BSJ
BURAPHA SCIENCE JOURNAL
ISSN 2985-0983 (online)

วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 30 (ฉบับที่ 3) กันยายน – ธันวาคม พ.ศ. 2568
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 30 (No.3) September – December 2025 บทความวิจัย

ผลกระทบของปรากฏการณ์เอลนีโญ-ลานีญา (ENSO) และฝนสุดขั้ว (Rain bomb) ต่อความมั่นคงด้านน้ำในลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

Impacts of ENSO and Extreme Rainfall Events on Water Security in the Mae Chaem Watershed, Chiang Mai Province

ยศสรัล ศรีสุข[1*] และ อรทัย มิ่งธิพล[2]

Yotsarun Srisuk[1*] and Orathai Mingtipon[2]

[1]*สาขาการจัดการและพัฒนาทรัพยากร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประเทศไทย*

[2]*คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประเทศไทย*

[1] *Division of Resource Management and Development, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Thailand*

[2]*Faculty of Architecture and Environmental Design, Maejo University, Thailand*

Received : 19 September 2025, Received in revised form : 3 December 2025, Accepted : 7 December 2025

Available online : 15 December 2025

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์และที่มา : ความมั่นคงด้านน้ำถือเป็นหนึ่งในความท้าทายสำคัญของศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะในพื้นที่เกษตรที่สูงที่พึ่งพาน้ำฝนเป็นหลัก ปัญหานี้ทวีความซับซ้อนมากขึ้นภายใต้ความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อปริมาณฝน ความถี่ และการกระจายตัวเชิงฤดูกาล อันกระทบต่อทั้งระบบน้ำและวิถีชีวิตของชุมชนเกษตร ปรากฏการณ์เอลนีโญ–ลานีญา (ENSO) มีอิทธิพลอย่างมากต่อภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยทั่วไป เอลนีโญ (El Niño) มักสัมพันธ์กับภาวะฝนแล้ง ขณะที่ ลานีญา (La Niña) มักเพิ่มความเสี่ยงน้ำท่วม อย่างไรก็ตาม ความสัมพันธ์ดังกล่าวแตกต่างกันไปตามลักษณะภูมิประเทศและเขตเงาฝน ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ประเทศไทยประสบเหตุการณ์ฝนสุดขั้ว (Rain bomb) บ่อยขึ้น ซึ่งเป็นฝนตกหนักในระยะเวลาสั้น ก่อให้เกิดน้ำป่าไหลหลาก ดินถล่ม การชะล้างหน้าดิน และความเสียหายต่อเกษตรกรรม พื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ เป็นหนึ่งในพื้นที่ศึกษาที่สะท้อนความเปราะบางดังกล่าว ด้วยภูมิประเทศลาดชันและการปลูกพืชเชิงเดี่ยว เช่น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ทำให้ระบบนิเวศเปราะบาง และการพึ่งพาน้ำฝนร่วมกับแหล่งกักเก็บน้ำขนาดเล็กไม่สามารถตอบสนองความต้องการในฤดูแล้งได้ ขณะเดียวกันในปีที่ฝนมากก็ไม่สามารถเก็บกักใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ ส่งผลให้ชุมชนแม่แจ่มต้องเผชิญทั้งภัยแล้งและน้ำหลากในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษา (1) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์เอลนีโญ-ลานีญา (ENSO) และปริมาณน้ำฝนในลุ่มน้ำแม่แจ่ม (2) ประเมินความรุนแรงและความถี่ของเหตุการณ์ฝนสุดขั้วด้วยแบบจำลองสถิติ Gumbel distribution และ (3) วิเคราะห์ผลกระทบต่อความมั่นคงด้านน้ำและความเสี่ยงต่อระบบเกษตรกรรมบนพื้นที่สูง

วิธีดำเนินการวิจัย : การวิจัยนี้ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนย้อนหลัง 60 ปี (พ.ศ. 2507–2567) จากสถานีอุตุนิยมวิทยาแม่แจ่มและพื้นที่ใกล้เคียง รวมทั้งดัชนี ONI (Oceanic Niño Index) เพื่อจัดกลุ่มปีตามลักษณะ ENSO และข้อมูลการใช้น้ำของชุมชนเกษตรในลุ่มน้ำแม่แจ่ม ขั้นตอนการวิเคราะห์ประกอบด้วย (1) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ENSO–ฝน โดยใช้สถิติเปรียบเทียบ

ค่าเฉลี่ยฝนในช่วง El Niño, La Niña และ Neutral (2) การวิเคราะห์เหตุการณ์ฝนสุดขั้ว ด้วยแบบจำลอง Gumbel distribution เพื่อคำนวณค่าคืนซ้ำ (Return Period) ของฝนรายวันสูงสุด และ (3) การประเมินสมดุลน้ำ (Supply-Demand Balance) โดยใช้สมการเชิงประจักษ์ของ Prakob (1996) เพื่อหาปริมาณน้ำท่า และโปรแกรม CWR-RID เพื่อคำนวณความต้องการน้ำของพืชเศรษฐกิจ เพื่อสะท้อนถึงสถานะความมั่นคงน้ำในแต่ละปี

ผลการวิจัย : ปรากฏการณ์เอลนีโญ (El Niño) มีอิทธิพลอย่างชัดเจนต่อการลดลงของปริมาณน้ำฝนในลุ่มน้ำแม่แจ่ม และสัมพันธ์กับการเกิดภัยแล้งถึง 13 ครั้งตลอดระยะเวลา 60 ปี โดยบางปีมีฝนสะสมต่ำที่สุดเพียง 379.5 มิลลิเมตรต่อปี ขณะที่ลานีญา (La Niña) ไม่ได้สร้างความสัมพันธ์ที่ชัดเจนกับปริมาณฝน ยกเว้นปี 2565 ที่มีปริมาณฝนสูงผิดปกติ และในช่วงปี 2566-2567 แม้จะเป็นปีเอลนีโญรุนแรง พื้นที่กลับมีฝนตกมากกว่าค่าเฉลี่ย แสดงถึงความไม่เสถียรของความสัมพันธ์ ENSO–ฝนในระยะหลัง เมื่อพิจารณาเหตุการณ์ฝนสุดขั้ว (Rain bomb) พบว่าฝนรายวันสูงสุด 165 มิลลิเมตร มีค่าคืนซ้ำราว 10 ปี ซึ่งสะท้อนถึงความรุนแรงและศักยภาพที่จะก่อให้เกิดน้ำป่าไหลหลาก ดินถล่ม และความเสียหายต่อระบบเกษตรกรรมอย่างกว้างขวาง ในด้านศักยภาพการผลิตน้ำท่า พบว่าชุมชนที่มีพื้นที่ป่าต้นน้ำขนาดใหญ่ เช่น บ้านแม่มุ และบ้านสบแม่รวม มีปริมาณน้ำต้นทุนเพียงพอรองรับความต้องการใช้ตลอดทั้งปี ตรงกันข้ามกับชุมชนที่มีพื้นที่รับน้ำขนาดเล็ก เช่น บ้านป่ากล้วย บ้านทุ่งแก และบ้านอมลาน ที่มีปริมาณน้ำผลิตได้ต่ำ โดยเฉพาะในปีฝนน้อยซึ่งมีน้ำท่าต่ำกว่า 0.5 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี นอกจากนี้ ลักษณะการกระจายน้ำยังมีความไม่สมดุลเชิงฤดูกาล โดยฤดูแล้งตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเมษายนเป็นช่วงที่ขาดน้ำชัดเจน ขณะเดียวกันยังพบฝนทิ้งช่วงในเดือนมิถุนายนซึ่งตรงกับระยะเพาะปลูกต้นฤดู ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการงอกและการตั้งตัวของพืช เมื่อพิจารณาสมดุลน้ำระหว่างปริมาณน้ำต้นทุนและความต้องการใช้น้ำ พบว่าหลายชุมชนเผชิญปัญหาน้ำไม่เพียงพอในช่วงฤดูแล้ง โดยเฉพาะชุมชนบ้านแม่วาก บ้านแม่มิ้งค์ บ้านป่ากล้วย และบ้านแม่หลุ ซึ่งต้องพึ่งพาการพัฒนาแหล่งน้ำเพิ่มเติมหรือระบบกักเก็บน้ำที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น มีเพียงบ้านแม่มุที่มีสมดุลน้ำบวกตลอดทั้งปี ขณะที่ในฤดูฝนแม้จะมีน้ำเพียงพอ แต่ฝนทิ้งช่วงและฝนตกหนักเฉียบพลันยังคงเป็นความเสี่ยงสำคัญ ผลลัพธ์เหล่านี้ชี้ว่า ลุ่มน้ำแม่แจ่มกำลังเผชิญทั้งปัญหาภัยแล้งและน้ำหลากในเวลาใกล้เคียงกัน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความมั่นคงน้ำและระบบเกษตรกรรมบนพื้นที่สูงภายใต้ภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงและไม่แน่นอน

สรุปผลผลการวิจัย : ผลการวิจัยยืนยันว่า ENSO และฝนสุดขั้วเป็นปัจจัยเสี่ยงหลักต่อความมั่นคงน้ำในลุ่มน้ำแม่แจ่ม โดย El Niño ทำให้เกิดภัยแล้งบ่อยครั้ง ขณะที่ฝนสุดขั้วสร้างความเสี่ยงต่อน้ำหลากฉับพลันและความเสียหายทางการเกษตร ผลลัพธ์สะท้อนถึงความท้าทายคู่ (Dual Challenges) ที่ชุมชนต้องเผชิญ คือ ภาวะน้ำไม่เพียงพอในฤดูแล้งและน้ำมากเกินไปในฤดูฝน ข้อเสนอเชิงนโยบาย ได้แก่ (1) การพัฒนาโครงสร้างกักเก็บน้ำขนาดเล็ก เช่น ฝาย อ่างเก็บน้ำ และบ่อกักเก็บน้ำ เพื่อรองรับทั้งภัยแล้งและน้ำหลาก (2) การสร้างระบบเตือนภัยล่วงหน้าที่ผนวกข้อมูล ENSO และการพยากรณ์ฝนสุดขั้ว เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการรับมือ (3) การปรับเปลี่ยนระบบเกษตรไปสู่พืชที่ใช้น้ำน้อย มีความทนทานต่อภูมิอากาศ และลดความเสี่ยงจากฝนทิ้งช่วง (4) การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System: DSS) เพื่อบูรณาการข้อมูลด้านภูมิอากาศ น้ำต้นทุน และความต้องการใช้น้ำในการวางแผนเพาะปลูกและการจัดการน้ำในระดับชุมชน

คำสำคัญ : ปรากฏการณ์เอลนีโญ–ลานีญา; ฝนสุดขั้ว; ความมั่นคงน้ำ; ลุ่มน้ำแม่แจ่ม; ความแปรปรวนของภูมิอากาศ

BSJ
BURAPHA SCIENCE JOURNAL
ISSN 2985-0983 (online)
วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 30 (ฉบับที่ 3) กันยายน – ธันวาคม พ.ศ. 2568
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 30 (No.3) September – December 2025 บทความวิจัย

Abstract

Background and Objectives : Water security is recognized as one of the critical challenges of the twenty-first century, particularly in mountainous agricultural areas that primarily rely on rainfall. This issue has become increasingly complex under climate variability and climate change, which directly affect rainfall amount, frequency, and seasonal distribution, thereby influencing both hydrological systems and agricultural livelihoods. The El Niño–Southern Oscillation (ENSO) exerts a strong influence on Southeast Asia; generally, El Niño is associated with drought conditions, while La Niña tends to increase flood risk. However, these relationships vary depending on local topographic characteristics and rain-shadow effects. In recent decades, Thailand has experienced more frequent extreme rainfall events ("rain bombs"), which are short-duration but high-intensity storms causing flash floods, landslides, soil erosion, and agricultural losses. The Mae Chaem watershed in Chiang Mai Province represents a case study that reflects such vulnerability. Its steep terrain and the prevalence of monocropping practices, such as maize cultivation, have weakened ecosystem resilience, while dependence on rainfall and small-scale water storage systems cannot adequately meet water demand during the dry season. At the same time, in years with abundant rainfall, excess water cannot be effectively captured and utilized. Consequently, communities in Mae Chaem face both drought and flooding within short timeframes. Therefore, this study aims to investigate: (1) the relationship between ENSO and rainfall in the Mae Chaem watershed, Chiang Mai Province; (2) the intensity and frequency of extreme rainfall events using the Gumbel distribution; and (3) the impacts on water balance and the water security of highland communities.

Methodology : This research employed 60 years of historical rainfall data (1964–2024) from the Mae Chaem meteorological station and nearby areas, together with the Oceanic Niño Index (ONI) to classify years according to ENSO conditions, as well as agricultural community water use data from the Mae Chaem watershed. The analytical framework comprised: (1) analyzing the ENSO–rainfall relationship using statistical comparisons of average rainfall under El Niño, La Niña, and Neutral phases; (2) analyzing extreme rainfall events using the Gumbel distribution model to estimate the return period of maximum daily rainfall; and (3) assessing water balance (Supply–Demand Balance) through the empirical formula of Prakob (1996) to calculate water yield, and applying the CWR-RID program to estimate crop water demand, which was then compared with household and agricultural water use to reflect the status of water security in each year.

Main Results : The findings revealed that El Niño significantly reduced rainfall in the Mae Chaem watershed and was associated with 13 drought events over the past six decades, with annual rainfall dropping as low as 379.5 mm in some years. By contrast, La Niña showed no consistent correlation with increased rainfall, except in 2022

when rainfall was unusually high. Interestingly, during 2023–2024, despite strong El Niño conditions, rainfall remained above average, indicating instability in the ENSO–rainfall relationship in recent years. Regarding extreme rainfall, the maximum daily rainfall of 165 mm corresponds to an estimated return period of approximately 10 years, reflecting extraordinary severity with the potential to trigger flash floods, landslides, and widespread agricultural damage. In terms of water yield capacity, communities with large forest catchments such as Ban Mae Mu and Ban Sop Mae Ruam had sufficient water resources to meet demand throughout the year, whereas smaller catchments such as Ban Pa Kluai, Ban Thung Kae, and Ban Om Lan had extremely low yields, particularly in dry years with less than 0.5 million m^3 annually. Seasonal imbalance was also observed, with water scarcity persisting during the dry season (November–April) and dry spells occurring in June, coinciding with the early growing season and posing risks to crop establishment. Water balance analysis further indicated that several communities, including Ban Mae Wak, Ban Mae Ming, Ban Pa Kluai, and Ban Mae Lu, faced deficits during the dry season, highlighting their dependence on additional storage or improved retention systems. Only Ban Mae Mu showed a positive water balance year-round. Although water was generally sufficient during the rainy season, mid-season dry spells and extreme rainfall events still posed significant threats. Collectively, the results demonstrate that Mae Chaem communities are increasingly exposed to the dual challenges of drought and excessive rainfall, both of which undermine water security and agricultural systems under a changing and uncertain climate.

Conclusions : This study confirms that ENSO and extreme rainfall events are key drivers of water insecurity in the Mae Chaem watershed. El Niño exacerbates drought risk, while rain bombs generate sudden floods and widespread agricultural damage. These findings highlight the dual challenges faced by highland communities: water scarcity in the dry season and water excess in the wet season. Policy recommendations include: (1) developing small-scale storage infrastructure such as check dams, reservoirs, and farm ponds to mitigate both drought and flood risks; (2) establishing integrated early warning systems that combine ENSO monitoring with extreme rainfall forecasts to strengthen preparedness; (3) promoting transitions toward water-efficient and climate-resilient crops to reduce vulnerability to rainfall variability; and (4) developing Decision Support Systems (DSS) to integrate climate, hydrological, and agricultural data for improved planning and adaptive management at both community and policy levels. Overall, the Mae Chaem case study provides not only localized insights but also broader implications for sustainable water management in highland agricultural systems across Southeast Asia under conditions of increasing climate uncertainty.

Keywords : ENSO; extreme rainfall; water security; Mae Chaem watershed; climate variability

*Corresponding author. E-mail : bozz.srisuk@gmail.com

Introduction

ปัญหาความมั่นคงด้านน้ำ (Water Security) นับเป็นหนึ่งในประเด็นท้าทายสำคัญของศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะในพื้นที่เกษตรกรรมที่ต้องพึ่งพาทรัพยากรน้ำฝนเป็นหลัก ภายใต้สถานการณ์ความแปรปรวนภูมิอากาศ (Climate Variability) และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ที่ทวีความรุนแรงมากขึ้น ทำให้รูปแบบและปริมาณน้ำฝนมีความผันผวนสูง (Sun *et al*., 2024; Pereira, 2017) การบริหารจัดการน้ำในระดับลุ่มน้ำจึงซับซ้อนและยากต่อการคาดการณ์ ปรากฏการณ์เอลนีโญ–ลานีญา (El Niño–Southern Oscillation: ENSO) เป็นปัจจัยสำคัญระดับโลกที่มีอิทธิพลต่อภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยทั่วไป El Niño มักสัมพันธ์กับฝนตกน้อยและภัยแล้ง ขณะที่ La Niña มักสัมพันธ์กับฝนมากและเสี่ยงต่ออุทกภัย (Thirumalai *et al*., 2017; Nguyen-Le, 2023) อย่างไรก็ตาม ความสัมพันธ์ดังกล่าวไม่ได้คงที่เสมอไป เนื่องจากยังมีปัจจัยท้องถิ่น เช่น ลักษณะภูมิประเทศและเขตเงาฝน (Rain shadow) ที่ทำให้บางพื้นที่ได้รับผลกระทบแตกต่างไปจากภาพรวมของประเทศ ในช่วงไม่กี่ทศวรรษที่ผ่านมา ประเทศไทยต้องเผชิญทั้งภัยแล้งและอุทกภัยที่รุนแรงและเกิดบ่อยขึ้น โดยเฉพาะวิกฤติภัยแล้งที่สัมพันธ์กับ El Niño ส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรเสียหายอย่างกว้างขวาง (Venkatappa *et al*., 2021) ขณะเดียวกัน เหตุการณ์ฝนตกหนักแบบเฉียบพลันหรือฝนสุดขั้ว (Extreme Rainfall Events หรือ Rain bomb) ก็ทวีความถี่ และความรุนแรงเพิ่มขึ้น ปรากฏการณ์ลักษณะนี้มีผลกระทบอย่างรุนแรงต่อทั้งระบบนิเวศและสังคมเกษตรกรรม เนื่องจากปริมาณฝนสูงในระยะเวลาสั้นก่อให้เกิดน้ำหลากฉับพลัน การพังทลายของหน้าดิน และดินถล่ม (Chalise *et al*., 2019) ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญของพื้นที่เกษตรบนที่สูง ส่งผลให้สูญเสียดินชั้นบนที่อุดมสมบูรณ์อย่างมีนัยสำคัญ ผลผลิตทางการเกษตรลดลง แหล่งน้ำเกิดตะกอนทับถม และโครงสร้างพื้นฐานเสียหาย (Chinnasamy *et al*., 2020)

อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ เป็นพื้นที่สูงที่ตั้งอยู่ในเขตเงาฝนระหว่างแนวเทือกเขาอินทนนท์และดอยขุนยวม ทำให้มีความผันผวนของปริมาณน้ำฝนสูงกว่าลุ่มน้ำอื่นในภาคเหนือ พื้นที่ส่วนใหญ่มีความลาดชันสูง มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเกษตรเชิงเดี่ยว เช่น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ส่งผลให้ระบบนิเวศอ่อนแอและเสี่ยงต่อการพังทลายของหน้าดิน ปัญหาสำคัญอีกประการคือการพึ่งพาน้ำฝนและแหล่งน้ำต้นทุนขนาดเล็ก เช่น ฝายกักเก็บน้ำ บ่อน้ำ และแท็งค์น้ำเพื่อการเกษตร ซึ่งมีศักยภาพจำกัด ไม่เพียงพอต่อการรองรับความต้องการใช้น้ำในฤดูแล้ง แม้ในบางปีจะมีปริมาณฝนสูงแต่ก็ไม่สามารถจัดเก็บและใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่เพื่อตอบสนองต่อปัญหาดังกล่าว สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (สวพส.) ได้ดำเนินโครงการพัฒนาการเกษตรบนพื้นที่สูงอย่างยั่งยืนในหลายพื้นที่ รวมถึงการส่งเสริมการปรับระบบผลิตภาคการเกษตรในเขตลุ่มน้ำแม่แจ่ม โดยเฉพาะใน 10 หมู่บ้านนำร่อง ได้แก่ บ้านสบแม่รวม บ้านแม่มุ บ้านแม่วาก บ้านแม่มิ้งค์ บ้านป่ากล้วย บ้านแม่หลุ บ้านอมลาน บ้านนาฮ่อง บ้านแม่หงาน และบ้านทุ่งแก เพื่อสร้างสมดุลระหว่างการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติกับการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชน (Petchrada, 2024) อย่างไรก็ตาม ความสำเร็จของการปรับระบบเกษตรขึ้นอยู่กับความมั่นคงด้านน้ำเป็นสำคัญ เนื่องจากเกษตรกรยังคงเผชิญกับทั้งภาวะขาดแคลนน้ำในฤดูแล้งและน้ำหลากฉับพลันในฤดูฝน ซึ่งเกิดจากทั้งอิทธิพลของ ENSO และเหตุการณ์ฝนสุดขั้วที่คาดการณ์ได้ยาก

จากสถานการณ์ดังกล่าว การศึกษาเชิงพื้นที่ที่มุ่งวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง ENSO เหตุการณ์ฝนสุดขั้วและสมดุลน้ำในลุ่มน้ำแม่แจ่ม จึงมีความจำเป็นเพื่อสร้างองค์ความรู้ที่สามารถนำไปใช้สนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรน้ำ

และการปรับตัวของชุมชนต่อสภาพภูมิอากาศในอนาคต งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง ENSO และปริมาณน้ำฝนในลุ่มน้ำแม่แจ่ม (2) ประเมินความรุนแรงและความถี่ของเหตุการณ์ฝนสุดขั้วด้วยแบบจำลองสถิติ Gumbel distribution และ (3) วิเคราะห์ผลกระทบต่อความมั่นคงด้านน้ำและความเสี่ยงต่อระบบเกษตรกรรมบนพื้นที่สูง เพื่อใช้เป็นข้อมูลเชิงวิชาการสนับสนุนการจัดการทรัพยากรน้ำและการพัฒนากลยุทธ์การปรับตัวในระดับชุมชน

Methodology

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณ โดยอาศัยข้อมูลอนุกรมเวลาระยะยาวและการวิเคราะห์เชิงสถิติ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ ENSO เหตุการณ์ฝนสุดขั้ว และความมั่นคงด้านน้ำในลุ่มน้ำแม่แจ่ม กระบวนการวิจัยแบ่งออกเป็นสามส่วนหลัก ได้แก่ การกำหนดพื้นที่ศึกษา การรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่วิจัยครอบคลุมลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นลุ่มน้ำสาขาของแม่น้ำปิง ตั้งอยู่ในภูมิประเทศภูเขาสูงทางภาคเหนือ โดยมีระดับความสูงเฉลี่ย 300–1,700 เมตรจากระดับน้ำทะเล พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาซับซ้อนและลาดชันสูง ภูมิอากาศของพื้นที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุมเขตร้อน โดยมีฤดูฝนตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม ลักษณะภูมิประเทศบางส่วนอยู่ในเขตเงาฝน (Rain shadow) อันเป็นผลจากการกีดขวางของแนวเทือกเขา ซึ่งทำให้ปริมาณฝนแตกต่างกันในเชิงพื้นที่และเพิ่มความซับซ้อนของการบริหารจัดการน้ำต้นทุนในระดับชุมชน สำหรับพื้นที่ศึกษาเพื่อการวิเคราะห์ผลกระทบต่อความมั่นคงด้านน้ำและความเสี่ยงต่อระบบเกษตรกรรมในพื้นที่สูงด้วยสมดุลของน้ำ พิจารณาในพื้นที่ส่งเสริมและสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง เพื่อปรับระบบผลิตภาคการเกษตรให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำต้นทุน จำนวน 10 ชุมชน ได้แก่ บ้านสบแม่รวม บ้านแม่มุ บ้านแม่วาก บ้านแม่มิ้งค์ บ้านป่ากล้วย บ้านแม่หลุ บ้านอมลาน บ้านนาฮ่อง บ้านแม่หงาน และบ้านทุ่งแก (Figure 1)

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์การวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยแหล่งข้อมูลหลักและเกณฑ์การเลือก ดังนี้

1) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและปริมาณฝน รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนย้อนหลัง 60 ปี (พ.ศ. 2507–2567) จากสถานีตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาแม่แจ่ม (รหัส 07152) และสถานีใกล้เคียง เพื่อใช้วิเคราะห์ความแปรปรวนระยะยาวและเหตุการณ์ฝนสุดขั้ว (Upper Northern Hydrology and Water Management Center, 2024)

2) ดัชนีภูมิอากาศ (ENSO) จาก Oceanic Niño Index (ONI) ที่เก็บข้อมูลโดย NOAA Climate Prediction Center ใช้จำแนกช่วง El Niño, La Niña และ Neutral (Climate Prediction Center, 2024) สำหรับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับฝนในลุ่มน้ำแม่แจ่ม

3) เหตุการณ์ฝนสุดขั้ว (Rain bomb) คัดเลือกจากข้อมูลฝนรายวัน โดยนิยามเป็นปริมาณฝนที่มีค่ามากกว่าค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 (95th percentile) ของชุดข้อมูล 60 ปี และนำไปใช้ในการวิเคราะห์ด้วยการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability distribution) แบบ Gumbel เพื่อประเมินค่าคืนซ้ำ (Return Period)

โดยเลือกใช้ Gumbel เนื่องจากเป็นแบบจำลองในตระกูล Extreme Value Type I ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์ค่าสูงสุดของข้อมูลอุทกวิทยา เช่น ปริมาณฝนสูงสุดและน้ำท่ารายวันสูงสุด รวมทั้งเหมาะสมกับชุดข้อมูลที่มีจำนวนเหตุการณ์สุดขั้วไม่มาก และมีลักษณะการกระจายแบบเบี่ยงเบนขวา (right-skewed distribution) ซึ่งเป็นลักษณะทั่วไปของฝนในภูมิภาคเขตร้อน และเพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลเหมาะสมต่อการใช้แบบจำลอง Gumbel ได้มีการตรวจสอบเชิงสถิติ ได้แก่ (1) การทดสอบความเป็นปกติของค่าสูงสุดรายปีด้วย Shapiro–Wilk test (2) การประเมินความเหมาะสมของแบบจำลองด้วย Kolmogorov–Smirnov test (K–S test) และ (3) การตรวจสอบความสอดคล้องของค่าสูงสุดกับสมมติฐานของ Extreme Value Theory ด้วย L-moment ratio ซึ่งผลของการทดสอบดังกล่าวเป็นหลักฐานรองรับความเหมาะสมของการเลือกใช้การแจกแจงแบบ Gumbel ในการคำนวณค่าคืนช้ำของเหตุการณ์ฝนสุดขั้วในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม

4) ข้อมูลด้านความต้องการใช้น้ำ ข้อมูลเชิงปริมาณของการใช้น้ำภาคการเกษตรจากรายงานภาคสนามและข้อมูลพืชเพาะปลูกจากสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง เพื่อใช้ในการคำนวณสมดุลน้ำ (Supply–Demand Balance)

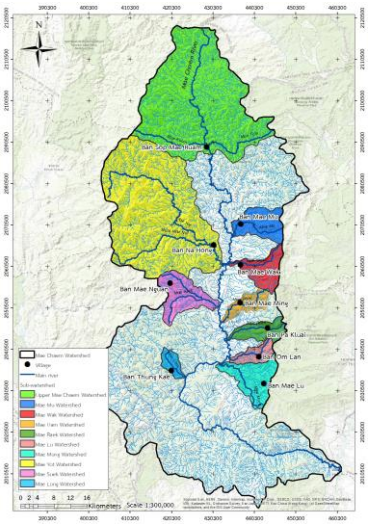

Figure 1 Mae Chaem watershed and communities supported by the Highland Research and Development Institute (HRDI) in adjusting agricultural production systems to align with available water resources

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ดำเนินการโดยใช้แนวทางสถิติและแบบจำลองอุทกวิทยา เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ENSO เหตุการณ์ฝนสุดขั้ว และความมั่นคงด้านน้ำในพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วยสามขั้นตอนหลัก ดังนี้

1) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ENSO–ปริมาณฝน ด้วยการจัดกลุ่มปีฝนตามลักษณะ ENSO โดยใช้ค่า ONI วิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนรายปีและรายฤดูระหว่างช่วง El Niño, La Niña และ Neutral โดยใช้การ

วิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ (Comparative analysis) เพื่อระบุอิทธิพลของ ENSO ต่อปริมาณฝนและความถี่ของการเกิดภาวะฝนแล้ง

2) การวิเคราะห์เหตุการณ์ฝนสุดขั้ว (Extreme Rainfall Analysis) ใช้การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Gumbel distribution เพื่อวิเคราะห์ค่าปริมาณฝนสูงสุดรายวันที่สอดคล้องกับรอบปีการเกิดซ้ำ (Return Periods) ต่าง ๆ ผลลัพธ์ช่วยอธิบายระดับความรุนแรงและความถี่ของเหตุการณ์ Rain bomb ที่มีศักยภาพก่อให้เกิดน้ำหลากฉับพลันและผลกระทบเชิงพื้นที่ต่อชุมชนเกษตรบนพื้นที่สูง

3) การประเมินความมั่นคงด้านน้ำ (Water Security Assessment) ใช้กรอบการวิเคราะห์สมดุลน้ำ (Supply–Demand Balance) ซึ่งประกอบด้วยสององค์ประกอบหลัก ได้แก่ ปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ (Water Supply) และ ความต้องการใช้น้ำ (Water Demand)

3.1) การคำนวณปริมาณน้ำท่า (Water Supply)

การคำนวณ Supply ใช้สมการเชิงประจักษ์ที่พัฒนาขึ้นจากงานของ Prakob (1996) และถูกนำไปประยุกต์โดยกรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ในการศึกษาปริมาณน้ำท่าใน 25 ลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย (Royal Irrigation Department, 2009) สมการดังกล่าวสะท้อนความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่รับน้ำ ปริมาณน้ำฝน และค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของลุ่มน้ำ ดังนี้

$$Q_m = 0.2431ARr \quad (1)$$

เมื่อ Q_m = ปริมาณน้ำท่า (ล้านลูกบาศก์เมตร)
A = พื้นที่รับน้ำ (ตารางกิโลเมตร)
R = ปริมาณน้ำฝน (เมตร)
r = ค่าความสัมพันธ์ (r=0.9132)

สมการข้างต้นมีพื้นฐานจากการวิเคราะห์เชิงสถิติที่เปรียบเทียบข้อมูลฝนและน้ำท่าในอดีต เพื่อสร้างตัวแบบที่สามารถอธิบายการตอบสนองของลุ่มน้ำต่อฝนได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยค่า r=0.9132 แสดงถึงระดับความสัมพันธ์ที่สูงระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำแม่แจ่ม

3.2) การคำนวณความต้องการใช้น้ำ (Water Demand) จากความต้องการใช้น้ำในภาคการเกษตร ด้วยโปรแกรม CWR-RID ที่พัฒนาขึ้นโดย Royal Irrigation Department (2013) เพื่อคำนวณปริมาณความต้องการน้ำของพืชเศรษฐกิจที่ปลูกในพื้นที่ จากนั้นทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบในช่วง ENSO ต่าง ๆ และในปีที่เกิดฝนสุดขั้ว เพื่อประเมินความเสี่ยงด้านการขาดแคลนน้ำ รวมทั้งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรและความยั่งยืนของชุมชน

3.3) การวิเคราะห์สมดุลน้ำและการประเมินความเสี่ยง เมื่อได้ค่า Supply และ Demand ในแต่ละปีและแต่ละฤดู เพื่อนำมาประเมิน สมดุลน้ำ (Water Balance) ดังนี้

$$\text{Balance} = \text{Supply} - \text{Demand} \quad (2)$$

หาก Balance น้อยกว่า 0 หมายถึงการขาดแคลนน้ำ (Deficit) ซึ่งบ่งชี้ถึงความเสี่ยงด้านความมั่นคงน้ำ และหาก Balance มากกว่าหรือเท่ากับ 0 หมายถึงมีน้ำเพียงพอหรือน้ำส่วนเกิน (Surplus)

Results

ความสัมพันธ์ระหว่าง ENSO และปริมาณน้ำฝน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณฝนสะสมรายปีในลุ่มน้ำแม่แจ่มตลอดระยะเวลา 60 ปี (พ.ศ. 2507–2567) โดยใช้เกณฑ์ภาวะฝนแล้งของศูนย์อุทกวิทยาชลประทาน ภาคเหนือตอนบน กำหนดไว้ที่ปริมาณฝนสะสมต่อปีน้อยกว่า 923.5 มิลลิเมตร พบว่ามีจำนวน 13 ปี ที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มประสบภาวะฝนแล้งร่วมกับการเกิดปรากฏการณ์ El Niño ในปี พ.ศ. 2512, 2515, 2519, 2530, 2534, 2535, 2537, 2540, 2541, 2547, 2558, 2559 และ 2562 ซึ่งเห็นได้ว่า El Niño เป็นปรากฏการณ์ที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะฝนแล้งอย่างชัดเจน เมื่อเกิด El Niño โอกาสที่พื้นที่ดังกล่าวจะประสบภาวะฝนแล้งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะในปีพ.ศ. 2537 ที่ปริมาณฝนสะสมเพียง 379.5 มิลลิเมตร ซึ่งถือว่าต่ำที่สุดในรอบ 60 ปี และเกิดขึ้นภายใต้ El Niño ที่มีค่าดัชนี ONI สูงต่อเนื่องช่วงปลายปี ในปี พ.ศ. 2541 ต่อเนื่องจาก El Niño ที่รุนแรงในปี 2540 พบว่าปริมาณฝนรายปีอยู่ในระดับวิกฤตเพียง 475.5 มิลลิเมตร สะท้อนถึงผลกระทบแบบต่อเนื่องจาก El Niño ที่ทำให้ฤดูฝนสั้นลงและฝนทิ้งช่วงยาวนาน เช่นเดียวกับ ปี พ.ศ. 2559 ที่เกิด El Niño ยาวนานต่อจากปี 2558 ส่งผลให้เกิดวิกฤตฝนแล้งรุนแรง (Figure 2)

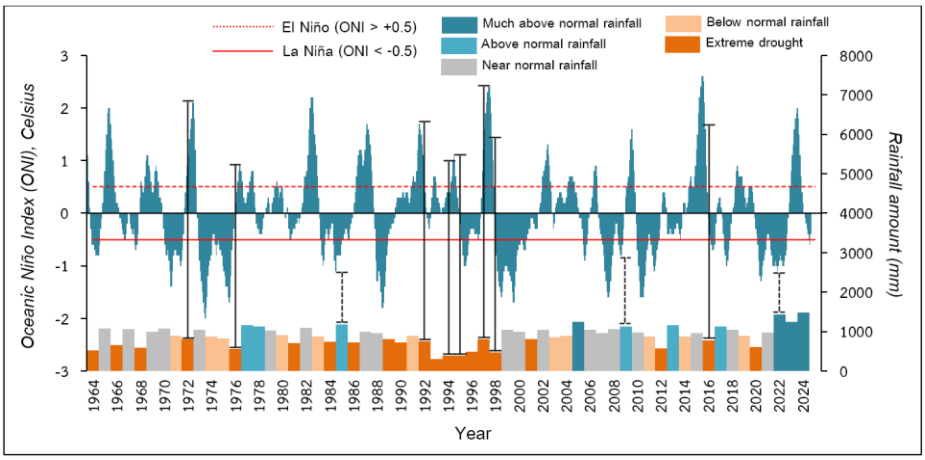

Figure 2 Annual rainfall amount associated with El Niño and La Niña events

ในส่วนของปรากฏการณ์ La Niña พบว่า มีเพียงปี พ.ศ. 2565 ที่ปริมาณฝนสูงเกินเกณฑ์ฝนตกหนัก ซึ่งกำหนดไว้ที่ 1,216 มิลลิเมตร โดยปีดังกล่าวเกิดขึ้นภายใต้ La Niña ที่มีความรุนแรงและต่อเนื่องตลอดทั้งปี อย่างไรก็ตาม แม้ในอดีตจะมีหลายช่วงเวลาที่เกิด La Niña ที่เข้มข้น เช่น ในปี พ.ศ. 2516, 2528 และ 2552 แต่ปริมาณฝนในลุ่มน้ำแม่แจ่มกลับไม่เพิ่มขึ้นถึง

ระดับฝนตกหนัก ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า อิทธิพลของปรากฏการณ์ La Niña ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณฝนในลุ่มน้ำแม่แจ่ม ความแปรผันดังกล่าวเกิดขึ้นจากปัจจัยด้านลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำแม่แจ่ม ซึ่งตั้งอยู่ในเขตภูเขาสูงทางภาคเหนือ ภูมิประเทศเป็นแอ่งลึกที่ล้อมรอบด้วยแนวสันเขาสูง ฝั่งตะวันออกดอยอินทนนท์ ซึ่งมีผลต่อฝนจากพายุโซนร้อน และฝั่งตะวันตกดอยขุนยวม จังหวัดแม่ฮ่องสอน จึงอยู่ในเขตเงาฝน (Rain shadow) ทำให้การเกิดฝนในพื้นที่ขึ้นอยู่กับปัจจัยเสริมเฉพาะท้องถิ่น เช่น ทิศทางและความแรงของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งทำหน้าที่นำพาความชื้นเข้าสู่พื้นที่ การยกตัวของมวลอากาศเมื่อลมชื้นปะทะกับแนวภูเขา และความถี่หรือความรุนแรงของร่องมรสุมที่พาดผ่านบริเวณดังกล่าว หากเงื่อนไขดังกล่าวไม่เอื้ออำนวย แม้ว่าจะมี La Niña ที่ส่งผลให้ฝนเพิ่มขึ้นโดยรวมในประเทศ ก็อาจไม่เพียงพอที่จะกระตุ้นให้เกิดฝนตกหนักในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มได้ การไม่ตอบสนองต่อ La Niña ส่งผลให้ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ไม่ได้รับประโยชน์จากปริมาณฝนที่มากขึ้น นั่นหมายความว่า ในช่วงที่ไม่มี El Niño แม้จะเกิด La Niña พื้นที่ก็ยังคงมีปริมาณฝนอยู่ในระดับต่ำหรือปานกลาง ซึ่งไม่เพียงพอในการเพิ่มปริมาณน้ำในแหล่งเก็บน้ำต้นทุน ขณะที่ในช่วงที่เกิด El Niño ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการลดลงของปริมาณฝน ลุ่มน้ำแม่แจ่มจะได้รับผลกระทบในระดับที่รุนแรงยิ่งขึ้น เนื่องจากพื้นที่มีพื้นฐานของปริมาณฝนที่น้อยอยู่แล้ว การเกิด El Niño จึงยิ่งซ้ำเติมปัญหาความแห้งแล้ง ทำให้แนวโน้มของภาวะฝนแล้งในลุ่มน้ำแม่แจ่มมีโอกาสทวีความรุนแรงขึ้น ทั้งในด้านความถี่ของการเกิดและระดับความรุนแรงของผลกระทบ

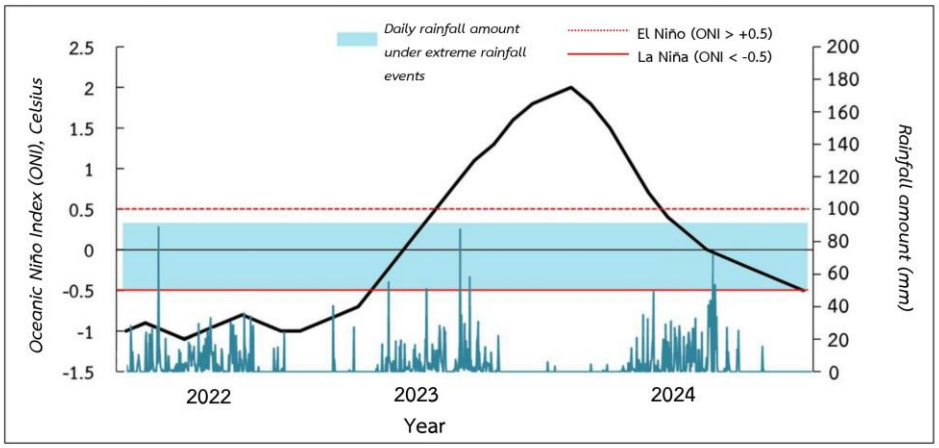

Figure 3 Rain bomb conditions and their response to ENSO (El Niño–Southern Oscillation) events

จาก Figure 3 เป็นที่น่าสังเกตว่า ในช่วงระยะเวลา 3 ปีหลัง ระหว่าง พ.ศ. 2565-2567 ลุ่มน้ำแม่แจ่มแสดงลักษณะการตอบสนองต่อปรากฏการณ์ ENSO ที่แตกต่างไปจากแบบแผนในอดีต โดยในปี พ.ศ. 2565 ซึ่งเป็นปีที่เกิดปรากฏการณ์ La Niña อย่างต่อเนื่องและรุนแรงตลอดทั้งปี พื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มได้รับปริมาณฝนสะสมสูงถึง 1,438.6 มิลลิเมตร ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ฝนตกหนักที่กำหนดโดยศูนย์อุทกวิทยาชลประทาน (มากกว่าหรือเท่ากับ 1,216 มิลลิเมตร) อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม ในปี พ.ศ. 2566 และ 2567 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ปรากฏการณ์ El Niño เกิดขึ้นต่อเนื่อง โดยเฉพาะในปี 2567 ที่ค่าดัชนี ONI เพิ่มขึ้นถึงระดับ +1.8 ถึง +2.0 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับ El Niño รุนแรง กลับไม่ปรากฏสัญญาณของภาวะฝนแล้งในลุ่มน้ำแม่แจ่

มอย่างที่เคยปรากฏในอดีต ตรงกันข้าม พื้นที่กลับได้รับฝนในปริมาณที่สูงมาก โดยเฉพาะในปี 2567 ที่มีปริมาณฝนสูงถึง 1,476.6 มิลลิเมตร ความผิดปกติดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความไม่เสถียรของความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ ENSO กับปริมาณฝนในระดับลุ่มน้ำ ข้อมูลฝนรายปีในปี 2567 ซึ่งสูงผิดปกติภายใต้เงื่อนไขของ El Niño รุนแรง บ่งชี้ถึงปัจจัยแวดล้อมอื่น โดยเฉพาะลักษณะของฝนที่ตกหนักในช่วงเวลาสั้นอย่างเฉียบพลันหรือที่เรียกว่า Rain bomb ฝนในลักษณะนี้เป็นผลจากความปั่นป่วนของบรรยากาศ (Atmospheric instability) ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นภายใต้ภาวะโลกร้อน แม้ฝนชนิดนี้จะไม่สัมพันธ์โดยตรงกับปรากฏการณ์ ENSO แต่สามารถส่งผลให้ยอดรวมปริมาณฝนรายปีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

เหตุการณ์ฝนสุดขั้ว (Rain bomb events)

การวิเคราะห์สถิติของปริมาณฝนสูงสุดรายวันจากสถานี 07152 อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นสถานีหลักที่มีข้อมูลต่อเนื่องยาวนานเพียงพอสำหรับการคำนวณเชิงสถิติ ได้ใช้การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Gumbel ซึ่งเหมาะสมต่อการวิเคราะห์ค่าฝนสูงสุด (Maximum rainfall) เพื่อคำนวณค่ารอบปีการเกิดซ้ำ (Return Period) ของปริมาณฝนในระดับต่าง ๆ โดยอ้างอิงโมเดลปริมาณน้ำฝนที่สังเกตในพื้นที่อำเภอแม่แตง ปี พ.ศ. 2567

การตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง Gumbel ก่อนการประเมินค่าระยะคืนซ้ำ ได้ทำการทดสอบความเหมาะสมของข้อมูลฝนสูงสุดรายวันย้อนหลัง 60 ปี พบว่า ข้อมูลมีการกระจายตัวที่ไม่เป็นปกติอย่างมีนัยสำคัญ (Shapiro–Wilk: $W = 0.873$, $p = 0.004$) ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานของข้อมูลสุดขั้ว (Extreme Value) การทดสอบ Kolmogorov–Smirnov ระหว่างข้อมูลจริงกับแบบจำลอง Gumbel พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($D = 0.092$, $p = 0.212$) แสดงว่าแบบจำลอง Gumbel สามารถอธิบายพฤติกรรมของปริมาณฝนสูงสุดรายวันได้ดี และรูปแบบข้อมูลมีความสอดคล้องกับสมมติฐานของ Extreme Value Type I ซึ่งเป็นพื้นฐานของการคำนวณค่าระยะคืนซ้ำ นอกจากนี้ค่าดัชนี L-moment ได้แก่ L-skewness = 0.184 และ L-kurtosis = 0.162 อยู่ใกล้เคียงค่ามาตรฐานของ Extreme Value Type I จึงยืนยันว่าข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดรายวันมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้กับการแจกแจงแบบ Gumbel ในการประเมินค่าระยะคืนซ้ำ ดังผลการวิเคราะห์แสดงใน Table 1

Table 1 Maximum daily rainfall associated with the return period of annual rainfall

Return Period (years)	2	3	4	5	6	7	10	20	25	50	100	200	500
Maximum daily rainfall (mm/day)	60.5	89.0	107.5	121.1	131.9	140.9	161.2	199.7	211.9	249.5	286.9	324.1	373.1

ผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่า ปริมาณฝนสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของรอบปีการเกิดซ้ำ (Return Period) ที่ยาวนานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณฝน 60.5 มิลลิเมตรต่อวัน มีโอกาสเกิดซ้ำทุก 2 ปี ในขณะที่ปริมาณ 161.2 มิลลิเมตรต่อวัน มีโอกาสเกิดซ้ำทุก 10 ปี และเหตุการณ์ฝนสุดขั้วที่มีปริมาณสูงถึง 373.1 มิลลิเมตรต่อวันอาจเกิดขึ้นได้ทุก

500 ปี เหตุการณ์ดังกล่าวสะท้อนลักษณะของฝนตกหนักเฉียบพลัน (Extreme Rainfall หรือ Rain Bomb) ที่เกิดไม่บ่อยแต่มีความรุนแรงสูง (Figure 4)

กรณีศึกษาเชิงประจักษ์สามารถเห็นได้จากเหตุการณ์ฝนสุดขั้วที่อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ ในฤดูฝนปี พ.ศ. 2567 ซึ่งมีรายงานปริมาณฝนสะสมมากกว่า 165 มิลลิเมตรภายในวันเดียว เหตุการณ์ดังกล่าวก่อให้เกิดน้ำป่าไหลหลากฉับพลัน ดินถล่ม และสร้างความเสียหายต่อโครงสร้างพื้นฐานและทรัพย์สินของประชาชนในวงกว้าง ทั้งนี้ ลุ่มน้ำแม่แจ่มซึ่งมีลักษณะทางอุทกวิทยาคล้ายกับลุ่มน้ำแม่แตง จึงอาจเผชิญความเสี่ยงต่อการเกิดฝนตกหนักเฉียบพลันที่มีความรุนแรงในลักษณะเดียวกัน โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาจากข้อมูล Return Period ที่ระดับ 10 ปี ซึ่งคาดว่าปริมาณฝนสูงสุดอาจถึง 161.2 มิลลิเมตรต่อวัน ซึ่งสอดคล้องกับเหตุการณ์ในแม่แตง ดังนั้น ความเสี่ยงดังกล่าวควรได้รับการพิจารณาอย่างจริงจังในการวางแผนบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับน้ำหลาก และการจัดทำระบบเตือนภัยล่วงหน้าเพื่อเสริมสร้างความปลอดภัยของชุมชนในพื้นที่เสี่ยง

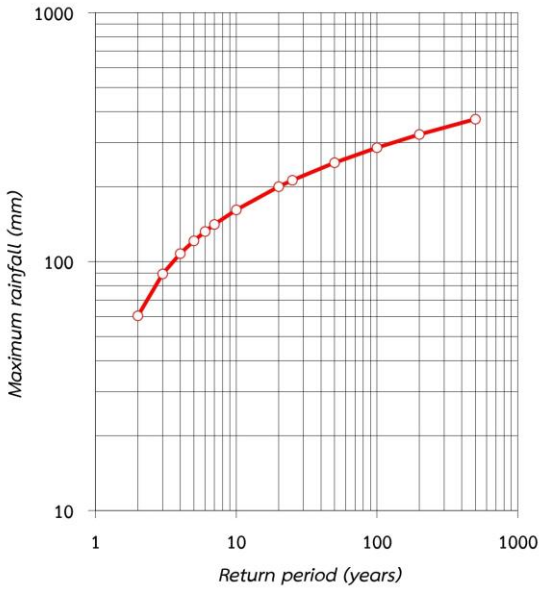

Figure 4 Statistical return periods of rainfall in Mae Chaem District

ความสามารถในการผลิตน้ำท่า

การศึกษาศักยภาพการผลิตน้ำของ 10 ชุมชนในพื้นที่ส่งเสริมและสนับสนุนของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (สวพส.) ในลุ่มน้ำแม่แจ่ม พบว่า ชุมชนเหล่านี้ตั้งอยู่ในเขตป่าต้นน้ำที่มีความสำคัญเชิงนิเวศ และมีความแตกต่างกันทั้งด้านขนาดพื้นที่รับน้ำ (catchment area) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี และสภาพการปกคลุมของป่า ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อกระบวนการสะสม การซึมซับ และการปลดปล่อยน้ำลงสู่ลำน้ำสายหลัก ผลการวิเคราะห์สะท้อนให้เห็นความแตกต่างของ

ศักยภาพการผลิตน้ำท่าระหว่างพื้นที่ที่มีขนาดป่าต้นน้ำใหญ่ เช่น บ้านแม่มุ และบ้านสบแม่รวม ซึ่งมีศักยภาพสูงในการผลิตน้ำกับพื้นที่ที่มีขนาดเล็กกว่า เช่น บ้านป่ากล้วย บ้านทุ่งแก และบ้านอมลาน ที่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำอย่างเด่นชัดในช่วงปีที่เกิดภัยแล้งรุนแรง นอกจากนี้ การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฝนย้อนหลังกว่า 60 ปี ยังแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสภาพนิเวศป่าต้นน้ำกับปริมาณน้ำต้นทุน ซึ่งถือเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการวางแผนบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในระดับชุมชนอย่างยั่งยืน การประเมินศักยภาพการผลิตน้ำท่าในสถานการณ์วิกฤต (worst case) โดยเฉพาะในปีที่ประสบภาวะแห้งแล้งรุนแรงหรือช่วงฝนทิ้งช่วงในฤดูเพาะปลูก พบว่า บ้านป่ากล้วย บ้านทุ่งแก และบ้านอมลาน มีปริมาณการผลิตน้ำท่าต่ำมากในปีที่มีปริมาณฝนน้อยที่สุด โดยมีค่าเพียง 0.43, 0.50 และ 0.55 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ผลลัพธ์ดังกล่าวสะท้อนถึงบทบาทสำคัญของขนาดพื้นที่รับน้ำและความสมบูรณ์ของสภาพป่าปกคลุมในการเพิ่มศักยภาพการผลิตและการกักเก็บน้ำต้นทุน (Table 2) นอกจากนี้ ความแปรปรวนของปริมาณฝนรายปีเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อปริมาณน้ำท่าที่สามารถผลิตได้ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลัง 60 ปี พบว่า ในปี พ.ศ. 2503 ซึ่งเป็นปีที่มีปริมาณฝนสูงสุด (2,444.6 มิลลิเมตร) ปริมาณน้ำท่าที่ผลิตได้สูงกว่าอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2536 ซึ่งมีปริมาณฝนต่ำที่สุด (304.6 มิลลิเมตร) ขณะที่ปริมาณฝนเฉลี่ยในช่วงเวลาดังกล่าวอยู่ที่ 975.3 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถใช้เป็นค่ามาตรฐานเบื้องต้นสำหรับการวางแผนบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในระดับชุมชน โดยเฉพาะในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มซึ่งเป็นพื้นที่ภูเขาสูงและมีระบบนิเวศที่อ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ

Table 2 Annual water yield according to rainfall characteristics

Village	Water-producing Forest area (km²)	Water yield (million m³)		
		Water yield from the year with maximum rainfall (2,444.6 mm)	Water yield from the year with minimum rainfall (304.6 mm)	Water yield from mean annual rainfall (975.3 mm)
1. Ban Sop Mae Ruam	9.33	18.66	0.63	4.55
2. Ban Mae Mu	24.56	49.12	1.66	11.98
3. Ban Mae Wak	7.48	14.95	0.50	3.65
4. Ban Mae Ming	2.91	5.81	0.20	1.42
5. Ban Pa Kluai	0.89	1.77	0.06	0.43
6. Ban Mae Lu	2.59	5.18	0.17	1.26
7. Ban Om Lan	1.12	2.24	0.08	0.55
8. Ban Na Hong	4.56	9.11	0.31	2.22
9. Ban Mae Nguan	3.45	6.90	0.23	1.68
10. Ban Thung Kae	1.02	2.04	0.07	0.50

ข้อมูลผลผลิตน้ำท่ารายเดือน ใน Table 3 และ Figure 5 ชี้ให้เห็นถึงความไม่สมดุลของการกระจายตัวของน้ำในรอบปี โดยพบว่า ในช่วงฤดูแล้งปริมาณน้ำต้นทุนอยู่ในระดับต่ำอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเมษายน ขณะเดียวกัน ช่วงกลางเดือนมิถุนายนยังพบภาวะฝนทิ้งช่วง (Dry Spell) ซึ่งตรงกับช่วงเริ่มต้นฤดูเพาะปลูกพืชฤดูฝน ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงต่อการเติบโตของพืช โดยเฉพาะในพื้นที่สูงชันที่มีดินตื้น (Shallow Soil) และความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ (Low Water Holding Capacity) ความแปรปรวนของน้ำฝนและปริมาณน้ำต้นทุนดังกล่าวส่งผลกระทบโดยตรงต่อการงอกและการตั้งตัวของต้นกล้าในระยะเริ่มต้นของการเพาะปลูก อันอาจนำไปสู่ความสูญเสียด้านผลผลิตทางการเกษตรและการเพิ่มขึ้นของต้นทุนการผลิตสำหรับเกษตรกรในพื้นที่สูง

Table 3 Monthly water yield

Rainfall characteristic	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
Year with maximum rainfall	0.56	1.11	0.88	1.96	2.41	2.03	1.53	0.28	0.17	0.22	0.14	0.28
Year with minimum rainfall	0.00	0.03	0.02	0.11	0.12	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mean annual rainfall	0.12	0.38	0.39	0.43	0.54	0.60	0.26	0.05	0.01	0.02	0.01	0.03

Unit: million m³

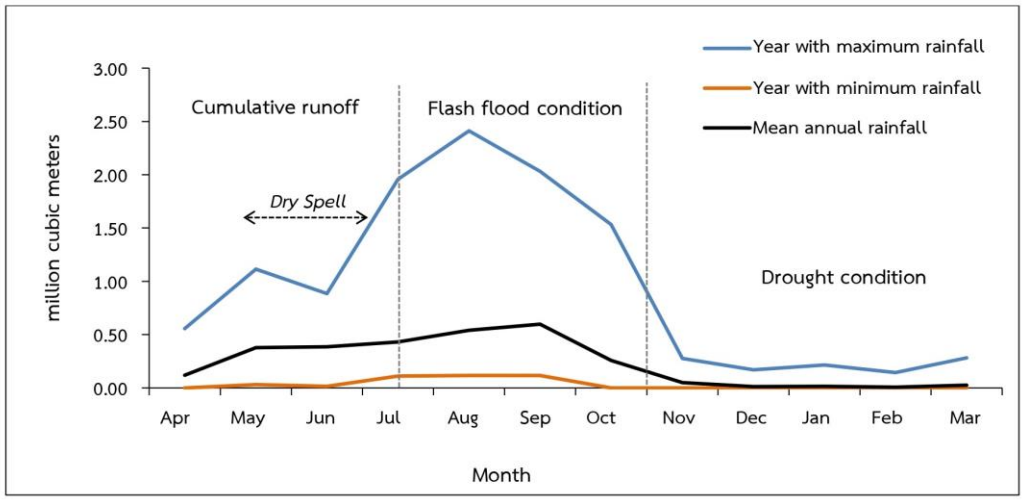

Figure 5 Comparison of average monthly water yield in wet years, dry years, and the 60-year mean rainfall

การประเมินระดับความเสี่ยงของชุมชนจากปริมาณน้ำต้นทุนต่ำในช่วงวิกฤตการณ์ จากเกณฑ์ชี้วัดเชิงพื้นที่ ได้แก่

1) ขนาดพื้นที่ลุ่มรับน้ำที่จำกัด (น้อยกว่า 3 ตารางกิโลเมตร) ซึ่งสะท้อนข้อจำกัดในการรองรับและกักเก็บน้ำฝน

2) ปริมาณน้ำท่าที่ผลิตได้ในปีที่มีปริมาณฝนต่ำสุด (พ.ศ. 2536) น้อยกว่า 0.30 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ศักยภาพน้ำต้นทุนภายใต้สถานการณ์วิกฤต

3) ระดับการใช้ประโยชน์ที่ดินเชิงเดี่ยว (monoculture land use) ที่สูง ซึ่งสะท้อนถึงความหลากหลายทางระบบนิเวศที่ต่ำและศักยภาพการดูดซับและรักษาความชุ่มชื้นในดินที่จำกัด

ผลการวิเคราะห์ตามเกณฑ์ดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ชุมชนที่จัดอยู่ในกลุ่มเสี่ยงสูง ได้แก่ บ้านป่ากล้วย บ้านทุ่งแก บ้านอมลาน บ้านแม่หลุ บ้านแม่มิ้งค์ และบ้านแม่หงาน โดยชุมชนเหล่านี้เผชิญความเสี่ยงต่อ ความมั่นคงทางน้ำ (water insecurity) ในระดับสูง โดยเฉพาะในช่วงต้นฤดูเพาะปลูกที่มักเกิดภาวะฝนทิ้งช่วง และในฤดูแล้งซึ่งมีปริมาณน้ำต้นทุนต่ำ ไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตร

ผลกระทบต่อความมั่นคงด้านน้ำและความเสี่ยงต่อระบบเกษตรกรรมในพื้นที่สูง

การวิเคราะห์สมดุลน้ำของพื้นที่นำร่องที่ปรับเปลี่ยนระบบการผลิตทางการเกษตร โดยเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำต้นทุนธรรมชาติจากผลผลิตน้ำท่า (Water supply) และปริมาณความต้องการใช้น้ำ (Water demand) (Figure 6) ภายใต้การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากการปลูกพืชเชิงเดี่ยวและพืชไร่ ไปสู่การปลูกพืชผักและไม้ผล เช่น อโวคาโด เสาวรส และไม้ผลอื่น ๆ มีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ ควบคู่กับการพัฒนาเศรษฐกิจและการรักษาระบบนิเวศในพื้นที่ต้นน้ำ ผลการวิเคราะห์พบว่า

1)ปริมาณน้ำท่า (Supply) ของทุกชุมชนมีลักษณะผันแปรตามฤดูกาลอย่างชัดเจน โดยสูงสุดในช่วงฤดูฝน (ประมาณเดือนสิงหาคม–กันยายน) และลดลงอย่างมากในฤดูแล้ง (พฤศจิกายน–เมษายน) สะท้อนข้อจำกัดของแหล่งน้ำต้นทุนที่ไม่สามารถให้ปริมาณน้ำคงที่ตลอดทั้งปี

2) ค่าสมดุลน้ำติดลบ (Supply – Demand < 0) ในหลายชุมชน โดยเฉพาะในฤดูแล้ง แสดงถึงภาวะขาดแคลนน้ำที่อาจกระทบต่อระบบการผลิตทางการเกษตร

3) บ้านแม่มุเป็นชุมชนเดียวที่มีค่าสมดุลน้ำเป็นบวกตลอดทั้งปี สะท้อนถึงความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำต้นทุนที่สามารถรองรับความต้องการใช้น้ำได้อย่างเพียงพอในทุกฤดูกาล

4) ชุมชนที่มีค่าสมดุลน้ำติดลบในช่วงฤดูแล้ง ได้แก่ บ้านแม่วาก บ้านแม่มิ้งค์ บ้านป่ากล้วย และบ้านแม่หลุ ซึ่งจำเป็นต้องพิจารณาจัดหาแหล่งน้ำต้นทุนเพิ่มเติมหรือพัฒนาระบบกักเก็บน้ำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อลดความเสี่ยงจากปัญหาภัยแล้ง

5) แม้ว่าในฤดูฝนระบบการผลิตโดยทั่วไปจะไม่เผชิญปัญหาการขาดแคลนน้ำ เนื่องจากพื้นที่เกษตรบนพื้นที่สูงส่วนใหญ่พึ่งพาน้ำฝน (Rainfed agriculture) แต่ภาวะฝนทิ้งช่วง (Dry spell) ที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งยังคงเป็นความเสี่ยงสำคัญที่ต้องมีการวางแผนจัดการอย่างเป็นระบบ ทั้งในด้านการบริหารจัดการน้ำและระบบการผลิตทางการเกษตร

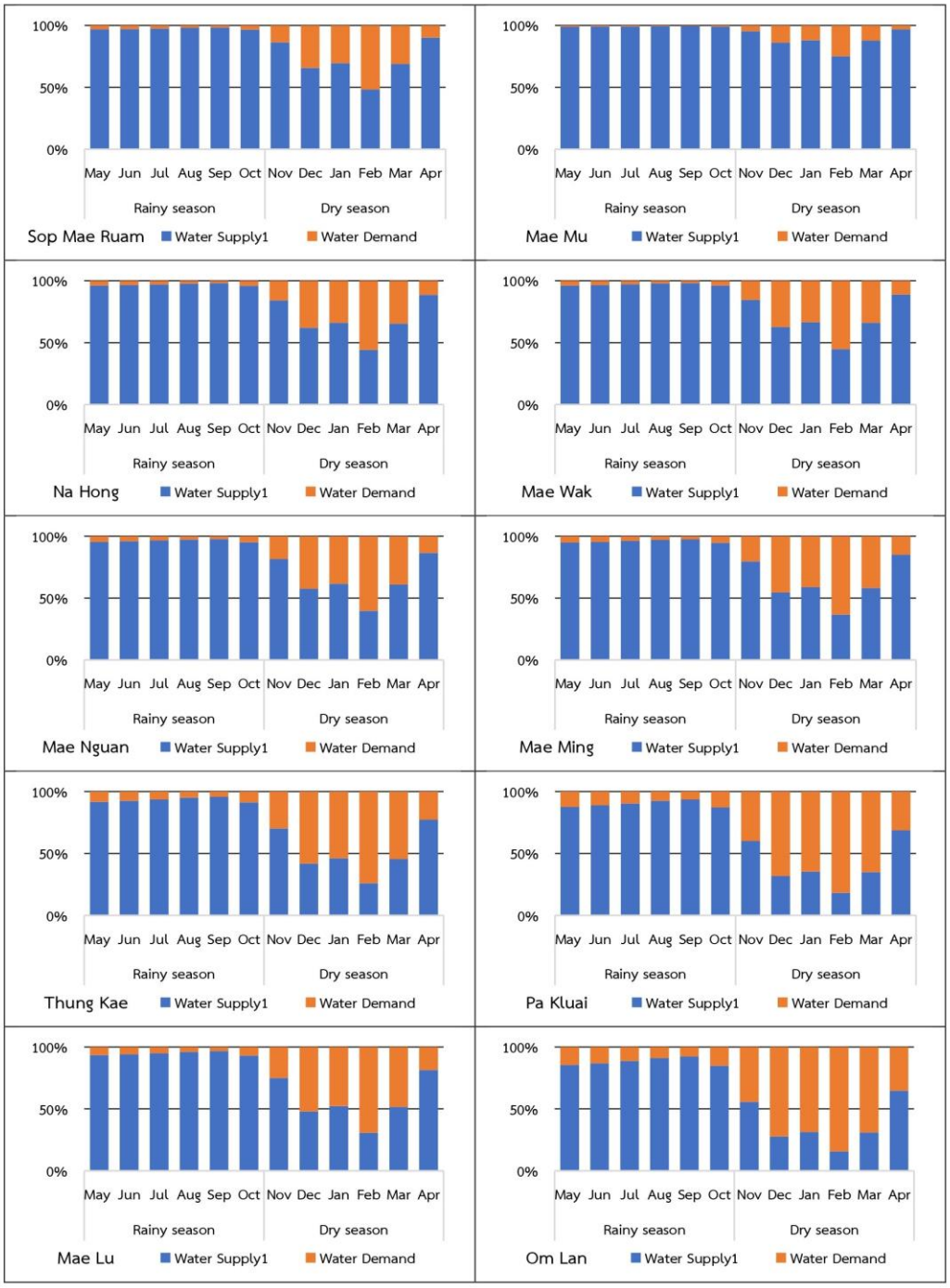

Figure 6 Relationship between water supply and water demand

Note : 1.The water balance is maintained along the 50% line on the graph.

2. During the dry season, when water demand exceeds 50%, a water imbalance occurs.

Discussion

การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าฝนในลุ่มน้ำแม่แจ่มไม่ได้ขึ้นอยู่กับปรากฏการณ์ El Niño–Southern Oscillation (ENSO) เพียงอย่างเดียว แม้ ENSO จะเป็นปัจจัยสำคัญที่นักวิจัยใช้ในการอธิบายความแห้งแล้งหรือฝนมากผิดปกติ แต่ข้อมูลล่าสุดกลับบ่งชี้ถึงความไม่แน่นอนและความซับซ้อนมากขึ้น กล่าวคือ ความสัมพันธ์ระหว่าง ENSO และฝนมีความผันแปรไปตามเวลาและพื้นที่ ทำให้การพึ่งพา ENSO เพียงตัวเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการวางแผนจัดการน้ำและการปรับตัวของชุมชน เพื่อทำความเข้าใจประเด็นนี้ การอภิปรายต่อไปจะเน้น 3 ส่วนสำคัญ ดังนี้

ความไม่เสถียรของความสัมพันธ์ ENSO–ฝนในช่วงหลัง (พ.ศ. 2565–2567)

ผลการวิจัยยืนยันว่า ปรากฏการณ์ El Niño มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อการลดลงของปริมาณน้ำฝน และสัมพันธ์กับการเกิดภาวะฝนแล้งหลายครั้งในอดีต ขณะที่ La Niña โดยทั่วไปมักสัมพันธ์กับปริมาณฝนที่สูงขึ้น อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลช่วง พ.ศ. 2565–2567 พบว่าความสัมพันธ์ดังกล่าวเริ่มมีความไม่เสถียรเมื่อเทียบกับช่วงก่อนหน้า โดยปี พ.ศ. 2565 ซึ่งเป็นปี La Niña กลับไม่พบการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝนอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ปี พ.ศ. 2567 ซึ่งมีลักษณะ El Niño ก็ไม่ได้แสดงการลดลงของปริมาณฝนตามรูปแบบสถิติระยะยาว เหตุการณ์นี้สะท้อนถึงความอ่อนไหวของภูมิอากาศระดับพื้นที่ต่อปัจจัยอื่นนอกเหนือจาก ENSO เช่น ความแปรปรวนของมรสุม (monsoon variability) และความผิดปกติของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในมหาสมุทรอินเดีย (Indian Ocean Dipole: IOD) ซึ่งมีรายงานยืนยันว่ามีบทบาทร่วมในการกำหนดรูปแบบฝนในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Ashok *et al*., 2004; Cai *et al*., 2019)

ลักษณะความไม่เสถียรของความสัมพันธ์ ENSO–ฝนที่พบในแม่แจ่มยังสอดคล้องกับพื้นที่ภูเขาในเนปาลและภูฏาน ซึ่งปริมาณฝนขึ้นอยู่กับทั้งสัญญาณมรสุมและลักษณะภูมิประเทศ ทำให้การตอบสนองต่อ ENSO มีความไม่แน่นอนสูง (Shrestha *et al*., 2020) พื้นที่แอฟริกาตะวันออก เช่น เคนยาและเอธิโอเปีย ก็พบความไม่เสถียรในลักษณะเดียวกัน โดย ENSO และ IOD มีผลต่อรูปแบบฝนผสมผสานกันอย่างซับซ้อน (Nicholson, 2017) ในขณะที่ฟิลิปปินส์พบว่า El Niño ส่งผลให้ปริมาณฝนในภาคใต้ลดลงอย่างชัดเจน กระทบต่อสมดุลน้ำและการผลิตทางการเกษตร (Liao *et al*., 2021) การเปรียบเทียบนี้สะท้อนว่าความไม่เสถียรของความสัมพันธ์ ENSO–ฝน เป็นประเด็นระดับภูมิภาคและระดับโลก ไม่ใช่ลักษณะเฉพาะของแม่แจ่ม และเป็นสัญญาณของระบบภูมิอากาศที่ซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงเร็วขึ้น

บทบาทของ Climate Change และ Atmospheric Instability

ความไม่แน่นอนของความสัมพันธ์ ENSO–ฝนในพื้นที่แม่แจ่ม อาจสะท้อนถึงอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) ที่ส่งผลต่อโครงสร้างของระบบมรสุมและรูปแบบการไหลเวียนบรรยากาศ งานวิจัยของ Intergovernmental Panel on Climate Change (2021) ระบุว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีแนวโน้มทำให้ความถี่และความรุนแรงของสภาพอากาศสุดขั้ว (climate extremes) เพิ่มสูงขึ้น ทั้งในรูปแบบภัยแล้งและฝนตกหนัก กรณีศึกษาจากแม่แจ่มสอดคล้องกับข้อค้นพบดังกล่าว โดยมีการบันทึกเหตุการณ์ฝนสุดขั้วที่มีค่าระดับคืนซ้ำสูงถึง 10 ปีในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ซึ่งสะท้อนพฤติกรรมของฝนที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยสัญญาณ ENSO เพียงอย่างเดียว

นอกจากนี้ ความไม่เสถียรของบรรยากาศ (atmospheric instability) ที่เกิดจากความร้อนแฝงและการสะสมความชื้นในชั้นบรรยากาศ มีบทบาทสำคัญต่อการก่อให้เกิดฝนตกหนักเฉียบพลัน โดยค่าพลังงานศักย์การพาความร้อน (Convective Available Potential Energy: CAPE) ที่สูงขึ้นภายใต้ภาวะโลกร้อน เป็นปัจจัยสนับสนุนการเกิดฝนลักษณะ rain bomb ในพื้นที่สูงยิ่งไปกว่านั้น ลักษณะภูมิประเทศแบบเงาฝน (rain shadow) ของลุ่มน้ำแม่แจ่มทำให้ความแปรปรวนของฝนเพิ่มสูงขึ้น ระหว่างพื้นที่ใกล้เคียงกันที่เผชิญภาวะน้ำหลากและพื้นที่ที่ประสบปัญหาขาดแคลนน้ำในเวลาเดียวกัน สะท้อนความท้าทายเชิงโครงสร้างของการจัดการทรัพยากรน้ำบนพื้นที่สูงภายใต้ภูมิอากาศที่กำลังเปลี่ยนแปลง แนวโน้มที่ความถี่ของเหตุการณ์ฝนสุดขั้วเพิ่มสูงขึ้นในช่วงทศวรรษหลัง แม้ในปีที่ไม่สอดคล้องกับ ENSO แสดงให้เห็นว่ากระบวนการของ Climate Change เช่น อุณหภูมิพื้นผิวโลกที่เพิ่มขึ้น ความสามารถในการอุ้มน้ำของบรรยากาศที่มากขึ้น (warmer-air moisture-holding capacity) และความไม่เสถียรทางบรรยากาศ ล้วนมีบทบาทต่อการเพิ่มความถี่ของฝนระเบิดเมฆในพื้นที่สูงของลุ่มน้ำแม่แจ่ม แนวโน้มนี้สอดคล้องกับรายงาน IPCC (2021) ที่ชี้ว่าฝนสุดขั้วในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญภายใต้สภาวะโลกร้อน ซึ่งเน้นย้ำว่าการอธิบายฝนสุดขั้วในปัจจุบันไม่สามารถพึ่งพา ENSO เป็นตัวชี้นำเพียงปัจจัยเดียวได้อีกต่อไป

การเชื่อมโยงกับแนวคิด Water Security และ Disaster Risk Reduction

ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ความมั่นคงด้านน้ำ (water security) ของลุ่มน้ำแม่แจ่มถูกคุกคามจากทั้งภัยแล้งในปีที่เกิด El Niño และน้ำหลากในปีที่เกิดฝนสุดขั้ว ทำให้ชุมชนต้องเผชิญ ความท้าทายคู่ (dual challenge) คือ ภาวะขาดแคลนน้ำและภาวะน้ำมากเกินไปที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน รูปแบบความเสี่ยงเช่นนี้ก่อให้เกิดผลกระทบทั้งต่อระบบนิเวศ การผลิตทางการเกษตร และความมั่นคงของครัวเรือนในพื้นที่สูง แม้ว่าการจัดการน้ำแบบดั้งเดิม เช่น ฝายชะลอน้ำ บ่อกักเก็บน้ำ รวมถึงพิธีกรรมท้องถิ่นที่เน้นการอนุรักษ์ป่าและแหล่งน้ำ จะยังคงมีบทบาทช่วยบรรเทาความเสี่ยงบางส่วน แต่ก็ไม่เพียงพอที่จะรับมือกับความท้าทายใหม่ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งมีความรุนแรงและเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วมากขึ้น จากมุมมองของ การลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติ (Disaster Risk Reduction: DRR) จำเป็นต้องพัฒนากลไกการรับมือที่ทันสมัยและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะระบบเตือนภัยล่วงหน้า (early warning system) ที่บูรณาการข้อมูล ENSO ดัชนีภูมิอากาศอื่น เช่น IOD และการคาดการณ์ฝนสุดขั้ว เพื่อให้ชุมชนสามารถเตรียมการรับมือได้อย่างทันท่วงที ขณะเดียวกัน การลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานด้านน้ำ เช่น อ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก ระบบกักเก็บน้ำหลายชั้น (multi-tier storage system) และพื้นที่ชะลอน้ำเชิงนิเวศ (nature-based retention areas) จะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่น (resilience) ของชุมชนให้สามารถรองรับทั้งน้ำมากและน้ำน้อยในแต่ละปีได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ การปรับตัวทางการเกษตร เช่น การเลือกพืชที่ใช้น้ำน้อย การปรับเปลี่ยนรอบการปลูก หรือการพัฒนาระบบเกษตรแบบผสมผสาน (integrated farming systems) ยังช่วยลดความเสี่ยงด้านเศรษฐกิจและเสริมสร้างความมั่นคงของครัวเรือนได้ในระยะยาว

ผลการวิเคราะห์ด้านสมดุลน้ำและเหตุการณ์ฝนสุดขั้วในงานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นของการใช้กรอบแนวคิด Water Security และ DRR ร่วมกัน ในการวางแผนจัดการทรัพยากรน้ำของลุ่มน้ำแม่แจ่ม โดยเฉพาะในบริบทที่ ความไม่สมดุลของน้ำและเหตุการณ์น้ำหลากเฉียบพลัน มักเกิดขึ้นในปีเดียวกัน ซึ่งเป็นลักษณะ “dual risk” ที่สร้างผลกระทบทั้งต่อการดำรงชีพและระบบเกษตรกรรมบนพื้นที่สูง การมีข้อมูลเชิงสถิติที่ยืนยันแนวโน้มฝนสุดขั้วและความเปราะบางของสมดุลน้ำ จึงเป็น

ปัจจัยสำคัญในการจัดทำมาตรการป้องกันภัยพิบัติ การบริหารจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพ และการกำหนดนโยบายการปรับตัวของชุมชนให้สอดคล้องกับบริบทพื้นที่จริงมากขึ้น

Conclusions

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า ปรากฏการณ์เอลนีโญ–ลานีญา (ENSO) ยังคงมีอิทธิพลสำคัญต่อความมั่นคงด้านน้ำในลุ่มน้ำแม่แจ่ม โดยการทดสอบทางสถิติด้วย ANOVA/Kruskal–Wallis ระบุว่า ปริมาณน้ำฝนลดลงอย่างมีนัยสำคัญในปี El Niño ($p < 0.05$) ขณะที่ปี La Niña ไม่ได้เพิ่มปริมาณฝนอย่างคงเส้นคงวา โดยเฉพาะในช่วง พ.ศ. 2565-2567 ที่แม้จะอยู่ในภาวะ El Niño แต่กลับเกิดฝนตกหนักและเหตุการณ์ฝนสุดขั้วหลายครั้ง สะท้อนถึงความไม่เสถียรของความสัมพันธ์ ENSO–ฝนในระยะหลัง และบ่งชี้ว่าการพึ่งพา ENSO เพียงปัจจัยเดียวนั้นไม่เพียงพอภายใต้สภาพภูมิอากาศที่ผันผวนมากขึ้น

ด้านการวิเคราะห์เหตุการณ์ฝนสุดขั้ว ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง Gumbel พบว่า ข้อมูลค่าสูงสุดรายวันมีการกระจายที่ ไม่เป็นปกติอย่างมีนัยสำคัญ (Shapiro–Wilk: $W = 0.873$, $p = 0.004$) และมีความสอดคล้องกับแบบจำลอง Extreme Value Type I อย่างชัดเจนจากผล Kolmogorov–Smirnov ($D = 0.092$, $p = 0.212$) และค่า L-moment ratio (L-Cs = 0.184; L-Ck = 0.162) ที่อยู่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานของ Gumbel การวิเคราะห์ระยะคืนซ้ำจึงมีความน่าเชื่อถือ โดยพบว่าปริมาณฝนสูงสุด 165 มิลลิเมตรต่อวันมีค่าระยะคืนซ้ำประมาณ 10 ปี ซึ่งสะท้อนระดับความรุนแรงที่อาจก่อให้เกิดน้ำท่วมฉับพลัน ดินถล่ม และความเสียหายต่อพื้นที่เกษตรกรรมอย่างมีนัยสำคัญ

การประเมินสมดุลน้ำของชุมชนในพื้นที่พบว่า หลายหมู่บ้านประสบปัญหาน้ำต้นทุนไม่เพียงพอในปี El Niño และเผชิญปัญหาน้ำล้นเกินในปีที่เกิดฝนสุดขั้ว ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงทั้งด้านการดำรงชีพ ความมั่นคงอาหาร และรายได้ครัวเรือน ลักษณะความเสี่ยงคู่ (dual risk) นี้สะท้อนความเปราะบางของระบบน้ำในพื้นที่สูงภายใต้สภาพภูมิอากาศปัจจุบัน และเน้นย้ำถึงความจำเป็นของมาตรการบริหารจัดการน้ำที่ยืดหยุ่นและตอบสนองต่อสถานการณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อตอบสนองต่อความท้าทายด้านความมั่นคงน้ำในลุ่มน้ำแม่แจ่ม จึงได้เสนอข้อแนะนำเชิงนโยบายและการปฏิบัติ ดังนี้

1) การพัฒนาโครงสร้างกักเก็บน้ำ เพิ่มขีดความสามารถของฝายชะลอน้ำ บ่อกักเก็บน้ำ และอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กเพื่อรองรับทั้งภาวะภัยแล้งและเหตุการณ์ฝนสุดขั้ว ลดการสูญเสียจากการไหลบ่าฉับพลัน และเสริมความมั่นคงด้านน้ำให้กับชุมชน

2) ระบบเตือนภัยล่วงหน้า (Early Warning System) พัฒนากลไกเตือนภัยที่ผนวกข้อมูลจาก ENSO ดัชนีภูมิอากาศอื่น และการพยากรณ์ฝนระยะสั้น–กลาง เพื่อให้ชุมชนสามารถเตรียมการและตอบสนองต่อความเสี่ยงด้านน้ำได้อย่างทันท่วงที

3) การจัดการเกษตรกรรมที่ใช้น้ำน้อยและยืดหยุ่นต่อภูมิอากาศ สนับสนุนการเปลี่ยนแปลงระบบการผลิตไปสู่การปลูกพืชที่ใช้น้ำน้อย พืชผสมผสาน และระบบเกษตรยั่งยืนที่สามารถลดความเสี่ยงจากฝนทิ้งช่วงหรือฝนตกหนักเกินควบคุม

4) การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System: DSS) จัดทำฐานข้อมูลบูรณาการด้านภูมิอากาศ ปริมาณน้ำต้นทุน และความต้องการใช้น้ำ เพื่อเป็นเครื่องมือสนับสนุนการวางแผนเพาะปลูกและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำทั้งในระดับชุมชนและระดับนโยบาย

Recommendations

ความมั่นคงด้านน้ำในลุ่มน้ำแม่แจ่มเผชิญความท้าทายที่ซับซ้อนมากขึ้นภายใต้ภูมิอากาศที่ไม่แน่นอน การบริหารจัดการในอนาคตจึงจำเป็นต้องใช้แนวทางบูรณาการ ทั้งโครงสร้างพื้นฐาน เทคโนโลยีการพยากรณ์ และการปรับตัวทางเกษตรกรรม เพื่อเสริมสร้าง ความยืดหยุ่น (resilience) ของชุมชนและลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติด้านน้ำในระยะยาว สำหรับข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต มีดังนี้

1) การใช้แบบจำลองภูมิอากาศและอุทกวิทยา (Climate–Hydrological Modeling) พัฒนาแบบจำลองเชิงพื้นที่ที่สามารถผนวกข้อมูล ENSO, IOD และการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เพื่อคาดการณ์ความเสี่ยงด้านน้ำในอนาคตอย่างแม่นยำยิ่งขึ้น

2) การวิจัยเชิงบูรณาการสังคมและเศรษฐกิจ ศึกษาผลกระทบของความไม่แน่นอนทางน้ำต่อรายได้ครัวเรือน หนี้สิน การย้ายถิ่น และความเปราะบางทางสังคม เพื่อกำหนดมาตรการที่ตอบโจทย์ทั้งเชิงเทคนิคและเชิงสังคมวัฒนธรรม

3) การประเมินทางเลือกเชิงนโยบาย (Policy Scenarios) ทดลองประเมินผลของนโยบายการใช้น้ำในสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น การขยายระบบกักเก็บน้ำขนาดเล็ก การสนับสนุนเกษตรผสมผสาน หรือการพัฒนาพืชพันธุ์ทนแล้ง ว่าจะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของชุมชนต่อ ENSO และฝนสุดขั้วได้มากน้อยเพียงใด

4) การพัฒนาเครื่องมือชุมชน (Community-based Tools) ต่อยอดการสร้าง ระบบเตือนภัยและ DSS ระดับชุมชนที่เกษตรกรสามารถเข้าถึงและใช้ตัดสินใจได้ง่าย ผ่านแอปพลิเคชันมือถือหรือระบบสารสนเทศท้องถิ่น เพื่อเสริมความเข้มแข็งในการปรับตัวอย่างยั่งยืน

References

Ashok, K., Chan, W. L., Motoi, T., & Yamagata, T. (2004). Decadal variability of the Indian Ocean dipole. *Geophysical Research Letters, 31*(24), L24207. doi.org/10.1029/2004GL021345.

Cai, M., Han, L., Liu, L., He, F., Chu, W., Zhang, J., Tian, Z., & Du, S. (2019). Defective sarcomere assembly in smyd1a and smyd1b zebrafish mutants. *FASEB Journal, 33*(5), 6209–6225. doi.org/10.1096/fj.201801975R.

Chalise, D., Kumar, L., & Kristiansen, P. (2019). Land Degradation by Soil Erosion in Nepal: A Review. *Soil Systems, 3*(12). doi.org/10.3390/SOILSYSTEMS3010012.

Chinnasamy, P., Honap, V., & Maske, A. (2020). Impact of 2018 Kerala Floods on Soil Erosion: Need for Post-Disaster Soil Management. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 48*, 1373-1388. doi.org/10.1007/s12524-020-01162-z.

Climate Prediction Center. (2024). *Historical El Niño / La Niña episodes (1950–present).* National Centers for Environmental Prediction. Retrieved from https://origin.cpc.ncep.noaa.gov. (in Thai)

International Panel on Climate Change. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press. Summary for Policymakers.

Liao, W., Fan, Y., Zhu, S., Huang, Y., & Lv, Y. (2021). Monthly variations of the winter precipitation over the Philippines during the mature phase of Eastern Pacific El Niño. *Frontiers in Earth Science, 8*. doi.org/10.3389/feart.2020.625455.

Nguyen-Le, D. (2023). Projected ENSO teleconnection on the Southeast Asian climate under global warming. *Environmental Research Letters, 19, 014001.* doi.org/10.1088/1748-9326/ad0d3e.

Nicholson, S. E. (2017). Climate and climatic variability of rainfall over eastern Africa. *Reviews of Geophysics, 55*(3), 590–635. doi.org/10.1002/2016RG000544.

Pereira, L. (2017). Water, Agriculture and Food: Challenges and Issues. *Water Resources Management, 31*, 2985-2999. doi.org/10.1007/s11269-017-1664-z.

Petchrada, Y. (2024). *Sustainable agriculture: Mitigating open burning and haze pollution on the highlands.* Chiang Mai: Highland Research and Development Institute. (in Thai)

Prakob Wirotjanakut. (1996). Determination of the average runoff from river basin network characteristics. *Journal of KKU Engineering, 23*(1), 133-147. (in Thai)

Royal Irrigation Department. (2009). Study of runoff coefficient and relationship between average annual runoff and 25 major river basins of Thailand. Bangkok: Bureau of Hydrology and Water Management. (in Thai)

Royal Irrigation Department. (2013). *Manual of CER-RID Program 2013.* Bangkok: Bureau of Hydrology and Water Management. (in Thai)

Shrestha, P. N. (2020). Dynamic assessment of students' academic writing: Vygotskian and systemic functional linguistic perspectives. *Language and Sociocultural Theory, 8*(2). doi.org/10.1558/lst.21360.

Sun, J., Zhang, G., & Wu, Y.(2024) . Risk assessment of agricultural green water security in Northeast China under climate change. *Science China Earth Sciences, 67*, 2178–2194. doi.org/10.1007/s11430-023-1278-2.

Thirumalai, K., DiNezio, P., Okumura, Y., & Deser, C. (2017). Extreme temperatures in Southeast Asia caused by El Niño and worsened by global warming. *Nature Communications, 8*, 15531. doi.org/10.1038/ncomms15531.

Upper Northern Hydrology and Water Management Center. (2024). *Rainfall data*. Retrieved from https://www.hydro-1.net/ (in Thai)

Venkatappa, M., Sasaki, N., Han, P., & Abe, I. (2021). Impacts of droughts and floods on croplands and crop production in Southeast Asia - An application of Google Earth Engine. *The Science of the total environment, 795,* 148829. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148829.