็บ ตัวอย่างดิน เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพที่มีผลต่อ ความชื้นในดินได้แก่ ความหนาแน่นรวมของดิน และ ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน สามารถอธิบาย ได้ดังนี้ พื้นที่ลุ่มน้ำมีปริมาณน้ำฝนสะสม เท่ากับ 1,208.49 มิลลิเมตรโดยมีปริมาณน้ำฝนสูงสุดในเดือน ตุลาคม มีค่าเท่ากับ 378.90 มิลลิเมตร และมีปริมาณ น้ำฝนต่ำสุดในเดือนมกราคม ซึ่งเป็นเดือนที่ไม่มีฝน ตก สำหรับการระเหยน้ำตลอดทั้งปีของพื้นที่ลุ่มน้ำมี ค่าเท่ากับ 772.56 มิลลิเมตร โดยเดือนที่มีการระเหย น้ำมากที่สุดคือเดือนพฤษภาคม มีค่าเท่ากับ 87.55 มิลลิเมตร และมีค่าต่ำสุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 42.39 มิลลิเมตร ส่วนการใช้น้ำของพืชรายเดือนของ พืชแต่ละชนิดมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือสูงใน เดือนพฤษภาคม และต่ำสุดในเดือนธันวาคม โดยพื้นที่ ป่าดิบแล้งรุ่มสองและสวนยางพารามีค่าใกล้เคียงกัน

ยกเว้นพื้นที่สวนผลไม้ที่มีค่าสูงกว่าพื้นที่อื่น ๆ เนื่องจากพื้นที่สวนผลไม้ที่ทำการศึกษาคือพื้นที่สวนผลไม้ที่มีการให้น้ำโดยระบบสปริงเกอร์ทำให้มีปริมาณน้ำในพื้นที่สูงจึงมีปริมาณน้ำเพื่อการระเหยน้ำมากกว่าพื้นที่อื่น ๆ สำหรับสมบัติดิน พบว่า ความสามารถในการนำน้ำของดินจากการวิเคราะห์ในสภาวะความชื้นดินที่ความจุสนาม พบว่าพื้นที่ยางพารามีค่ามากที่สุด รองมาคือ ป่าดิบแล้งรุ่มสอง และสวนผลไม้ ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 13.84 12.25 และ 11.12 ตามลำดับ สำหรับความหนาแน่นรวมของดิน พบว่าพื้นที่สวนยางพารามีค่ามากที่สุด รองมาคือ พื้นที่สวนผลไม้ และป่าดิบแล้งรุ่มสอง ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.37 1.34 และ 1.32 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่สวนยางพาราและพื้นที่สวนผลไม้มีการเข้าไปใช้ประโยชน์พื้นที่ของเกษตรกรโดยการบำรุงสวนและเก็บเกี่ยวผลผลิตเป็นประจำ ทำให้ดินมีการอัดแน่นมาก ซึ่งแตกต่างจากพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่มสอง ที่ไม่ได้มีการเข้าไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบใด ๆ (ภาพที่ 2)

1.2 ความผันแปรของดัชนีความชุ่มชื้นของดิน

(1) พื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่มสอง พบว่ามีค่า API เฉลี่ยรายปีเท่ากับ 33.61 มิลลิเมตร โดยมีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม เท่ากับ 112.25 มิลลิเมตร และมีค่าต่ำสุดในเดือนมกราคม เท่ากับ 0.95 มิลลิเมตร ส่วนค่า API รายวันสูงสุดมีค่าเท่ากับ 219.26 มิลลิเมตร ในเดือนตุลาคม ส่วนค่าต่ำสุดเท่ากับ 0 มิลลิเมตร ในเดือนมกราคม ทั้งนี้ความผันแปรของค่า API ที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนที่ตกโดยพบว่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดในเดือนตุลาคม เท่ากับ 378.90 มิลลิเมตร และต่ำสุดในเดือนมกราคม เท่ากับ 0.00 มิลลิเมตร โดยลักษณะเนื้อดิน พบว่าเป็นดินร่วนปนทรายมีหินและกรวดอยู่ค่อนข้างเยอะชั้นดินต้น มีการระบายน้ำดี และลักษณะพืชพรรณ พบว่าส่วนใหญ่มีอายุมากกว่า 30 ปีค่าการใช้น้ำของพืชจึงไม่สูงมากนักโดยมีพันธุ์ไม้เด่น ได้แก่ ยางนา (*Dipterocarpus alatus*) มะไฟป่า (*Baccaurea ramiflora*) คอแลน (*Nephelium hypoleucum*) ขนุนป่า (*Artocarpus lakoocha*)

และมะเดื่อ (*Ficus racemosa*) เป็นต้น

(2) พื้นที่สวนยางพารา พบว่าค่า API เฉลี่ยรายปีเท่ากับ 44.50 มิลลิเมตร โดยมีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม เท่ากับ 153.17 มิลลิเมตร และมีค่าต่ำสุดในเดือนมกราคม เท่ากับ 0.02 มิลลิเมตร สำหรับค่า API รายวันสูงสุดมีค่าเท่ากับ 255.33 มิลลิเมตร โดยค่าสูงสุดรายวันอยู่ในเดือนตุลาคม ส่วนค่าต่ำสุดเท่ากับ 0 มิลลิเมตร ในเดือนมกราคม โดยค่า API แปรผันตรงตามปริมาณน้ำฝนเช่นเดียวกับพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่มสอง โดยลักษณะเนื้อดินของพื้นที่สวนยางพาราเป็นดินร่วนปนทรายมีกรวดเยอะ และลักษณะพืชพรรณเป็นพืชเรือนยอดเตี้ยมีชั้นอายุเดียวซึ่งยางพารามีช่วงอายุ 20 ปี ทำให้อิทธิพลทางด้านพืชพรรณและด้านสมบัติของดินมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า API น้อยกว่าความผันแปรของปริมาณน้ำฝน

(3) พื้นที่สวนผลไม้ พบว่าค่า API เฉลี่ยรายปีเท่ากับ 22.57 มิลลิเมตร โดยมีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม เท่ากับ 84 มิลลิเมตร และมีค่าต่ำสุดในเดือนมกราคม เท่ากับ 0.12 มิลลิเมตร สำหรับค่า API รายวันสูงสุดมีค่าเท่ากับ 202.68 มิลลิเมตร โดยค่าสูงสุดรายวันอยู่ในเดือนตุลาคม ส่วนค่าต่ำสุดเท่ากับ 0 มิลลิเมตร ในเดือนมกราคม ทั้งนี้เนื่องมาจากช่วงเดือนตุลาคมเป็นช่วงที่มีฝนตกหนักจึงทำให้ปัจจัยทางด้านปริมาณน้ำฝนมีอิทธิพลมากกว่าลักษณะพืชพรรณ สำหรับพืชพรรณที่พบในพื้นที่สวนผลไม้ ได้แก่ ทูเรียน (*Durio zibethinus*) ลองกอง (*lansium domesticum*) มะปราง (*Bouea macrophylla*) และมังคุด (*Garcinia mangostana*) เป็นต้น โดยมีช่วงอายุเฉลี่ยตั้งแต่ 20-25 ปี บริเวณพื้นดินโล่งไม่มีสิ่งปกคลุมดิน

ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบค่า API ของทั้งสามพื้นที่ด้วยการทดสอบ F-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า P-value เท่ากับ 0.3367 เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษาเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กมีลักษณะทางกายภาพที่คล้ายคลึงกัน มีสถานีวิจัยวัดน้ำฝนเพียงสถานีเดียว ตามหลักการของ WMO

(1970) ทำให้ปริมาณน้ำฝนไม่ต่างกัน ซึ่งปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยหลักในการเปลี่ยนแปลงความผันแปรของค่า API นอกจากนี้ลักษณะเนื้อดินของทั้งสามพื้นที่ที่มีความคล้ายคลึงกันส่งผลต่อค่าสมบัติดินบางประการของดิน เช่น ความหนาแน่นรวมของดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินมีค่าใกล้เคียง จึงส่งผลทำให้ค่า API มีค่าใกล้เคียงกัน โดยลักษณะแนวโน้มน้ำของค่า API ในทั้งสามพื้นที่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือมีค่าสูงในเดือนตุลาคม และมีค่าต่ำในเดือนมกราคม (ตารางที่ 1 และภาพที่ 3)

1.3 ความผันแปรของค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤต

(1) พื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่มสอง พบว่าค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤต (API วิกฤต) มีค่าผันแปรระหว่าง 46.99-184.81 มิลลิเมตร โดยมีค่าสูงสุดในเดือนมิถุนายน เท่ากับ 184.81 และมีค่าต่ำสุดในเดือนมีนาคม เท่ากับ 46.99 มิลลิเมตร ทั้งนี้ค่าความผันแปรของ API วิกฤต ขึ้นอยู่กับความชื้นของดินในแต่ละเดือนและความลึกของดินในพื้นที่ สำหรับพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่มสอง มีความลึกของดิน 100 เซนติเมตร และสภาพพื้นที่เป็นดินปนกรวดทำให้ชั้นดินตื้น เมื่อทำการเปรียบเทียบค่า API กับค่า API วิกฤต ของแต่ละเดือน พบว่า ค่า API ที่ได้น้อยกว่าค่า API วิกฤต แสดงว่าศักยภาพของพื้นที่ยังสามารถรองรับน้ำฝนที่ตกลงมาได้ แต่เมื่อพิจารณาค่า API รายวัน พบว่า ค่า API รายวันสูงสุดเท่ากับ 219.26 มิลลิเมตร อยู่ในเดือนตุลาคม ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า API วิกฤต ทำให้วันดังกล่าวมีโอกาสเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินและเกิดเป็นน้ำท่วมและดินถล่มได้ และเมื่อศึกษาปริมาณน้ำฝนที่ทำให้ค่า API สูงกว่าค่า API วิกฤต พบว่า หากมีน้ำฝนเพียง 65.5 มิลลิเมตร ก็มีโอกาสดังกล่าวหน้าดินได้ ทั้งนี้ผลการศึกษาที่ได้มีความใกล้เคียงกับ Onasa *et al.* [6] ได้ทำการสร้างแบบจำลองเพื่อการเตือนภัยอุทกภัยบริเวณลุ่มน้ำก้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่าถ้าในช่วงฤดูฝนมีปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ 65.9 มิลลิเมตรขึ้นไป หรือถ้ามีฝนตกติดต่อกันหลายวันปริมาณน้ำฝนเพียง 36.4 มิลลิเมตร จะทำให้น้ำอยู่ในระดับวิกฤตมีโอกาส

เกิดน้ำท่วมฉับพลันได้ สำหรับพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่มสองของกลุ่มน้ำห้วยมะเฟืองมีค่า API รายวันและ ค่า API วิกฤต (ภาพที่ 4)

(2) พื้นที่สวนยางพารา พบว่า API วิกฤตมีค่าผันแปรระหว่าง 46.01-198.08 มิลลิเมตร โดยมีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม เท่ากับ 198.08 และมีค่าต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม เท่ากับ 46.01 มิลลิเมตรโดยพื้นที่สวนยางพารามีความลึกดินเท่ากับ 88 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบค่า API กับค่า API วิกฤต ของแต่ละเดือน พบว่า มีลักษณะเป็นไปในทิศทางเดียวกับพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่มสอง กล่าวคือ ค่า API มีค่าน้อยกว่า ค่า API วิกฤต ของแต่ละเดือน แต่เมื่อพิจารณาค่า API รายวัน พบว่ามีค่า API รายวันสูงสุดเท่ากับ 255.23 มิลลิเมตร อยู่ในเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นค่าที่มากกว่าค่า API วิกฤต กล่าวได้ว่าพื้นที่สวนยางพารามีศักยภาพการรองรับน้ำของพื้นที่ในวันนั้นต่ำเมื่อฝนตกลงมาเพียง 65.5 มิลลิเมตรมีโอกาสที่จะเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินและเกิดน้ำท่วมได้ ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของพื้นที่ที่ชั้นดินตื้น กักเก็บน้ำได้น้อยดินมีการอัดแน่น เมื่อมีปริมาณฝนสะสมมาเรื่อยๆ จึงเกิดโอกาสเสี่ยงได้ (ภาพที่ 5)

(3) พื้นที่สวนผลไม้ พบว่า API วิกฤตมีค่าผันแปรระหว่าง 22.82-221.71 มิลลิเมตร โดยมีค่าสูงสุดในเดือนมิถุนายน เท่ากับ 221.71 และมีค่าต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม เท่ากับ 22.82 มิลลิเมตรโดยพื้นที่สวนผลไม้มีความลึกดินเท่ากับ 110 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบค่า API กับค่า API วิกฤต ทั้งรายเดือนและรายวัน พบว่าค่า API มีค่าน้อยกว่าค่า API วิกฤต แสดงว่าพื้นที่สวนผลไม้มีศักยภาพการรองรับน้ำของพื้นที่สูง เนื่องจากดินเป็นดินร่วนปนทราย เนื้อดินไม่มีกรวด มีชั้นดินลึก ทำให้เก็บน้ำได้ดี เมื่อฝนตกลงมาพื้นที่สามารถรองรับน้ำฝนที่ไหลลงมาได้ดีกว่าพื้นที่ป่าดิบแล้งและพื้นที่สวนยางพารา (ภาพที่ 6)

2. แบบจำลองเพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำท่า

2.1 ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่า

การศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนรายเดือนกับปริมาณน้ำท่ารายเดือนโดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย พบว่าปริมาณน้ำฝนสามารถอธิบายความแปรปรวนของการเกิดน้ำท่าร้อยละ 59.94 ส่วนที่เหลือมาจากปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ ทั้งนี้ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนรายเดือนกับปริมาณน้ำท่ารายเดือนเป็นไปในทิศทางเดียวกับ Praphun *et al.*[7] ได้สร้างแบบจำลองน้ำท่าของป่าดิบแล้งรุ่นสองที่อำเภอเมืองระยอง พบว่าปริมาณน้ำฝนรายเดือนมีบทบาทต่อการเกิดน้ำท่าในลำธารของเดือนนั้น ๆ เท่ากับร้อยละ 56.10 ที่เหลืออีกร้อยละ 43.90 เป็นอิทธิพลของปัจจัยอื่น ๆ เมื่อทำการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่ารายฤดูกาลโดยแบ่งเป็นช่วงน้ำหลากและช่วงแล้งฝนของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยมะเฟือง พบว่า ช่วงน้ำหลากปริมาณน้ำฝนมีอิทธิพลต่อการเกิดน้ำท่าร้อยละ 38.25 สำหรับช่วงแล้งฝนปริมาณน้ำฝนมีอิทธิพลต่อการเกิดน้ำท่าร้อยละ 58.41 ทั้งนี้จะเห็นว่าช่วงน้ำหลากอิทธิพลของปริมาณน้ำฝนส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าน้อยกว่าช่วงแล้งฝน เนื่องจากปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่ามาก เช่น ความชื้นของดิน หรือค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินในพื้นที่ที่เกินศักยภาพที่รองรับได้ซึ่งทำให้นอกจากปริมาณน้ำฝนแล้วในช่วงน้ำหลากปริมาณน้ำในลำธารอาจได้รับอิทธิพลมาจากปัจจัยแวดล้อมเหล่านี้ก็เป็นได้ (ตารางที่ 2 และภาพที่ 7)

2.2 ความสัมพันธ์ของค่า API กับปริมาณน้ำท่า

การศึกษาความสัมพันธ์ของค่า API รายเดือนกับปริมาณน้ำท่ารายเดือน พบว่า พื้นที่ทั้งสามพื้นที่ค่า API รายเดือนมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำท่ารายเดือนมากกว่าร้อยละ 50 กล่าวได้ว่า เมื่อค่า API มีค่ามากขึ้นจะส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าของเดือนนั้น ๆ ให้มีค่ามากตามไปด้วย สอดคล้องกับ Misha และ Singh [8] กล่าวว่า ยิ่งค่า API มีค่ามากเท่าใดอัตราการไหลของน้ำท่าจะมีมากขึ้นไปด้วย นอกจากนี้ยังสอดคล้อง

กับ Bousfield [9] ที่ได้ทำการศึกษาอัตราการไหลสูงสุดบริเวณชายฝั่งทางเหนือของรัฐแคลิฟอร์เนียพบว่าอัตราการไหลสูงสุดกับค่า API มีความสัมพันธ์กันโดยมีค่าความสัมพันธ์เท่ากับร้อยละ 83 โดยมีค่า API มีค่าเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลทำให้ค่าอัตราการไหลของน้ำมีค่ามากขึ้นด้วย สำหรับเมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของค่า API รายเดือนกับปริมาณน้ำท่ารายเดือนของแต่ละพื้นที่ พบว่า พื้นที่สวนผลไม้ค่า API รายเดือนมีอิทธิพลต่อการให้น้ำท่ามากกว่าพื้นที่สวนยางพารา และพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่นสอง ตามลำดับ โดยมีค่าความสัมพันธ์เท่ากับร้อยละ 64.85 63.88 และ 55.09 ตามลำดับ และเมื่อทำการศึกษารายช่วงฤดูกาล พบว่า พื้นที่สวนยางพารา ค่า API มีอิทธิพลต่อการให้น้ำท่ามากกว่าพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่นสอง และพื้นที่สวนผลไม้ ตามลำดับ ทั้งในช่วงน้ำหลากและช่วงแล้งฝน โดยมีค่าความสัมพันธ์ในช่วงน้ำหลากเท่ากับ 67 47 61.71 และ 58.48 ตามลำดับ สำหรับค่าความสัมพันธ์ในช่วงแล้งฝนมีค่าเท่ากับ 79.66 75.12 และ 71.74 ตามลำดับ (ภาพที่ 8)

ทั้งนี้การที่พื้นที่สวนยางพาราพบค่า API มีอิทธิพลต่อการให้น้ำท่าในช่วงน้ำหลากและช่วงแล้งฝนมากกว่าพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่นสองและพื้นที่สวนผลไม้ เนื่องจากพื้นที่ยางพารามีค่า API สูง โดยลักษณะของพืชเป็นพืชเรือนยอดเดี่ยวเมื่อมีฝนตกลงมาผ่านชั้นเรือนยอดลงมากกระทบหน้าดินได้ง่าย ทำให้ดินมีการอัดแน่นส่งผลต่อการซึมน้ำผ่านผิวดิน และส่งผลต่อศักยภาพการรองรับน้ำได้น้อย สำหรับในกรณีที่ฝนตกลงมาพื้นที่ที่ไม่สามารถรองรับน้ำฝนได้เกิดน้ำไหลบ่าบริเวณผิวดินทำให้มีโอกาสเกิดน้ำท่ามากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ Witthawatcutikul [10] กล่าวว่า การทำลายป่าต้นน้ำและปลูกยางพาราทำให้ความสามารถในการดูดซับและระบายน้ำของดินลดลงร้อยละ 46.43 ทำให้เกิดน้ำไหลบ่าตามผิวดินในขณะที่ฝนตก และนอกจากนี้ Witthawatcutikul and Jirasuktaveekul [11] กล่าวว่า การดูดซับและเก็บกักน้ำของดินน้อยลง ทำให้องค์ประกอบของน้ำท่าที่ไหลลงไปในลำธารเปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือ ทำให้น้ำ

ไหลเพิ่มมากขึ้นร้อยละ 36.92 และไหลแรงขึ้นร้อยละ 54.07 จึงมีโอกาสจะเกิดน้ำท่วมได้ สำหรับพื้นที่สวนผลไม้และพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่นสองที่มีค่าความสัมพันธ์น้อยกว่านั้นเนื่องมาจากอยู่บนพื้นที่สูงมีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ที่มากกว่ามีค่าการใช้น้ำที่ต่างกันอย่างออกปทำให้มีคายระเหยน้ำสูงจึงเกิดเป็นน้ำทำได้น้อยกว่าพื้นที่สวนยางพารา

2.3 สมการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่า

(1) พื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่นสอง การพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าของพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่นสองได้จากการสร้างแบบจำลอง สมการถดถอยแบบหลายตัวแปรหาความสัมพันธ์ พบว่า มีค่าความสัมพันธ์สำหรับใช้พยากรณ์ปริมาณน้ำท่ารายปีเท่ากับร้อยละ 49.70 โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับร้อยละ 10.95 ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E._{est}) เป็นค่าที่บอกว่าปริมาณน้ำท่าจริง (Q) กับปริมาณน้ำท่า

ประเมิน ($Q_{estimate}$) ไม่เท่ากันแสดงว่ามีความคลาดเคลื่อน ถ้าแตกต่างกันมากความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการพยากรณ์ก็จะมีค่ามาก ถ้าใกล้เคียงกันความคลาดเคลื่อนมาตรฐานก็จะมีค่าน้อย ทั้งนี้สมการที่ได้ของป่าดิบแล้งรุ่นสองมีค่าใกล้เคียงกับ Praphun et al.[7] ได้สร้างแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่นสองที่จังหวัดระยอง ได้ค่าความสัมพันธ์ของสมการร้อยละ 58.50 และเมื่อศึกษาเพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าจากปริมาณน้ำฝนและค่า API แบบรายช่วงฤดูกาล พบว่า ช่วงน้ำหลากมีค่าความสัมพันธ์เท่ากับร้อยละ 79.30 โดยมีความคลาดเคลื่อนเท่ากับร้อยละ 7.84 และในช่วงแล้งฝนมีค่าความสัมพันธ์เท่ากับร้อยละ 72.80 โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับร้อยละ 2.71 โดยมีสมการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าดังสมการที่ 7 8 และสมการที่ 9 ตามลำดับ

สมการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่า

$$\text{รายปี} \quad Q = 0.972 + 0.180API + 0.057R ; R^2_{adj} = 49.70 , S.E._{est} = 10.95 \quad (7)$$

$$\text{ช่วงฤดูน้ำหลาก} \quad Q = 7.424 + 1.278API - 0.279R ; R^2_{adj} = 79.30 , S.E._{est} = 7.84 \quad (8)$$

$$\text{ช่วงฤดูแล้งฝน} \quad Q = 2.151 + 0.346API - 0.187R ; R^2_{adj} = 72.80 , S.E._{est} = 2.71 \quad (9)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณน้ำท่า (มิลลิเมตร) API คือ ดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (มิลลิเมตร) และ R คือ ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)

(2) พื้นที่สวนยางพารา การพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าของพื้นที่สวนยางพารา พบว่า มีค่าความสัมพันธ์สำหรับใช้พยากรณ์ปริมาณน้ำท่ารายปีเท่ากับร้อยละ 56.50 โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับร้อยละ 10.18 ทั้งนี้เมื่อศึกษารายช่วงฤดูกาล

พบว่า ช่วงน้ำหลากมีค่าความสัมพันธ์เท่ากับร้อยละ 80.50 โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับร้อยละ 7.61 และในช่วงแล้งฝนมีค่าความสัมพันธ์เท่ากับร้อยละ 72.90 โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับร้อยละ 2.71 โดยมีสมการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าดังสมการที่ 10 11 และสมการที่ 12 ตามลำดับ

สมการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่า

$$\text{รายปี} \quad Q = 1.019 + 0.213API + 0.022R ; R^2_{adj} = 56.50 , S.E._{est} = 10.18 \quad (10)$$

$$\text{ช่วงฤดูน้ำหลาก} \quad Q = 5.100 + 0.737API - 0.197R ; R^2_{adj} = 80.50 , S.E._{est} = 7.61 \quad (11)$$

$$\text{ช่วงฤดูแล้งฝน} \quad Q = 2.397 + 0.196API - 0.107R ; R^2_{adj} = 72.90 , S.E._{est} = 2.71 \quad (12)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณน้ำท่า (มิลลิเมตร) API คือ ดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (มิลลิเมตร) และ R คือ ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)

(3) พื้นที่สวนผลไม้ การพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าของพื้นที่สวนผลไม้ พบว่า มีความสัมพันธ์สำหรับใช้พยากรณ์ปริมาณน้ำท่ารายปีเท่ากับร้อยละ 58.10 โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับร้อยละ 9.99 ทั้งนี้

สมการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่า

$$\text{รายปี} \quad Q = 1.664 + 0.694\text{API} - 0.045R ; R^2_{\text{adj}} = 58.10 , \text{S.E.}_{\text{est}} = 9.99 \quad (13)$$

$$\text{ช่วงฤดูน้ำหลาก} \quad Q = 9.180 + 1.695\text{API} - 0.287R ; R^2_{\text{adj}} = 70.80 , \text{S.E.}_{\text{est}} = 9.30 \quad (14)$$

$$\text{ช่วงฤดูแล้งฝน} \quad Q = 2.291 + 0.665\text{API} - 0.170R ; R^2_{\text{adj}} = 59.80 , \text{S.E.}_{\text{est}} = 3.30 \quad (15)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณน้ำท่า (มิลลิเมตร) API คือ ดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (มิลลิเมตร) และ R คือ ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)

ทั้งนี้เมื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องของสมการโดยเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากการประเมินกับปริมาณน้ำท่าจริงในพื้นที่ พบว่า พื้นที่สวนผลไม้แบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าความจริงมากที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 65.71 รองมาคือพื้นที่สวนยางพารา และพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่นสอง มีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 62.26 และ 58.83 ตามลำดับ เนื่องจากพื้นที่สวนผลไม้มีความสัมพันธ์ของค่า API กับปริมาณน้ำท่าสูงกว่าพื้นที่อื่น ๆ เมื่อสร้างสมการปริมาณน้ำท่าจากปริมาณน้ำฝนและค่า API จึงทำให้ข้อผิดพลาดของค่า API ส่งผลต่อการพยากรณ์ในแต่ละรูปแบบการใช้ที่ดินมากกว่าปริมาณน้ำฝน เพราะทั้งสามพื้นที่ใช้ปริมาณน้ำฝนจากสถานีเดียวกัน (ภาพที่ 9- ภาพที่ 11)

สรุปผลการวิจัย

1. ดัชนีความชุ่มชื้นของดินและดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤต

1.1 พื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่นสอง พบว่ามีค่า API เฉลี่ยรายปีเท่ากับ 33.61 มิลลิเมตร โดยมีค่าสูงสุด

เมื่อศึกษารายช่วงฤดูกาล พบว่า ช่วงน้ำหลากมีค่าความสัมพันธ์เท่ากับร้อยละ 70.80 โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับร้อยละ 9.30 และในช่วงแล้งฝนมีค่าความสัมพันธ์เท่ากับร้อยละ 59.80 โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับร้อยละ 3.30 โดยมีสมการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่างสมการที่ 13 14 และสมการที่ 15 ตามลำดับ

ในเดือนตุลาคม เท่ากับ 112.25 มิลลิเมตร และมีค่าต่ำสุดในเดือนมกราคม เท่ากับ 0.95 มิลลิเมตร มีค่า API รายวันสูงสุดมีค่าเท่ากับ 219.26 มิลลิเมตร สำหรับ API วิกฤต มีค่าผันแปรระหว่าง 46.99-184.81 มิลลิเมตร โดยมีค่าสูงสุดในเดือนมิถุนายน เท่ากับ 184.81 และมีค่าต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม เท่ากับ 46.99 มิลลิเมตร เมื่อทำการเปรียบเทียบค่า API กับค่า API วิกฤต ของแต่ละเดือน พบว่าค่า API น้อยกว่าค่า API วิกฤต แต่เมื่อพิจารณาค่า API รายวัน พบว่าค่า API รายวันสูงสุดมีค่ามากกว่าค่า API วิกฤต

1.2 พื้นที่สวนยางพารา พบว่าค่า API เฉลี่ยรายปีเท่ากับ 44.50 มิลลิเมตร โดยมีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม เท่ากับ 153.17 มิลลิเมตร และมีค่าต่ำสุดในเดือนมกราคม เท่ากับ 0.02 มิลลิเมตร สำหรับค่า API รายวันสูงสุดมีค่าเท่ากับ 255.33 มิลลิเมตร โดยค่าสูงสุดรายวันอยู่ในเดือนตุลาคม สำหรับ API วิกฤต มีค่าผันแปรระหว่าง 46.01-198.08 มิลลิเมตร โดยมีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม เท่ากับ 198.08 และมีค่าต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม เท่ากับ 46.01 มิลลิเมตรเมื่อเปรียบเทียบค่า API มีค่าน้อยกว่า ค่า API วิกฤต ของแต่ละเดือน แต่เมื่อพิจารณาค่า API รายวัน พบว่ามีค่า API รายวัน

สูงสุดมีค่ามากกว่าค่า API วิกฤต

1.3 พื้นที่สวนผลไม้ พบว่าค่า API เฉลี่ยรายปีเท่ากับ 22.57 มิลลิเมตร โดยมีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม เท่ากับ 84.00 มิลลิเมตร และมีค่าต่ำสุดในเดือนมกราคม เท่ากับ 0.12 มิลลิเมตร สำหรับค่า API รายวันสูงสุดมีค่าเท่ากับ 202.68 มิลลิเมตร โดยค่าสูงสุดรายวันอยู่ในเดือนตุลาคม สำหรับ API วิกฤตมีค่าผันแปรระหว่าง 22.82-227.71 มิลลิเมตร โดยมีค่าสูงสุดในเดือนมิถุนายน เท่ากับ 227.71 และมีค่าต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม เท่ากับ 22.82 มิลลิเมตร เปรียบเทียบค่า API กับค่า API วิกฤต ทั้งรายเดือนและรายวัน พบว่าค่า API มีค่าน้อยกว่าค่า API วิกฤต

2. แบบจำลองเพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำท่า

2.1 ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่ากับปริมาณน้ำฝน

ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่ากับปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำฝนมีอิทธิพลต่อการเกิดน้ำท่าในเดือนนั้น ๆ ร้อยละ 59.94 สำหรับความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่ากับค่า API พบว่า ความสัมพันธ์ของค่า API รายเดือนกับปริมาณน้ำท่ารายเดือนของพื้นที่สวนผลไม้ ค่า API รายเดือนมีอิทธิพลต่อการให้น้ำท่ามากกว่าพื้นที่สวนยางพารา และพื้นที่ป่าดิบแล้ง ร้อยละ 64.85 63.88 และ 55.09 ตามลำดับ

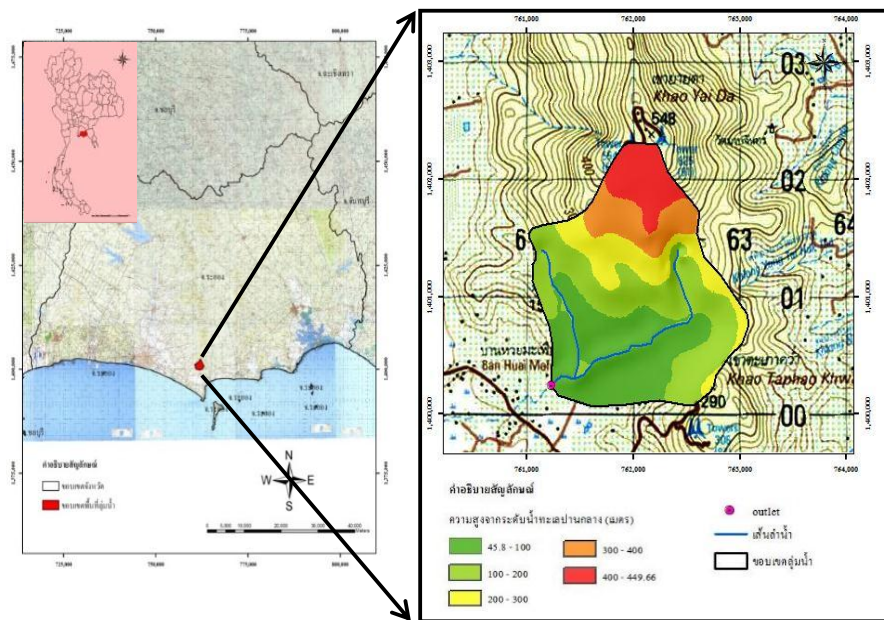
2.2 สมการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่า

สมการของพื้นที่สวนผลไม้ มีความสัมพันธ์มากที่สุด รองมาคือพื้นที่ยางพารา และพื้นที่ป่าดิบแล้ง ตามลำดับ โดยมี R^2_{adj} เท่ากับร้อยละ 58.10 56.50 และ 49.70 ตามลำดับ เมื่อตรวจสอบความถูกต้อง พบว่า พื้นที่สวนผลไม้แบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าความจริงมากที่สุด รองมาคือพื้นที่สวนยางพารา และพื้นที่ป่าดิบแล้ง ร้อยละ 65.71 62.26 และ 58.83 ตามลำดับ

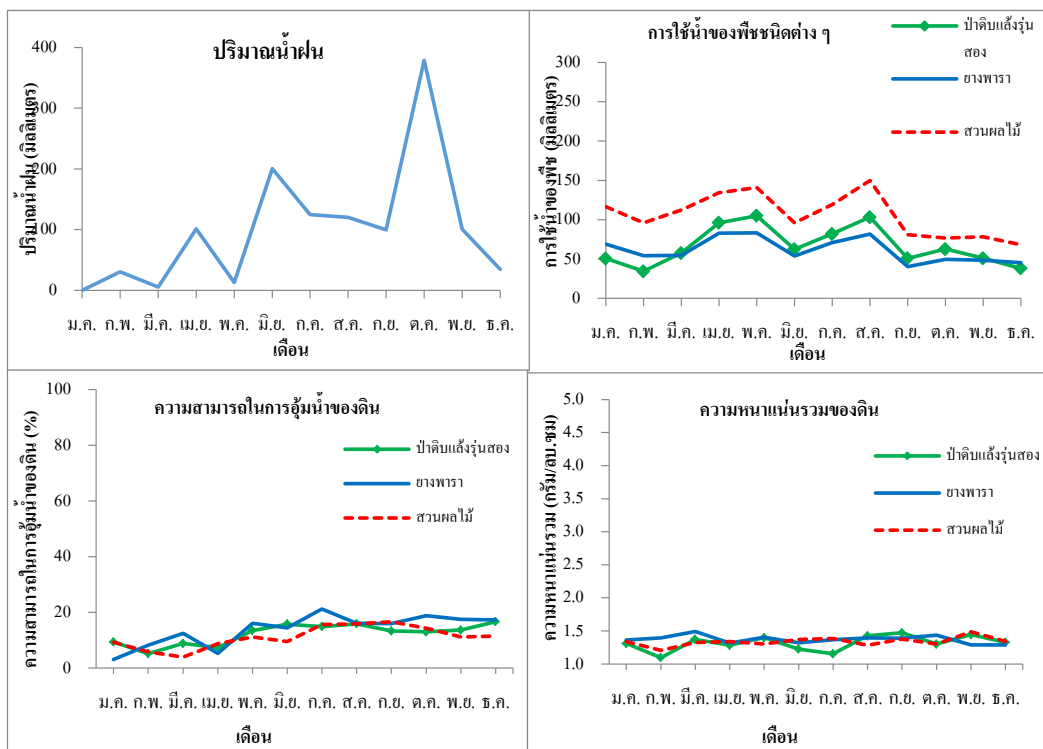
เอกสารอ้างอิง

1. Witthawatchutikul P, Jirasuktaveekul W. Antecedent Precipitation Index (API) for Flood and Landslide Warning. In: Proceedings of the Head of filed Conservation and Watershed Management, Department of National Parks, Wildlife and Plant; 2006 Sep 6-8; Phitsanulok, Thailand. Bangkok: Department of National Parks, Wildlife and Plant; 2006. Thai.
2. Phongphut K, Thepprasit C. Watershed Runoff Forecasting for a Flash Flood Watch and Warning System Development. In: Proceedings of the 17th National Convention on Civil Engineering; 2012 May 9-11; Udon Thani, Thailand. Bangkok: Geotechnical Engineering Research and Development center, Kasetsart University; 2008. Thai.
3. Linsley RK, Kohler MA, Paulhus JLH. Hydrology for Engineers. New York : McGraw-Hill Book Company; 1982.
4. Choudhury BJ, Blanchard BJ. Simulating soil water recession coefficients for agricultural watersheds. Journal of the American Water Resources Association. 1983;19: 241-247.
5. Viessman JrW, Lewis G, Knapp JW. Introduction to Hydrology. Singapore: Harper & Row Publishrers, 1989.

6. Onasa S, Witthawatchutikul P, Boonsaner A, Treephattanasuwan P, Bunnasopits P, Onasa C, Siripaipan S. Modeling for Flood Warning on mountainous watershed at Namkhor Watershed. Bangkok: Department of National Parks, Wildlife and Plant, 2010. Thai.
7. Praphun S, Thitirojanawat P, Witthawatchutikul P. Modeling for Runoff Estimation of Secondary Dry-evergreen Forest at Rayong. Bangkok: Department of National Parks, Wildlife and Plant, 2011. Thai.
8. Mishra SK, Singh VP. Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology. London: Academic publishers, 2003.
9. Bousfield G. Peakflow Prediction Using an Antecedent Precipitation Index in Small Forested Watershed of the Northern California Coast Range. California: Humboldt State University, 2008.
10. Witthawatchutikul P. Ecosystem and Development Area. Bangkok: Department of National Parks, Wildlife and Plant, 1988. Thai.
11. Witthawatchutikul P, Jirasuktaveekul W. Simulating runoff and hydrological impacts resulting from forest conversion to rubber plantation at Rayong. Bangkok: Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 1999. Thai.



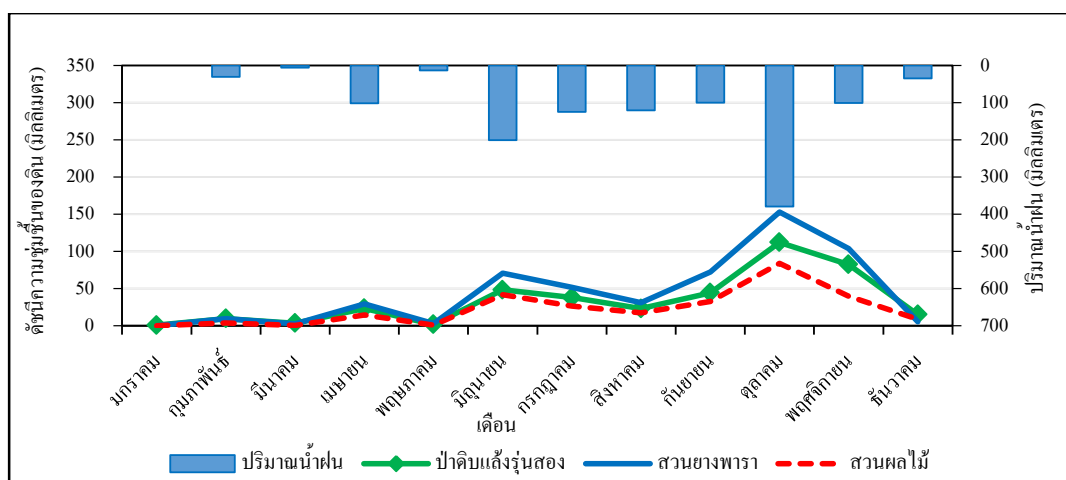
ภาพที่ 1 ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยมะเฟือง



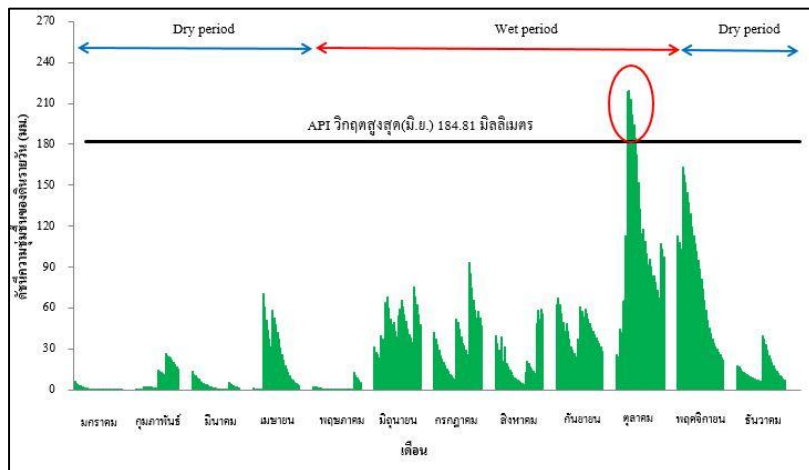
ภาพที่ 2 ปริมาณน้ำฝน การระเหยน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินและความหนาแน่นรวมของดิน บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยมะเฟือง

ตารางที่ 1 ความผันแปรของค่า API ค่า API วิกฤต และค่าปริมาณน้ำฝนของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยมะเฟือง

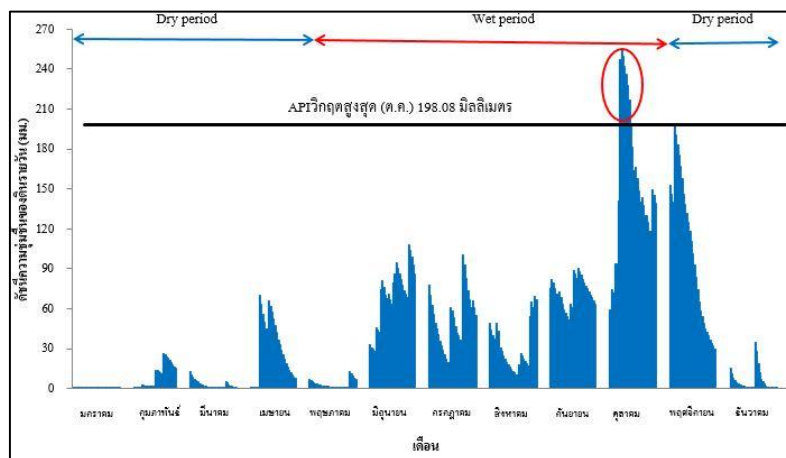
เดือน	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	API (มิลลิเมตร)			API วิกฤต (มิลลิเมตร)		
		ป่าดิบแล้ง รุ่มสอง	ยางพารา	สวน ผลไม้	ป่าดิบแล้ง รุ่มสอง	ยางพารา	สวน ผลไม้
มกราคม	0.00	0.95	0.02	0.12	72.16	69.75	118.81
กุมภาพันธ์	30.60	9.66	9.56	3.73	124.22	149.79	131.91
มีนาคม	5.20	3.58	2.79	0.60	46.99	65.24	26.75
เมษายน	101.07	23.31	29.50	14.45	115.69	100.99	82.69
พฤษภาคม	12.90	1.93	3.19	1.08	50.61	46.01	22.82
มิถุนายน	200.30	48.34	70.71	41.72	184.81	189.60	221.71
กรกฎาคม	124.50	38.10	51.88	26.44	169.31	165.06	188.32
สิงหาคม	120.34	23.14	31.33	17.50	164.44	178.47	212.62
กันยายน	99.40	44.40	72.42	32.89	160.96	171.51	177.05
ตุลาคม	378.90	112.25	153.17	84.00	155.21	198.08	188.56
พฤศจิกายน	100.68	82.55	103.86	39.64	167.95	118.64	117.16
ธันวาคม	34.60	15.10	5.63	8.65	128.52	105.24	198.63
ค่าต่ำสุด	0.00	0.95	0.02	0.12	46.99	46.01	22.82
ค่าสูงสุด	378.90	112.25	153.17	84.00	184.81	198.08	221.71
เฉลี่ย	106.72	35.29	48.04	23.83	128.41	129.87	140.59



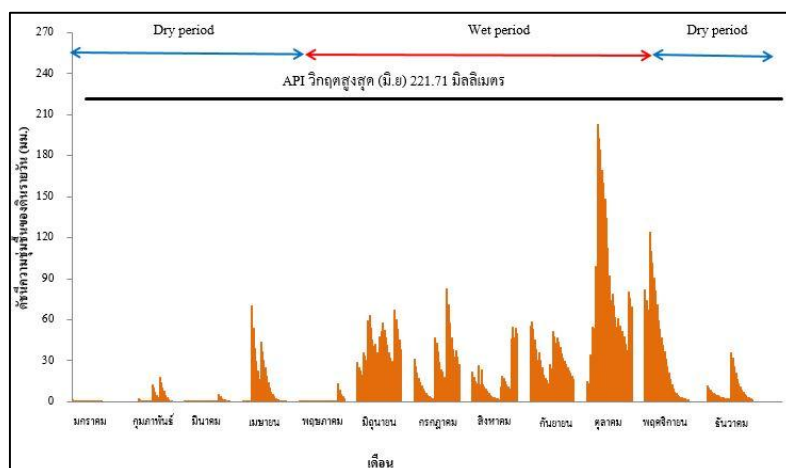
ภาพที่ 3 ความผันแปรของค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำฝน



ภาพที่ 4 ความผันแปรของค่า API รายวัน กับค่า API สูงสุด ในพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่นสอง



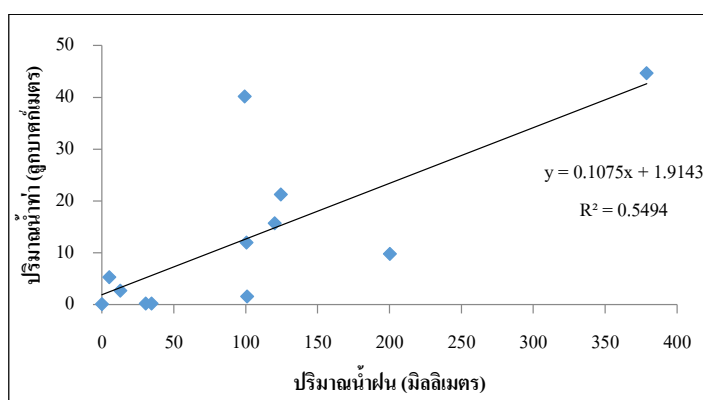
ภาพที่ 5 ความผันแปรของค่า API รายวัน กับค่า API สูงสุด ในพื้นที่สวนยางพารา



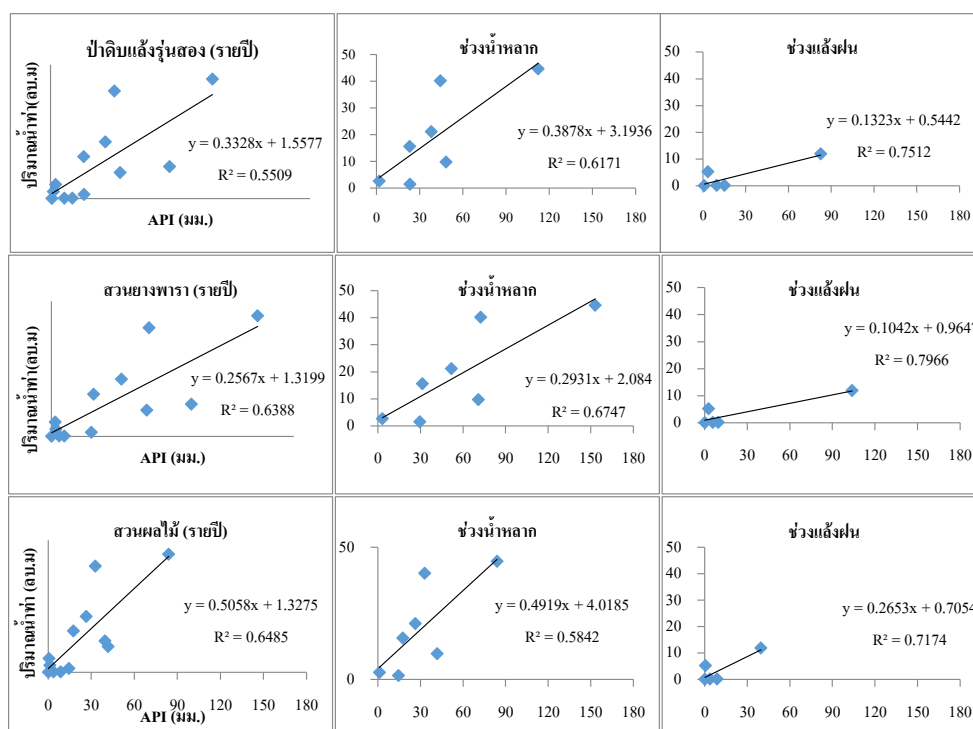
ภาพที่ 6 ความผันแปรของค่า API รายวัน กับค่า API สูงสุด ในพื้นที่สวนผลไม้

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำท่าและปริมาณน้ำฝนรายเดือน

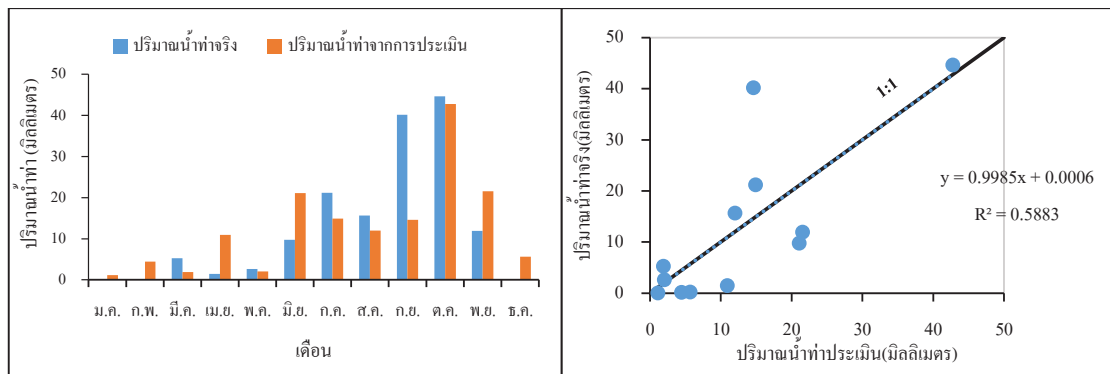
ปริมาณ (มม.)	เดือน											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
น้ำฝน	0.00	30.60	5.20	101.07	12.90	200.30	124.50	120.34	99.40	378.90	100.68	34.60
น้ำท่า	0.03	0.15	5.25	1.48	2.62	9.74	21.17	15.61	40.14	44.64	11.92	0.17



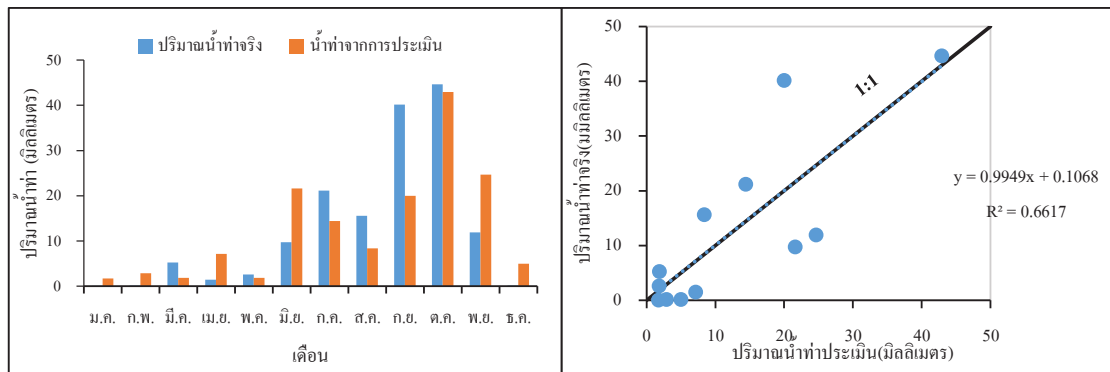
ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนรายเดือนกับปริมาณน้ำท่ารายเดือน



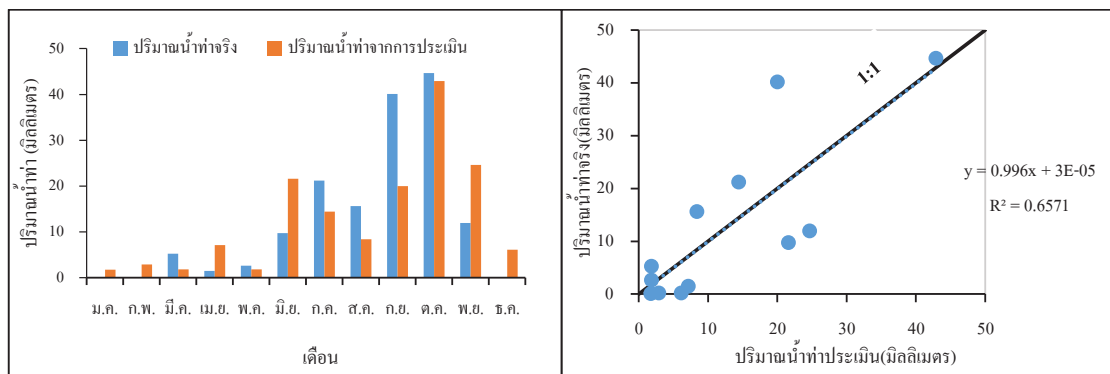
ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ของค่า API รายเดือนกับปริมาณน้ำท่ารายเดือนของแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน



ภาพที่ 9 การทดสอบความถูกต้องแบบจำลองน้ำท่าของพื้นที่ป่าดิบแล้งรุ่นสอง



ภาพที่ 10 การทดสอบแบบความถูกต้องจำลองน้ำท่าของพื้นที่สวนยางพารา



ภาพที่ 11 การทดสอบแบบความถูกต้องจำลองน้ำท่าของพื้นที่สวนผลไม้