



รายงานผลการวิจัย

มหาวิทยาลัยแม่โจ้



เรื่อง

อิทธิพลของคันหินชลอน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะอุทกวิทยาและนิเวศวิทยาป่าไม้
บางประการ พื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

Influence of checkdam on hydrologic characteristics and forest ecology of
Huai Jo Low Hill Watershed.

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย

ประจำปีงบประมาณ 2542-2543

จำนวน 184,910 บาท

ผู้วิจัย

ผศ. ดร. อรทัย มิ่งธิพล

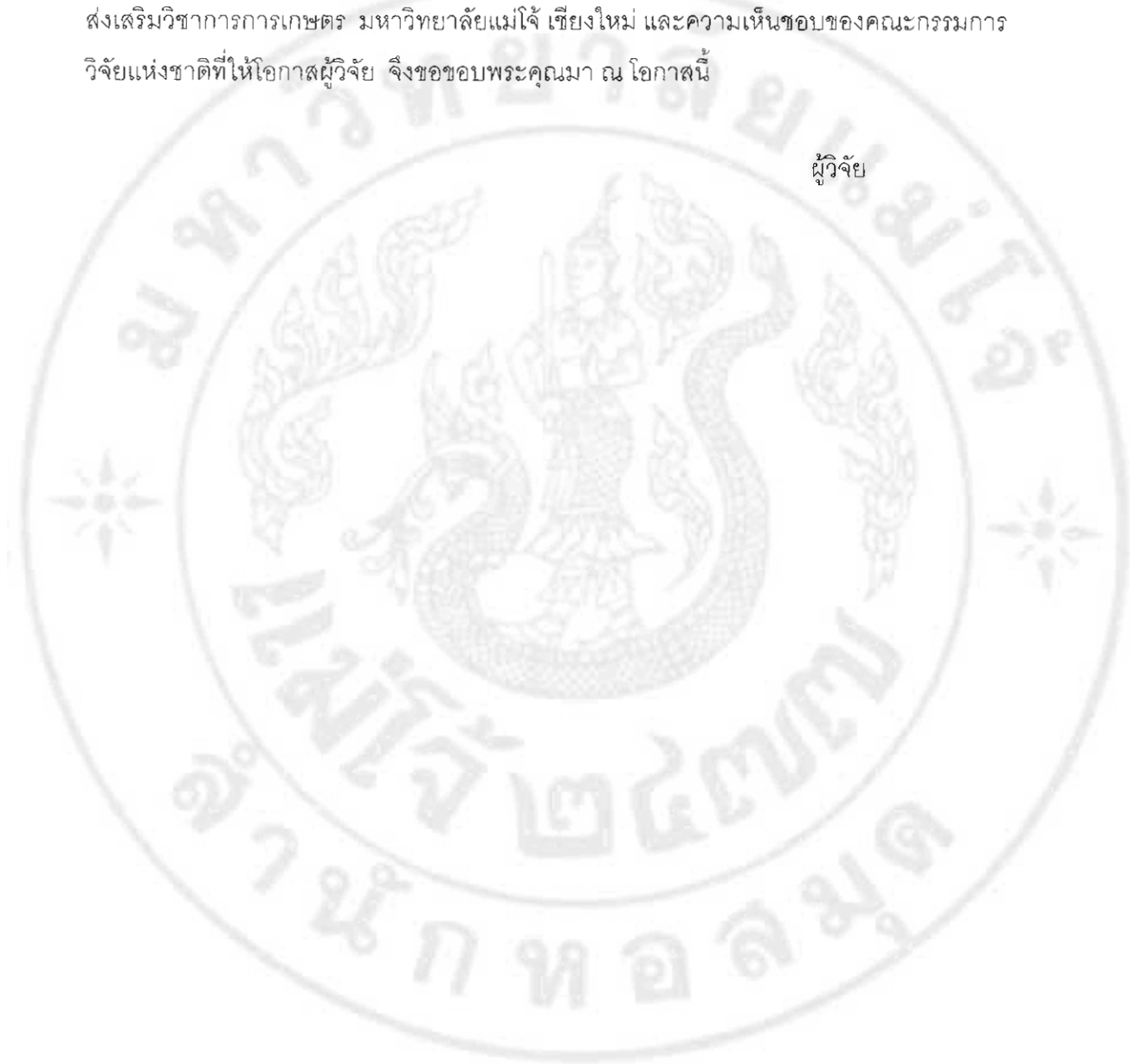
งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

วันที่ 10 พฤษภาคม 2546

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัยจากงบประมาณปี 2542 – 2543 โดยสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ และความเห็นชอบของคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้โอกาสผู้วิจัย จึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัย



ก
สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญภาพ	ข
สารบัญตาราง	จ
บทคัดย่อ	ฉ
Abstract	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตการศึกษาวิจัย	2
ข้อจำกัดงานวิจัย	2
สถานที่และ วัน เวลาศึกษาวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสารด้านทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย	14
บทที่ 4 ผลการวิจัย	28
บทที่ 5 อิทธิพลของค่านิยมชนลุ่มน้ำต่อลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำ	53
บทที่ 6 สรุปและแนวทางพัฒนาลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยไผ่	67
เอกสารอ้างอิง	71
ภาคผนวก	75

๒
สารบัญภาพ

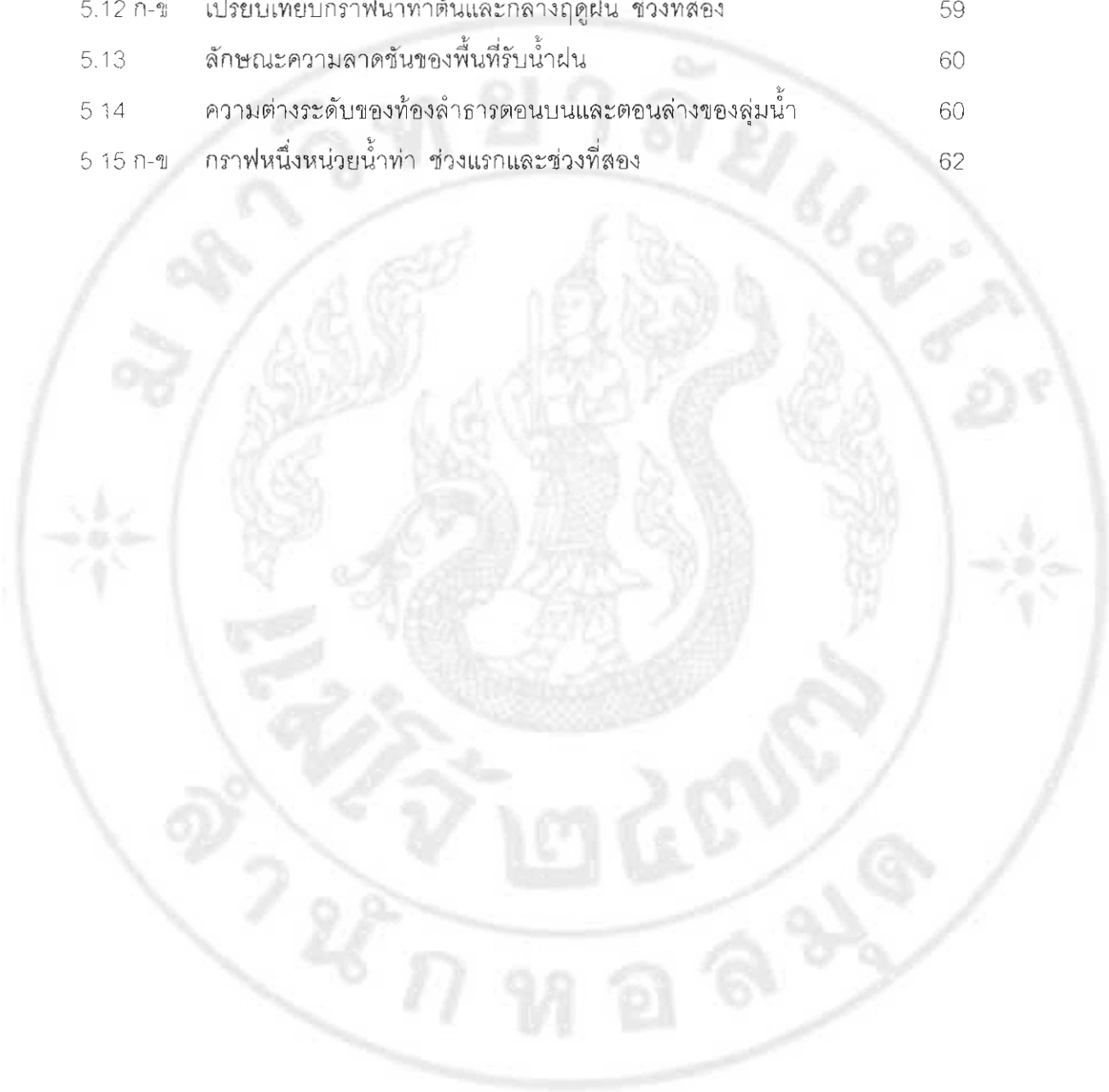
ภาพที่	เรื่อง	หน้า
2.1	องค์ประกอบของกราฟน้ำท่า	7
2.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าสูงสุดและความเข้มข้นของฝน	11
2.3	กราฟน้ำท่าของป่าดิบเขา ช่วงเวลาที่มีฝนตกมากที่สุดในรอบ 7 ปี ลุ่มน้ำห้วยคอกม้า ดอยปู่	12
3.1	ขั้นตอนการศึกษาวิจัย	15
3.2	ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดน้ำสถานีตรวจอากาศคันหินชลอน้ำและแปลง ศึกษาพืชพรรณ	16
3.3	เครื่องมือบันทึกระดับน้ำอัตโนมัติ	17
3.4	สถานีวัดน้ำท่า ห้วยต้นกอก	18
3.5	สถานีวัดน้ำท่า ห้วยมะปราง	19
3.6	กระบวนการวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า	22
3.7	การวางแผนศึกษาพืชพรรณ	24
4.1	ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ	28
4.2	ธรณีสัณฐานแอ่งเชิงใหม่	30
4.3	ภาพถ่ายดาวเทียมแอ่งเชิงใหม่	30
4.4	ลักษณะธรณีสัณฐานของลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ	32
4.5	ภูมิกายภาพของลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ	34
4.6	ภาพสามมิติลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ	34
4.7	ภาพตัดขวางความลาดเท	36
4.8	ความลาดชันของลุ่มน้ำ	37
4.9	ทิศด้านลาดของลุ่มน้ำ	37
4.10	การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ	38
4.11	สภาพป่าเต็งรัง (dry dipterocarp forest)	39
4.12	สภาพป่าเต็งรัง ภายหลังไฟป่า	40
4.13	ป่าเบญจพรรณชื้น (Lower moist mixed deciduous forest)	41

สารบัญภาพ

ภาพที่	เรื่อง	หน้า
4 14	ความหนาแน่นและความหลากหลายของพันธุ์ไม้ใหญ่	44
4.15	ความหนาแน่นและความหลากหลายของพันธุ์ไม้ชั้นรอง	44
4 16	การทดแทนของสังคมป่าแต่ละประเภท	44
4.17	เปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดและไม้คลุมดิน	45
4 18	จำนวนพันธุ์สมุนไพรประเภทไม้ใหญ่และไม้คลุมดิน	45
4.19	ชุดดินในลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ	46
4.20	ชั้นดินป่าเบญจพรรณชั้น	47
4.21	ชั้นดินป่าเบญจพรรณชั้น	47
4.22	ชั้นดินป่าเต็งรัง	47
4.23	การกระจายของเนื้อดินตามลักษณะภูมิกายภาพ	47
4.24	ลักษณะอากาศประจำวันของลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ	51
5.1 ก-ข	พฤติกรรมของฝน (rainfall characterisitcs) ทั้งสองช่วงเวลา	53
5.2 ก-ข	ลักษณะความเข้มของฝน พิจารณาจากพายุที่เกิดน้ำท่า	54
5.3 ก-ข	แผ่นดินถล่มบริเวณร่องน้ำ ในพื้นที่ต้นน้ำห้วยต้นกอกและห้วยมะปราง	54
5 4 ก-ข	ความเข้มของฝน (I) กับอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่า (qp) ช่วงแรก	55
5.5 ก-ข	ความเข้มของฝน (I) กับอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่า (qp) ช่วงที่สอง	55
5.6 ก-ข	ความเข้มของฝน (I) กับช่วงเวลาเกิดอัตราการไหลนองสูงสุด (Tp) ช่วงแรก	56
5 7 ก-ข	ความเข้มของฝน (I) กับช่วงเวลาเกิดอัตราการไหลนองสูงสุด (Tp) ช่วงที่สอง	57
5.8 ก-ข	ปริมาณน้ำฝนรายวัน (R_d) กับปริมาณน้ำท่ารายปี (Q_{t0}) ช่วงแรก	57
5 9 ก-ข	ปริมาณน้ำฝนรายวัน (R_d) กับปริมาณน้ำท่ารายปี (Q_{t0}) ช่วงที่สอง	58
5.10 ก-ข	ลักษณะของกราฟน้ำท่าทั้งสองช่วง	58
5 11 ก-ข	เปรียบเทียบกราฟน้ำท่าต้นและกลางฤดูฝน ช่วงแรก	59

ง
สารบัญภาพ

ภาพที่	เรื่อง	หน้า
5.12 ก-ข	เปรียบเทียบกราฟน้ำท่าต้นและกลางฤดูฝน ช่วงที่สอง	59
5.13	ลักษณะความลาดชันของพื้นที่รับน้ำฝน	60
5.14	ความต่างระดับของท้องลําธารตอนบนและตอนล่างของกลุ่มน้ำ	60
5.15 ก-ข	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ช่วงแรกและช่วงที่สอง	62



สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
4 1	ลักษณะภูมิกายภาพของกลุ่มหนองเขาห้วยใจและลุ่มน้ำย่อย	36
4 2	ระบบการระบายน้ำ	38
4.3	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	43
4.4	การวิเคราะห์โครงสร้างป่าทั้ง 4 ประเภทในลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ	43
5 1	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของกลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ (พ.ศ. 2541-42)	63
5 2	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของกลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ (พ.ศ. 2543-45)	64
5.3	คุณภาพน้ำผิวดิน ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ วันที่ 20 สิงหาคม 2541	65
5.4	คุณภาพน้ำผิวดิน ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ วันที่ 28 ธันวาคม 2542	66
5 5	คุณภาพน้ำผิวดิน ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ วันที่ 7 เมษายน 2544	66

อิทธิพลของคันหินชลอน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะอุทกวิทยาและนิเวศวิทยาป่าไม้
บางประการ พื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

**Influence of Checkdam on Hydrologic Characteristics and Forest Ecology of Huai
Jo Low Hill Watershed.**

อรทัย มิ่งธิพล

ภาควิชาภูมิทัศน์ และอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

คณะผลิตกรรมการเกษตร

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

ห้วยโจ้เป็นลุ่มน้ำเชิงเขาขนาดเล็กกลุ่มน้ำหนึ่งในจำนวนสี่สิบแปดลุ่มน้ำบริเวณเชิงเขารอบ
แอ่งหุดเชียงใหม่ สภาพพืชพรรณหลักของห้วยโจ้ตอนบนปกคลุมด้วยป่าเต็งรัง ส่วนป่าเบญจ
พรรณและป่าเบญจพรรณขึ้นจะปกคลุมตามแอ่งที่ราบขนาบลำน้ำ 2 สายหลัก คือ ห้วยต้นกอก
และห้วยมะปราง โดยห้วยต้นกอกมีแอ่งที่ราบกว้างเพื่อสะสมตะกอนและสามารถกักเก็บน้ำป่าจาก
ลาดเขาตอนระบายสู่ลำธารอย่างช้าๆ ขณะที่ห้วยมะปรางมีแอ่งที่ราบแคบ ลักษณะหุบเขาแคบนี้
เป็นภูมิฐานที่สำคัญและมีประโยชน์มากต่อลักษณะอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำเชิงเขา ซึ่งทำให้
ลักษณะของกราฟน้ำท่าและกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าชันมากในช่วงเพิ่มปริมาณน้ำ แต่ลาดลงใน
ช่วงปริมาณน้ำในลำธารลดลง โดยมีสาเหตุมาจากสภาพของดินป่าเต็งรังแคะบริเวณสันเขาและ
ลาดเขาไม่สามารถดูดซับน้ำฝนได้ จึงไหลบ่าลงสู่ดินป่าเบญจพรรณบริเวณหุบเขาซึ่งสามารถรับ
น้ำป่าไว้และระบายสู่ลำธารอย่างช้าๆ แต่น้ำที่ไหลบ่าจากน้ำโดยตรงจะเคลื่อนที่มาถึงจุดวัดน้ำ
ด้วยเวลาที่เท่ากันและในช่วงที่มีการไหลสูงสุดซึ่งใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง และ 2.30 ชั่วโมง
โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยน้ำถึง 0.71 และ 0.78 ของลุ่มน้ำห้วยต้นกอกและห้วย
มะปรางตามลำดับ ลักษณะพิเศษทางอุทกวิทยาดังกล่าว ทำให้คันหินชลอน้ำไม่มีอิทธิพลต่อลุ่ม
น้ำ อย่างไรก็ตามแนวทางพัฒนาลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้โดยการเปลี่ยนรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน
ตามศักยภาพทางกายภาพของพื้นที่และการเพิ่มกิจกรรมการเพาะปลูกพืชอายุสั้นประเภทพืชผัก
หลังการเก็บเกี่ยวข้าวจึงเป็นวิธีการเพิ่มรายได้ให้กับประชาชน ตลอดจนการขอความร่วมมือจาก
ประชาชนให้ช่วยดูแลป่าชุมชนแห่งนี้ ร่วมกับการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กจึงเป็นแนวทางการ
พัฒนาที่สัมฤทธิ์ผล

Abstract

The Huai Jo Low-Hill Watershed is one of several small watersheds those are located on the San Sai Mountain Range surrounding the Chiangmai Basin, which consists of two tributaries: Huai Tonkok and Huai Maprang, Huai Tonkok has broadened valley in the bottom land, but narrow valley for Huai Maprang, both of them are in the steep slope hills. The major land use in the ridge top and hillslope of both subwatersheds are dry dipterocarp forest; mixed deciduous forest and moist mixed deciduous forest cover over the valley, whereas the agricultural area and human settlement are located on the downstream. The geomorphologic condition and forest characteristics of both subwatersheds play an influence role together on hydrologic characteristics. The hydrologic characteristics of the Huai Jo indicated the typical shape peak hydrograph with tail flat at the end of rainstorm. Moderately low recession coefficient (0.78 for Huai Tonkok and 0.71 for Huai Maprang) and infiltrated by lateral flow from the valley soil. Very short lag time of surface runoff peak drains to flood plain with in three hours is caused by rapidly surface flow due to the infiltration capacity of soil in dry dipterocarp forest. Whereas small checkdams have no any influence on the hydrologic characteristics of those two subwatersheds. The embankment were constructed at the end of hillslope in order to obtain small reservoir of about 1,250,000 m³ storage capacity. This small reservoir can dissipate flood in wet season and can supply mainly to the people and the agricultural area in the downstream during the dry period. The optimal development plan of the Huai Jo Low-Hill Watershed is reallocating the existing land use to the fruit trees under the criteria of land capability and storage water in the reservoir for a good quality of life as a main objective.

1.1 หลักการและเหตุผล

ความสมดุลทางธรรมชาติที่ลดลงในปัจจุบัน สร้างอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น ฝนไม่ตกตามฤดูกาล การกระจายของฝนไม่สม่ำเสมอทั่วพื้นที่และเวลา จึงก่อให้เกิดภาวะแห้งแล้งและอุทกภัย เป็นต้น ภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้นนี้ ทำให้ชุมชนที่อาศัยบริเวณที่ราบลุ่มและที่ราบเชิงเขาประสบภาวะวิกฤต ได้แก่ การขาดแคลนน้ำในฤดูแล้งและอุทกภัยในฤดูฝนเป็นประจำทุกปี ด้วยความรับผิดชอบและตระหนักถึงความเดือดร้อนของประชาชนดังกล่าว รัฐบาลจึงมอบหมายให้หน่วยงานที่รับผิดชอบกำหนดแผนการพัฒนาลุ่มน้ำและฟื้นฟูสภาพลุ่มน้ำ โดยมุ่งเน้นการพัฒนาลุ่มน้ำบนพื้นที่สูง ขณะที่พื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขา ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเป็นแหล่งกักเก็บน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินเพื่อการอุปโภคและบริโภคของประชากรบริเวณที่ราบลุ่มและที่ราบเชิงเขานั้น ยังไม่ได้รับการกำหนดแผนการพัฒนาและฟื้นฟูให้มีสภาพที่ดีขึ้นดังลุ่มน้ำบนพื้นที่สูง โดยธรรมชาติ ลุ่มน้ำบนพื้นที่สูงนั้นมีสภาพภูมิฐานแตกต่างจากลุ่มน้ำเชิงเขา กล่าวคือ ลุ่มน้ำบนพื้นที่สูงมีภูมิฐานเป็นภูเขาสูงซึ่งเป็นแกนหลักของเทือกเขา แต่ลุ่มน้ำเชิงเขา มีภูมิฐานเป็นเนินเขาหรือภูเขารอบนอกของเทือกเขาจึงมีความสูงไม่มากนัก มีความลาดชันน้อย การใช้ประโยชน์ที่ดินมีหลากหลาย ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กติดต่อกับพื้นที่ลอนลาดและพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง

ห้วยใจเป็นลุ่มน้ำเชิงเขาบริเวณขอบของแอ่งสะสมตะกอนเชิงใหม่ เป็นแหล่งต้นน้ำลำธารขนาดเล็กที่ระบายน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินแก่แม่น้ำปิงและที่ราบน้ำท่วมถึงสันทรายโดยตรง เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยใจนี้มีปกคลุมด้วยป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณที่สมบูรณ์ จึงมีชาวบ้านที่อาศัยอยู่ในบริเวณเชิงเขาดังกล่าวเข้ามาใช้ประโยชน์โดยการเก็บสมุนไพร เห็ด หน่อไม้และหาขาย เนื่องจากชาวบ้านบางกลุ่มมีความรู้ด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าและการนำมาใช้ประโยชน์ และมักใช้ไฟเผาทำลายป่าเพื่อล่าสัตว์และเก็บหาของป่า ซึ่งกลายเป็นปัญหาสำคัญทำให้ขาดไม้พื้นล่างปกคลุมดิน เกิดการสูญเสียผิวดินจากการกัดเซาะและพัดพาโดยน้ำฝนและน้ำป่าไหลหลากจนกระทั่งป่ามีผิวดินลดลง ทำให้บทบาทในการเป็นแหล่งกักเก็บน้ำธรรมชาติ การป้องกันและบรรเทาการเกิดอุทกภัยลดลง ในปี พ.ศ. 2540 สำนักชลประทานที่ 6 ฝ่ายชลประทานแม่กวง กรมชลประทานได้สร้างฝายคอนกรีตกั้นน้ำจำนวน 12 ตัว ภายใต้โครงการฟื้นฟูสภาพต้นน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยใจ เพื่อชะลอการไหลบ่าของน้ำในห้วยต้นกอกและห้วยมะปราง เพิ่มช่วงเวลากักเก็บน้ำใน

ลำธารให้ยาวนาน และเพื่อเพิ่มความชุ่มชื้นให้กับป่า ด้วยเหตุผลทางวิชาการที่ยังไม่สามารถยืนยันอย่างชัดเจนได้ว่า โครงสร้างดังกล่าวมีผลเพิ่มฟื้นฟูสภาพต้นน้ำ งานศึกษาวิจัยโครงการนี้จึงเป็นการศึกษาอิทธิพลของคันกันน้ำที่มีผลลักษณะทางอุทกวิทยาทุกด้านของพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาแห่งนี้ เพื่อทราบถึงปริมาณ คุณภาพและลักษณะการไหลของน้ำในลำธาร เพื่อนำมาประมวลผลรวมกับข้อมูลด้านอื่น เช่น ลักษณะทางธรณีวิทยา ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะทางปฐพีวิทยา และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ให้สามารถทราบสถานภาพเชิงอุทกของพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งนำไปสู่แนวทางในการวางแผนจัดการ และพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาอย่างเต็มศักยภาพต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์การศึกษาวิจัย

1.2.1 ศึกษาพฤติกรรมเชิงอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ

1.2.2 เพื่อศึกษาศักยภาพทางกายภาพและชีวภาพของลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมเชิงอุทกลุ่มน้ำ

1.2.3 ศึกษาเปรียบอิทธิพลของคันหินชลอน้ำต่อลักษณะอุทกและป่าไม้ในพื้นที่ลุ่มน้ำ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

โครงการวางแผนขอบเขตการศึกษาวิจัยครอบคลุมดังนี้

1.3.1 ขอบเขตเชิงพื้นที่ วางขอบเขตการศึกษาครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ เนื้อที่ 17.58 ตารางกิโลเมตร ทั้งพื้นที่เหนืออ่างเก็บน้ำและใต้อ่างเก็บน้ำห้วยใจ

1.3.2 ขอบเขตเชิงเนื้อหา

1.3.2.1 ศึกษาสถานภาพปัจจุบันของพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ ทั้งลักษณะทางกายภาพ ชีววิทยาป่าไม้ และอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยาลุ่มน้ำ

1.3.2.2 ศึกษาอิทธิพลของโครงสร้างเขื่อนดินกันน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะเชิงอุทกวิทยาและ ลักษณะทางชีวภาพของสังคมป่าบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากเขื่อนหินชลอน้ำ

1.4 ข้อยกีดงานวิจัย

เนื่องจาก การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนเพียง 2 ปี แต่ความน่าสนใจเชิงพื้นที่นั้นมีมาก โดยเฉพาะ ความหลากหลายและลักษณะพิเศษของลักษณะภูมิกายภาพและพืชพรรณ พฤติกรรมการธรรมชาติของดินฟ้าอากาศ และอาจกล่าวได้ว่าลุ่มน้ำห้วยใจเป็นลุ่มน้ำเชิงเขาแห่งแรกของแอ่งเชียงใหม่ที่ถูกใช้เป็นพื้นที่ศึกษา และสามารถใช้เป็นตัวอย่างงานวิจัยด้านอุทก

วิทยาลุ่มน้ำเชิงเขา การจัดเก็บข้อมูลด้านลักษณะทางอุทกนิยมนิคมวิทยาและอุทกวิทยาจากพื้นที่ซึ่งถูกขยายเป็นระยะเวลา 4 ปี ติดต่อกัน อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาของลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจมีใช้ตัวแทนของลุ่มน้ำเชิงเขาแห่งอื่น จึงจำเป็นต้องประยุกต์กระบวนการศึกษาและผลงนศึกษาก่อนนำไปใช้กับลุ่มน้ำเชิงเขาแห่งอื่น และจำเป็นต้องมีโครงการวิจัยที่มีลักษณะใกล้เคียงกันรองรับ เพื่อการพัฒนาลุ่มน้ำเชิงเขาที่เหมาะสมต่อไป

1.5 ระยะเวลาศึกษาและสถานที่ศึกษาวิจัย

ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 17.58 ตารางกิโลเมตร ห่างจากมหาวิทยาลัยแม่โจ้ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 2 กิโลเมตร การศึกษาวิจัยใช้เวลาในการเก็บข้อมูลในพื้นที่ 3 ปี และการวิเคราะห์และผลิตรายงาน 6 ปี รวมระยะเวลาการทำงาน 3 ปี 6 เดือน

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 นำข้อมูลงานวิจัยไปสร้างแนวทางการทรัพยากรลุ่มน้ำเชิงเขา ซึ่งมีจำนวนถึง 48 ลุ่มน้ำรอบแอ่งเชิงใหม่ ซึ่งล้วนมีปัญหาน้ำหลากในฤดูฝนและขาดแคลนน้ำในฤดูแล้ง

1.6.2 นำผลการศึกษาดังกล่าวข้างต้นสร้างแนวทางการจัดการลุ่มน้ำเชิงเขาให้ได้ประโยชน์สูงสุดต่อชุมชนที่อาศัยอยู่ทั้งในพื้นที่ลุ่มน้ำ พื้นที่ลอนลาดและพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงต่อไป

การวิจัยด้านอุทกวิทยาลุ่มน้ำ เป็นงานวิจัยใหม่สำหรับมหาวิทยาลัยแม่โจ้ และเพื่อให้ งานวิจัยอยู่ภายใต้วัตถุประสงค์และเป็นไปตามแนวทางที่ได้กำหนดไว้ จึงได้มีการทบทวนวรรณกรรม และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อศึกษาว่าลักษณะโครงการที่กำลังศึกษานั้นมีผู้ใดได้ศึกษาหรือมีทฤษฎีใด บ้างที่เกี่ยวข้อง ได้ค้นพบเรื่องใดบ้างหรืออธิบายไว้อย่างไร ข้อมูลใดบ้างที่สำคัญ ระเบียบวิธีที่ใช้ใน การเก็บข้อมูลและปัญหาที่เกิดขึ้นจากระเบียบวิธีเทคนิคต่างๆ เช่น เทคนิคการวิเคราะห์ และผลที่ได้ จากการวิเคราะห์ ตลอดจนข้อสรุปและข้อเสนอแนะของวิจัยในอดีต ดังรายละเอียด

2.1 พฤติกรรมเชิงอุทกวิทยาและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมทางอุทกกลุ่มน้ำ ได้แก่ สภาพภูมิสัณฐานของพื้นที่ ลุ่มน้ำซึ่งประกอบด้วย ความลาดชันของพื้นที่ ขนาดและรูปร่างของกลุ่มน้ำ ความสูงและทิศด้านลาด รวมทั้งลักษณะทางธรณีและปฐพีวิทยา เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และ ต่างก็มีอิทธิพลต่อการไหลของน้ำในลำธาร

Hewlett และ Nutter (1969) และ Viessman และคณะ (1977) กล่าวว่า น้ำใน ลำธารเป็นดัชนีสำคัญที่กำหนดสถานะภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ ถ้าสถานะภาพของลุ่มน้ำไม่ดี มีการซึมซับ น้ำผ่านผิวน้ำดินช้า ระดับน้ำในลำธารมักเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากฝนตก เพียงเล็กน้อย หากพื้นที่ลุ่มน้ำมีสถานะภาพดี เช่นมีป่าไม้ปกคลุม มีชั้นดินหนาและมีความพรุนสูง สามารถกักเก็บ และปลดปล่อยน้ำได้ดี จะมีผลให้น้ำในลำธารเพิ่มระดับขึ้นอย่างช้าๆ ในทางตรงข้ามถ้าดินในลุ่มน้ำที่ ไม่มีพืชพรรณปกคลุมแม้จะมีดินสมบัติที่ร่วนซุย มีรูพรุนมาก ก็จะมีโอกาสเกิดน้ำไหลบ่าเหนือผิวดิน (surface runoff) และน้ำในลำธารจะเพิ่มระดับขึ้นอย่างรวดเร็ว จนทำให้เกิดน้ำป่าไหลหลากได้เช่น กัน

Baver และคณะ (1948) และ Kirkham และ Power (1972) ศึกษาในพื้นที่ลุ่มน้ำต่าง ภูมิภาคและต่างช่วงเวลากัน แต่ผลการศึกษายังได้ข้อสรุปในทิศทางเดียวกัน ลำธารที่มีน้ำไหล ตลอดปี เกิดขึ้นได้เพราะมีน้ำระบายออกจากดินอย่างช้าๆ กล่าวคือ เมื่อเม็ดดินอุ้มน้ำจนอิ่มตัว น้ำ ส่วนที่ซึมซาบโดยอาศัยแรงดึงดูดของโลก จะซึมซาบลงสู่ดินชั้นลึกและระบายสู่ลำธาร กระบวนการ เช่นนี้จะมีการทดแทนกันอย่างต่อเนื่อง ด้วยความต่อเนื่องของน้ำในดินและน้ำในลำธารซึ่งเกิดขึ้น

จากความต่อเนื่องของแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำในลำธารและน้ำในดิน จึงทำให้น้ำระบายจากดินลงสู่ลำธารตลอดเวลา แม้ในช่วงฤดูแล้ง

2.1.1 ความลาดชันของพื้นที่ ความลาดชันของกลุ่มน้ำเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการไหลของน้ำในลำธาร โดยธรรมชาติบริเวณที่มีความลาดชันสูง มีชั้นดินค่อนข้างตื้น น้ำฝนจะซึมซาบลงสู่ดินได้ยากกว่าการไหลบ่าลงมาตามความลาดชันของพื้นที่และไหลหลากลงสู่ลำธาร นอกจากนั้นปริมาณและความรุนแรงของน้ำไหลบ่าหน้าดินยังขึ้นกับความลาดชันและความยาวของความลาดชัน กล่าวคือ พื้นที่ที่มีความลาดชันสูง ทำให้น้ำไหลไปรวมกันได้มากและรวดเร็ว ซึ่งมีผลให้น้ำในลำธารเพิ่มรวดเร็วกว่าพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีความลาดชันต่ำ (Wisler และ Brater ,1959; Hewlett และ Nutter ,1969 ; Viessman และคณะ ,1977)

2.1.2 ระดับความสูงและทิศด้านลาด ความผันแปรด้านระดับความสูงและความสูงเฉลี่ยของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญ และสัมพันธ์กับอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน รวมทั้งการสูญเสียน้ำจากการคายระเหยตามธรรมชาติของพืชพรรณ ณ ที่ระดับความสูงเพิ่มขึ้นอุณหภูมิและความกดของอากาศจะต่ำกว่าที่ระดับพื้นดิน เนื่องจากมวลอากาศชั้นที่ลอยเข้ามาปะทะภูเขาที่ตั้งขวางทิศทางการเคลื่อนที่ของมวลอากาศ มวลอากาศจะถูกบังคับให้ลอยสูงขึ้น อุณหภูมิจึงลดลงพร้อมกับมีระดับความอึมตัวของไอน้ำเพิ่มขึ้นจนเกิดการกลั่นตัวเป็นฝน เรียกว่า ฝนภูเขา (orographic rain) ตกลงทางด้านภูเขาที่รับลม ปรากฏการณ์นี้มีผลให้พื้นที่ที่อยู่ในระดับสูงมาก มักมีฝนตกนอกฤดูกาล ในลักษณะของฝนโปรยปราย (shower rain) เช่น จุดสูงสุดของดอยอินทนนท์ เป็นต้น

นอกจากความสูงจะมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำฝนแล้ว ยังมีอิทธิพลต่อการคายระเหยน้ำของพืชมาก กล่าวคือ พื้นที่ที่มีระดับความสูงมากๆ มักมีอุณหภูมิต่ำ จึงมีการคายระเหยน้อย นอกจากนี้ทิศด้านลาดก็ส่งผลต่อการคายระเหยน้ำเช่นเดียวกัน เนื่องจากได้รับปริมาณแสงอาทิตย์ต่างกัน จึงมีผลให้ทิศด้านลาดที่อยู่ด้านทิศเหนือและทิศตะวันออก มีอุณหภูมิต่ำกว่าและมีความชื้นมากกว่าด้านทิศใต้และทิศตะวันตก (Viessman และคณะ ,1977)

2.1.3 ขนาดและรูปร่างของกลุ่มน้ำ โครงสร้างทางธรณีเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดขนาดและรูปร่างของกลุ่มน้ำ ขณะเดียวกัน ขนาดและรูปร่างของกลุ่มน้ำยังมีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อปริมาณและลักษณะการไหลของน้ำในลำธาร พื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่จะให้ปริมาณน้ำมากกว่าพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็ก ซึ่งเป็นผลมาจากขนาดของพื้นที่ที่สามารถรับน้ำฝนและกักเก็บน้ำได้มากกว่า ดังนั้นปริมาณการไหลของน้ำในลำธารจะเพิ่มขึ้นตามขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ ขณะเดียวกัน พื้นที่ลุ่มน้ำขนาด

ใหญ่จะมีการตอบสนองปริมาณน้ำฝนค่อนข้างช้า กล่าวคือ มีลักษณะการไหลของน้ำที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ และมีแนวโน้มที่จะให้น้ำในลำธารอย่างสม่ำเสมอตลอดปี ซึ่งตรงกันข้ามกับพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็ก นอกจากนั้น รูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำยังมีความสัมพันธ์กับอัตราการไหลของน้ำในลำธารสายหลัก สำหรับ อัตราส่วนระหว่างความกว้างเฉลี่ยกับความยาวในแนวแกนหลักของลุ่มน้ำ เรียกว่า รูปทรงลุ่มน้ำ (form factor) สามารถแสดงแนวโน้มการเกิดอุทกภัยได้ เพราะลุ่มน้ำที่มีค่าอัตราส่วนของรูปทรงลุ่มน้ำต่ำ มักจะมีฝนตกหนักพร้อมกันทั่วทั้งพื้นที่ได้น้อยกว่าพื้นที่ที่มีขนาดเดียวกันแต่มีค่าของอัตราส่วนนี้ค่อนข้างสูง (Wisler และ Brater, 1959; Hewlett และ Nutter, 1969; Viessman และคณะ, 1989; เกษม และ นิพนธ์, 2525)

2.1.4 ลักษณะทางธรณีและปฐพี Hewlett และ Nutter (1969); Chow และคณะ (1987) กล่าวพร้อมกันว่า ลักษณะทางธรณีเป็นปัจจัยแรกที่มีอิทธิพลต่อความตรงหรือความโค้งของลำธาร และยังเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดขนาด รูปร่าง รูปแบบทางน้ำ ทิศด้านลาด ความลาดชัน และความยาวของลำน้ำ ทำให้พฤติกรรมทางอุทกในพื้นที่ลุ่มน้ำแตกต่างกัน กล่าวคือ ลุ่มน้ำที่มีลักษณะธรณีเป็นหินแกรนิตจะมีลักษณะเป็นภูเขาสลับซับซ้อน เนือดินหยาบ ชั้นดินหนา ระบายน้ำดี แต่ลุ่มน้ำที่มีลักษณะธรณีเป็นหินทรายจะมีลักษณะเป็นภูเขาเอียงราบ ลักษณะเนื้อดินหยาบ ชั้นดินไม่หนามาก ทำให้น้ำในลำธารมักขาดหายในฤดูแล้ง

นอกจากลักษณะทางธรณีแล้ว ลักษณะทางปฐพีก็มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมเชิงอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำเช่นเดียวกับ ดินที่มีความพรุนสูงมากมีการจัดเรียงเม็ดดินแบบหลวม การกระจายขนาดของช่องว่างของดินเหมาะสม ย่อมซึมซับน้ำผ่านผิวดินและเก็บกักน้ำได้มากและระบายน้ำออกจากดินได้อย่างช้าและยาวนาน (Wisler และ Brater, 1959)

การศึกษาของ Darcy (1859); Richard (1931); Philip (1954) สรุปได้ว่า โครงสร้างของดิน การกระจายขนาดของช่องว่างและการกระจายขนาดของเนื้อดินมีผลต่อความสามารถในการซึมซับน้ำผ่านผิวดิน และน้ำที่ถูกกักเก็บในดินจนถึงระดับอิ่มตัว สามารถระบายลงสู่ลำธารได้อย่างรวดเร็วขณะที่น้ำในดินที่มีปริมาณความชื้นระดับสนาม สามารถระบายสู่ลำธารอย่างช้าๆ ดังนั้นโครงสร้างและเนื้อดินจึงมีอิทธิพลอย่างมากต่อการไหลของน้ำในลำธารและการเกิดน้ำไหลบ่าผิวดิน ดินป่าไผ่มีความพรุนและมีความร่วนซุยสูงมาก การกระจายของช่องว่างขนาดใหญ่มีจำนวนมาก ดินจึงสามารถซึมซับน้ำลงสู่ใต้ผิวดินได้มาก ซึ่งทำให้น้ำไหลในลำธารสม่ำเสมอตลอดปี

2.1.5 ชนิดพืชพรรณธรรมชาติที่ปกคลุมพื้นที่ พืชพรรณที่ปกคลุมดิน มีบทบาทต่อปริมาณและการไหลของน้ำในลำธารมาก กล่าวคือ พื้นที่ป่าที่มีเศษซากพืช ใบไม้ หญ้า คลุมผิวดิน

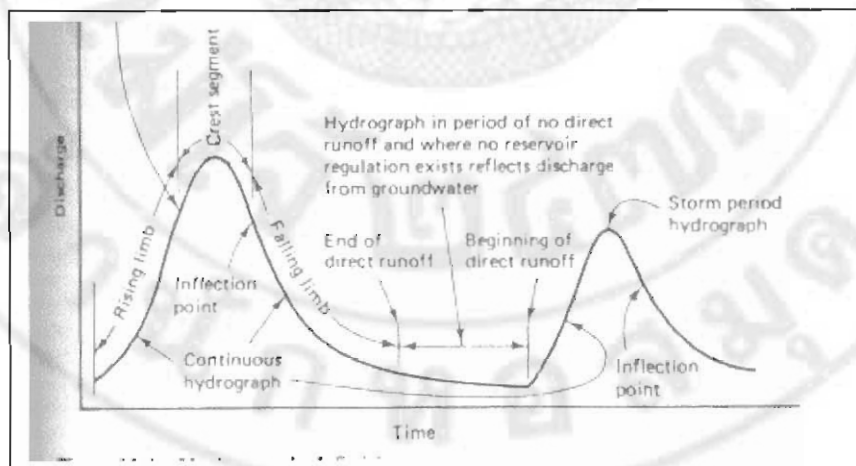
ตลอดจนมีสัตว์ในดินช่วยทำให้ดินร่วนซุย มีช่องว่างมาก ถึงแม้จะมีฝนตกหนัก แต่มีน้ำบ่าหน้าดิน ไหลลงสู่ลำธารน้อย และไม่เกิดอุทกภัยที่รุนแรง ในทางตรงข้าม พื้นที่ป่าที่ถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตร เศษซากพืชคลุมดินลดลง ดินเริ่มอัดตัวแน่น เพราะแรงกระแทกของเม็ดฝน ทำให้การกระจายช่องว่างดินเล็กลง อัตราการซึมซ่าน้ำผ่านผิวดินลดลง จึงทำให้เกิดน้ำบ่าหน้าดินลงสู่ลำธารได้มาก จนเป็นสาเหตุของอุทกภัย (วีระศักดิ์, 2526)

2.2 กราฟน้ำท่า

Wisler และ Btater (1959); Viessman และคณะ (1977); เกษมและนิพนธ์ (2525); เกษม (2526) และ วีระพล (2538) อธิบายความหมายของกราฟน้ำท่าอย่างสอดคล้องกัน ดังนี้

กราฟน้ำท่าเป็นดัชนีสำคัญแสดงลักษณะทางกายภาพ การใช้ประโยชน์ในพื้นที่ลุ่มน้ำ และลักษณะการตกของฝน ที่มีความสัมพันธ์ต่ออัตราการไหลของน้ำในลำธารในช่วงเวลาหนึ่ง โดยการแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถทำได้หลายวิธีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่ต้องการ เช่น ต่อชั่วโมง ต่อวัน ต่อเดือน หรือต่อปี ในกรณีที่ต้องการแสดงภาวะน้ำท่วม ความสัมพันธ์ดังกล่าวควรแสดงในช่วงระยะเวลาที่น้อยกว่าหนึ่งวัน

กราฟน้ำท่าประกอบด้วย 3 ส่วน คือ กราฟส่วนขึ้น (rising limb) กราฟส่วนยอด (crest segment) และ กราฟส่วนลด (recession curve) ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 องค์ประกอบของกราฟน้ำท่า

ที่มา : Viessman และคณะ (1977)

กราฟส่วนขึ้น คือ ส่วนของกราฟน้ำท่าที่เริ่มตั้งแต่จุดเริ่มต้นของการเพิ่มระดับน้ำในลำธาร ซึ่งอยู่ภายใต้อิทธิพลของ 1) ลักษณะฝนที่ตก (rainfall characteristics) ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน

ความหนักเบาของฝน ระยะเวลาที่ฝนตก ปริมาณฝนที่ตกครั้งก่อน (antecedent rainfall) ความถี่ของการตกของฝนและระยะเวลาที่ฝนทิ้งช่วง 2) ลักษณะของพื้นที่ลุ่มน้ำ (watershed characteristics) ได้แก่ ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ รูปร่างลุ่มน้ำ ระบบการระบายน้ำ ความสูงจากระดับน้ำทะเล ความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำและลำธาร ความขรุขระของพื้นผิวดิน ทิศด้านลาด ลักษณะหิน ลักษณะดิน เป็นต้น 3) ลักษณะการใช้ที่ดิน (landuse activity) ได้แก่ การใช้ที่ดินป่าไม้ เกษตรกรรม ชุมชน ถนน แหล่งน้ำ ซึ่งมีผลให้ส่วนขึ้นของกราฟน้ำท่าแตกต่างกัน

กราฟส่วนยอด คือ กราฟน้ำท่าซึ่งอยู่ระหว่างจุดทั้งสองด้านของกราฟที่มีการเปลี่ยนแปลงความชัน (point of inflection) ระหว่างกราฟส่วนยอดและกราฟส่วนลด ซึ่งเป็นจุดที่บ่งชี้ว่านับตั้งแต่นั้นเป็นต้นไป จะไม่มีการไหลของน้ำไหลบ่าหน้าดินลงสู่ลำธาร และน้ำที่ไหลในลำธารจะมาจากน้ำไหลในชั้นของดินและน้ำไหลใต้ดินเท่านั้น ลักษณะส่วนยอดของกราฟน้ำท่าจะแหลมหรือจะป้านขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นสำคัญ โดยทั่วไปป่าไม้ธรรมชาติจะให้กราฟน้ำท่าที่มีส่วนยอดเป็นรูปถ้วยหัวกลับ ส่วนลุ่มน้ำที่ป่าไม้ธรรมชาติถูกทำลาย เป็นรูปตัววี

กราฟส่วนลด คือ ส่วนที่น้ำเริ่มระบายออกสู่ลำธาร เป็นส่วนที่เริ่มจากจุดเปลี่ยนแปลงความชันเป็นต้นไป ส่วนลดของกราฟน้ำทานี้จะไม่มีอิทธิพลจากน้ำฝนและน้ำไหลบ่าหน้าดินมาเกี่ยวข้อง แต่จะอยู่ภายใต้อิทธิพลของลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ ลักษณะทางปฐพีวิทยาและการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยปริมาณน้ำที่ไหลในลำธารมาจากน้ำใต้ผิวดินและน้ำใต้ดินเท่านั้น

2.3 กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า

กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (unit hydrograph) หมายถึง กราฟน้ำท่าที่มีปริมาตรหรือปริมาณการไหลของน้ำที่เกิดจากฝนส่วนเกิน 1 หน่วย เมื่อฝนนั้นตกกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ลุ่มน้ำในช่วงเวลาที่กำหนด

การไหลของน้ำจากพื้นที่รับน้ำหนึ่งๆ คือผลรวมของกราฟน้ำท่าส่วนย่อยจากพื้นที่เล็กๆ และผลจากเวลาที่น้ำไหลและปริมาณเก็บกักในลำธาร หากลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ ได้แก่ ขนาด รูปร่าง ความลาดเท นั้นไม่เปลี่ยนแปลง รูปร่างของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ควรคล้ายคลึงกัน คุณสมบัตินี้เป็นสิ่งจำเป็นที่ใช้ในการวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ซึ่งจะแสดงถึงลักษณะทางอุทกวิทยาเฉพาะของพื้นที่นั้นๆ

นักอุทกวิทยานหลายท่านพยายามศึกษาวิธีการวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าเพื่ออธิบายพฤติกรรมทางอุทกของพื้นที่ลุ่มน้ำ ดังนี้

2.3.1 Rational Method Mulvaney (1851) เสนอผลงานวิจัยต่อสถาบันวิศวกรรมโยธาแห่งไอร์แลนด์เหนือ เพื่อการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดของน้ำหลากในลำน้ำ โดยอาศัยสภาพที่เกิดขึ้นจริง แต่ไม่ได้พิจารณาผลกระทบของสภาพทั่วไปของกลุ่มน้ำ วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่าย ไม่ซับซ้อนและใช้ได้กับทุกสภาพกลุ่มน้ำ จึงนิยมแพร่หลาย แต่วิธีนี้มีข้อจำกัดคือ สามารถนำไปใช้ได้เฉพาะกลุ่มน้ำขนาดเล็กที่มีพื้นที่ไม่เกิน 25 ตารางกิโลเมตรเท่านั้น โดยกำหนดให้ช่วงเวลาของฝนที่นำมาออกแบบเท่ากับเวลาน้ำท่าเข้มข้น (time of concentration) ดังสมการ (2.1)

$$q_p = 0.278CIA \quad \dots (2.1)$$

- เมื่อ q_p = อัตราการไหลสูงสุด มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
 C = สัมประสิทธิ์น้ำท่า (runoff coefficient) ขึ้นอยู่กับลักษณะเชิงอุทกของกลุ่มน้ำ
 I = ความเข้มของฝน (rainfall intensity) ในช่วงเวลาและคาบย้อนคืนพินิจ (return period) ที่กำหนด มีหน่วยเป็น มิลลิเมตรต่อวินาที
 A = พื้นที่รับน้ำฝน (watershed area) มีหน่วยเป็นตารางกิโลเมตร

ช่วงเวลาของฝนที่กำหนดให้มีค่าเท่ากับเวลาน้ำท่าเข้มข้น คำนวณได้จากสมการ (2.2)

$$T_c = 0.87*(L/H)^{0.385} \quad \dots (2.2)$$

- เมื่อ L = ความยาวของลำน้ำสายหลัก จากจุดออกถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ มีหน่วยเป็นกิโลเมตร
 H = ผลต่างของค่าระดับโดยเฉลี่ย ซึ่งเท่ากับผลคูณของความลาดเทของกลุ่มน้ำ และความยาวตามลำน้ำสายใหญ่ จากจุดออกถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ มีหน่วยเป็นเมตร

2.3.2 Sherman (1932) ให้คำจำกัดความ “กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า” ไว้ว่า ถ้าฝนที่ตกในหนึ่งวันทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินลึก 1 นิ้วในพื้นที่กลุ่มน้ำ กราฟน้ำท่าที่แสดงถึงอัตราการไหลของน้ำที่เกิดขึ้นสามารถกล่าวได้ว่าเป็นกราฟหนึ่งหน่วยของกลุ่มน้ำ และศึกษาค้นคว้าจนสามารถสร้างทฤษฎีกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า โดยมีแนวความคิดพื้นฐานว่า กราฟน้ำท่าเป็นสิ่งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการไหลและปริมาณการไหลของน้ำท่า โดยฐานเวลาการไหลไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากรูปร่างของกลุ่มน้ำไม่เปลี่ยนแปลงขณะเกิดพายุฝน แม้พายุฝนแต่ละครั้งจะแตกต่างกัน ก็จะทำให้กราฟน้ำท่าบนฐานเวลาเดียวกัน แต่จะแตกต่างกันที่ปริมาณการไหลเท่านั้น และถ้าการกระจายของฝนคล้ายกัน เมื่อคำนึงถึงเวลาและพื้นที่แล้ว อัตราการไหลจะเป็นสัดส่วนกับปริมาณน้ำท่า ดังนั้น

กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของกลุ่มน้ำจะคล้ายคลึงกับกราฟน้ำท่าที่เกิดจากพายุฝนส่วนเกิน (rainfall excess) ที่มีค่าความลึกเทียบเท่าหนึ่งหน่วยน้ำท่าของกลุ่มน้ำในช่วงเวลาที่คงที่

2.3.3 **Snyder (1938)** ศึกษากราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของกลุ่มน้ำที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 10 ถึง 10,000 เอเคอร์ในประเทศสหรัฐอเมริกา และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า และพารามิเตอร์แสดงคุณลักษณะของกลุ่มน้ำและลำน้ำ พารามิเตอร์ของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าประกอบด้วย ช่วงเวลาดังแต่จุดศูนย์กลางพายุฝนไปถึงจุดที่มีอัตราการไหลสูงสุด (time lag, t_p) อัตราการไหลสูงสุด (peak flow, q_p) และฐานเวลา (base length, T) พารามิเตอร์แสดงลักษณะของกลุ่มน้ำและลำน้ำ คือ ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ ความยาวของลำน้ำสายหลักจากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ (L) และความยาวตามลำน้ำสายหลักจากจุดออกถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้กับจุดศูนย์กลางของกลุ่มน้ำมากที่สุด (L_c) ซึ่งมีความสัมพันธ์กัน ดังสมการ

$$t_p = 0.75 C_t (LL_c)^{0.3} \quad \dots (2.3)$$

$$q_p = 2.78 C_p A / t_p \quad \dots (2.4)$$

$$T = 3 (1 + t_p / 24) \quad \dots (2.5)$$

จากสมการ (2.3) ถึง (2.5) เป็นสมการสำหรับคำนวณพารามิเตอร์ที่จำเป็นต้องใช้ในการสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่มีช่วงเวลา $t_r = t_p / 5.5$ มีหน่วยเป็นชั่วโมง แต่สำหรับช่วงเวลาใดๆ t_R ส่วนใหญ่จะมีค่ามากกว่า t_r ซึ่งจะต้องทำการปรับค่า t_p , q_p และ T แสดงดังสมการ

$$t_{pR} = t_p + (t_R - t_p) / 4 \quad \dots (2.6)$$

$$q_{pR} = 2.78 C_p A / t_{pR} \quad \dots (2.7)$$

$$T_R = 3 (1 + t_{pR} / 24) \quad \dots (2.8)$$

C_t คือ ค่าสัมประสิทธิ์เกี่ยวกับเวลา ซึ่ง Snyder (1938) ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากลุ่มน้ำในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าสัมประสิทธิ์เวลา C_t มีค่าระหว่าง 1.8 ถึง 2.2 ซึ่งมีแนวโน้มว่าค่าที่ต่ำกว่าจะเหมาะกับลุ่มน้ำที่มีความลาดชันมากกว่า สำหรับสัมประสิทธิ์ปริมาณการไหล C_p มีค่า 0.56 ถึง 0.69 ต่อมาได้มีการนำวิธีการของ Snyder ไปดัดแปลงโดยพารามิเตอร์แสดงลักษณะของกลุ่มน้ำจะรวมค่าความลาดชันเฉลี่ย (S) ของลุ่มน้ำเข้าไว้ ด้วย ดังสมการ

$$t_p = C_t \{ LL_c / (S^{1/2}) \}^n \quad \dots (2.9)$$

เมื่อ t_p = basin lag มีหน่วยเป็นชั่วโมง

C_t = ค่าสัมประสิทธิ์เวลา

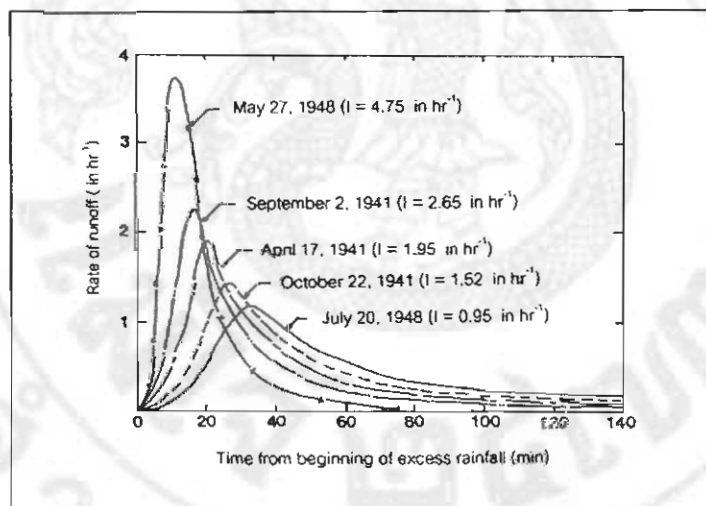
L = ความยาวตามลำน้ำสายหลักจากจุดออกถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ มีหน่วยเป็นไมล์

L_c = ความยาวตามลำน้ำสายหลักจากจุดออกถึงจุดที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงลุ่มน้ำมากที่สุด มีหน่วยเป็นไมล์

S = ความลาดชันเฉลี่ย มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

หน่วยงานวิศวกรรมแห่งสหรัฐอเมริกา สรุปว่าค่า C_t มีค่าระหว่าง 0.35 ถึง 1.2 และ n มีค่า 0.38 ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ลุ่มน้ำขนาดตั้งแต่ 6 ถึง 1,671 ตารางกิโลเมตร ในประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวน 18 แห่ง

2.3.4 Minshall (1960) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำท่าจากลุ่มน้ำขนาดเล็ก 3 ลุ่มน้ำ ในมลรัฐอินดีแอนา เพื่อออกแบบกราฟน้ำท่าโดยใช้เทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ผลการวิเคราะห์แสดงว่า ปริมาณการไหลสูงสุด และเวลาของการเกิดปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำท่าขึ้นอยู่กับความชื้นและรูปแบบของพายุฝน (ภาพที่ 2.2) วิธีการนี้ใช้ได้กับลุ่มน้ำที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 20 ถึง 500 เอเคอร์ และสามารถใช้ได้กับกรณีความชื้นของพื้นที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าสูงสุดและความชื้นของน้ำฝน

ที่มา : Minshall (1960)

2.3.5 Komsatra (1969) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์แสดงลักษณะลุ่มน้ำและลำน้ำ โดยใช้ข้อมูลจากภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ของประเทศไทย มีขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำระหว่าง 24 ถึง 1,060 ตารางกิโลเมตร และสรุปผลการคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ดังนี้

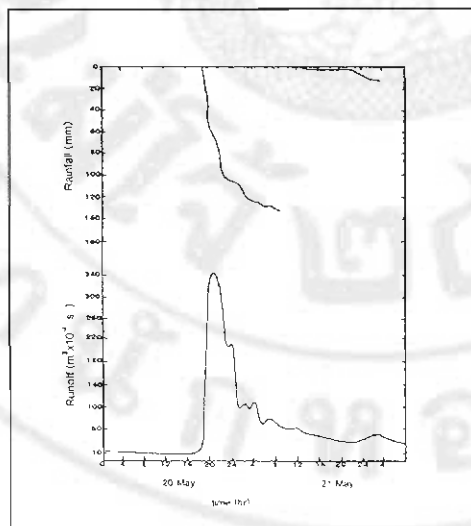
$$t_p = 1.90 \{ LL_c / (S^{1/2}) \}^{0.162} \quad \dots (2.11)$$

$$q_p = 0.161 (A / t_p)^{0.98} \quad \dots (2.12)$$

- เมื่อ t_p = เวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุด หน่วยเป็นชั่วโมง
 q_p = อัตราการไหลสูงสุด หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
 L = ความยาวตามลำน้ำจากจุดที่ตั้งสถานีไปจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ หน่วยเป็นกิโลเมตร
 L_c = ความยาวตามลำน้ำจากจุดที่ตั้งสถานีไปจนถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของกลุ่มน้ำมากที่สุด หน่วยเป็นกิโลเมตร
 S = ความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำ
 A = พื้นที่ลุ่มน้ำ หน่วยเป็นตารางกิโลเมตร

2.4 ผลงานการศึกษาวิจัยอุทกวิทยาลุ่มน้ำ ในอดีต

เกษม และคณะ (2515) ศึกษาลักษณะการไหลของน้ำในลำธารของพื้นที่ลุ่มน้ำที่สูงบริเวณลุ่มน้ำห้วยคอกม้า มีพื้นที่ประมาณ 87,900 ตารางเมตร ลักษณะพื้นที่สูงชัน มีชั้นดินลึกและร่วนซุย มีความสามารถในการซึมน้ำค่อนข้างสูง เนื่องจากพื้นที่ศึกษามีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง มีความชื้นสูงทั้งในบรรยากาศและในดิน และไม่เคยปรากฏน้ำไหลบ่าหน้าดินบริเวณลุ่มน้ำในห้วยคอกม้า จากกราฟน้ำท่าของห้วยคอกม้า (ภาพที่ 2.3) แสดงลักษณะรูปร่างแบบตัววีหัวกลับ



ภาพที่ 2.3 กราฟน้ำท่าของป่าดิบเขา ช่วงเวลาที่มีฝนตกมากที่สุดในรอบ 7 ปี ลุ่มน้ำ

ห้วยคอกม้า ดอยปู่ย จังหวัดเชียงใหม่

ที่มา: เกษม และคณะ (2515)

ในช่วงวันต่อระหว่างวันที่ 20 และ 21 พฤษภาคม 2513 เป็นวันที่มีฝนตกมากที่สุดถึง 146.5 มิลลิเมตร ในช่วงเวลา 7 ปีที่มีบันทึกข้อมูล และมีปริมาณน้ำฝนวันก่อน (antecedent rainfall) ในวันที่ 14 และวันที่ 16 พฤษภาคม ประมาณ 98 และ 45 มิลลิเมตรตามลำดับ และวันอื่นๆ ตกเพียงเล็กน้อยแต่ตกทุกวัน ทำให้ดินอิ่มตัวเต็มที่ ท้นที่ที่มีฝนตกหลังช่วงเวลานี้ ปริมาณน้ำในลำธารจะสูงขึ้นในทันที เนื่องจากปริมาณน้ำฝนทั้งหมดกลายเป็นน้ำไหลบ่าหน้าดิน วันที่ 20 พฤษภาคม 2514 ฝนเริ่มตกเวลา 19.00 น. ลักษณะการขึ้นของกราฟน้ำท่าจะพุ่งขึ้นอย่างรวดเร็ว เพราะฝนที่ตกลงมาอย่างหนักและรุนแรงเป็นช่วงๆ จุดยอดของกราฟน้ำท่าจะตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนที่ตกลงสู่ลุ่มน้ำทันทีเช่นกัน จึงมีจุดยอดย่อยหลายจุดยอดของกราฟน้ำท่าขึ้นติดตามมา และเมื่อฝนหยุดตกประมาณเวลา 9.00 น. ของวันที่ 21 พฤษภาคม 2514 น้ำในลำธารจะลดลงอย่างชัดเจน กระทั่งเวลา 10.00 น. ปริมาณน้ำจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด และกราฟน้ำท่าจะสูงขึ้นใหม่อีกครั้งทันทีที่มีฝนตก จึงสรุปผลการศึกษาว่าเมื่อมีฝนตกเกินศักยภาพในการอุ้มน้ำของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าดิบเขาธรรมชาติ ซึ่งมีต้นไม้ปกคลุมอย่างหนาแน่น ระดับน้ำในลำธารจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วได้ ในกรณีที่มีฝนตกมากเกินศักยภาพในการอุ้มน้ำของดิน ดังนั้นหากลุ่มน้ำป่าดิบเขาธรรมชาติถูกทำลายลง โอกาสที่จะเกิดน้ำไหลบ่าผิวดินย่อมเกิดขึ้นได้ และจุดยอดของกราฟน้ำท่าจะสูงกว่าในลุ่มน้ำที่เป็นป่าธรรมชาติมาก เนื่องจากคุณสมบัติของดินป่าดิบเขาเปลี่ยนแปลงไปจึงมีความสามารถในการซึมซับน้ำได้และการดูดซับน้ำของดินลดลงนั่นเอง

บทที่ 3. ขั้นตอนและวิธีการศึกษา

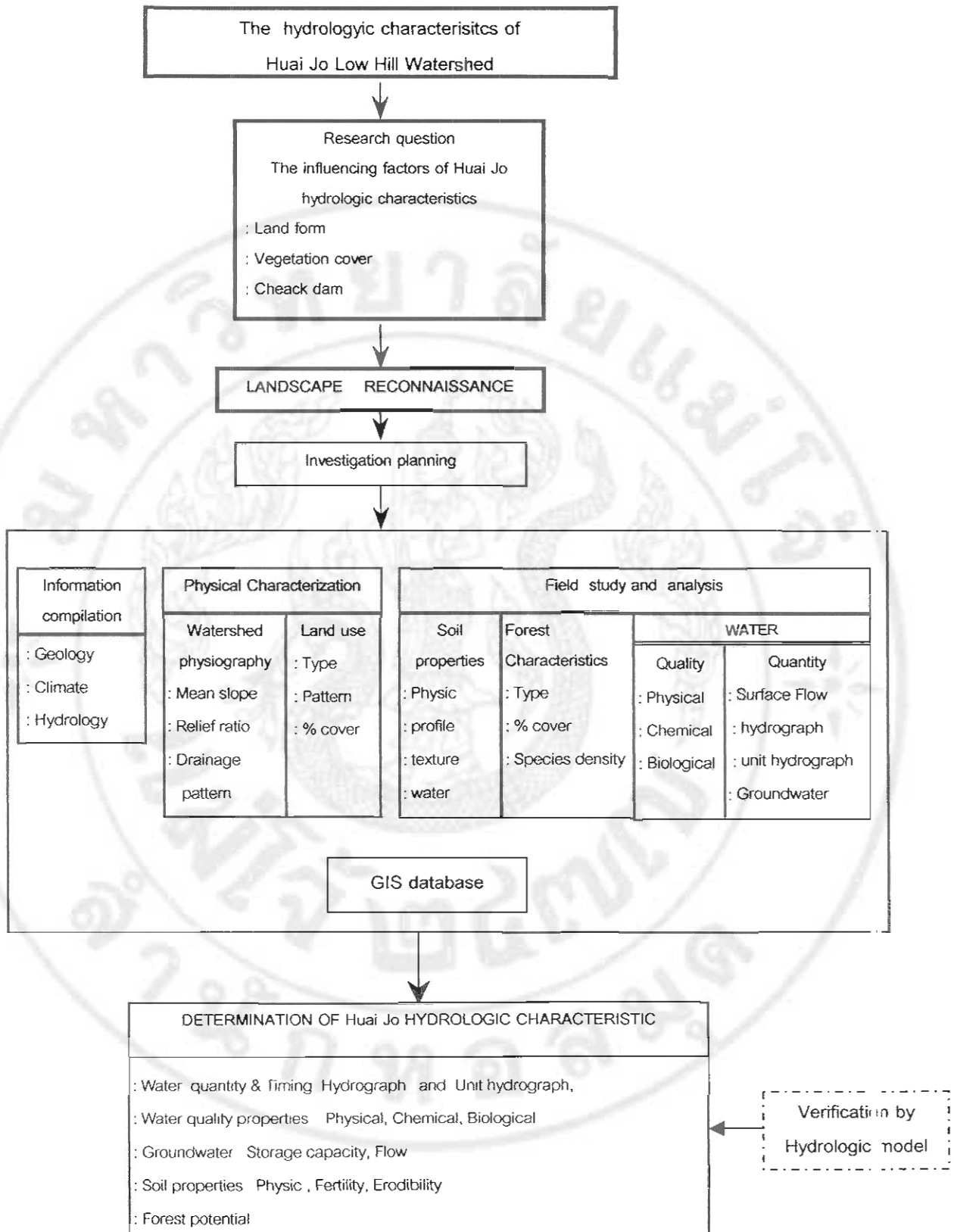
การกำหนดขั้นตอนและวิธีการศึกษายึดถือวัตถุประสงค์ของการวิจัยเป็นหลัก ซึ่งสามารถกำหนดแนวทางและขอบเขตการศึกษาได้ดังนี้ 1) ศึกษาศักยภาพทางกายภาพและนิเวศวิทยาของกลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยไจ้ที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมเชิงอุทกวิทยา 2) ศึกษาพฤติกรรมเชิงอุทก 3) ศึกษาสมรรถนะและปัจจัยที่มีผลต่อการวางแผนพัฒนากลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยไจ้ โดยมีขั้นตอนการศึกษาวิจัย (ภาพที่ 3.1) ดังนี้

3.1 กำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาวิจัย การกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาวิจัย ตามขอบเขตลุ่มน้ำในแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 เพื่อวางแผนรวบรวมและจัดเก็บข้อมูลพื้นฐาน

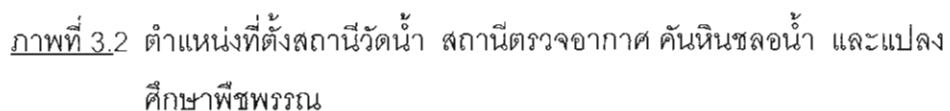
3.2 การรวบรวมข้อมูล รวบรวมข้อมูล รายงานการวิจัยในอดีตและปัจจุบันที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ศึกษา สำรวจพื้นที่เบื้องต้น และแผนที่ลักษณะภูมิประเทศ ธรณีวิทยา ปฐพีวิทยา ข้อมูลภูมิอากาศ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน

3.2.1 ข้อมูลภูมิอากาศ เนื่องจากไม่มีสถานีตรวจอากาศในพื้นที่ศึกษา ผู้วิจัยจึงได้สร้างสถานีตรวจวัดอากาศและติดตั้งเครื่องมือวัดอากาศบริเวณใต้สันอ่างเก็บน้ำห้วยไจ้ โดยมีเครื่องมือตรวจวัดอากาศดังนี้

- 1) เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติ (recording raingage) และเครื่องมือวัดน้ำฝนแบบมาตรฐาน (standard raingage)
- 2) เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิอากาศแบบธรรมดาและเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด (maximum-minimum thermometer)
- 3) เทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะเปียกกระเปาะแห้ง (wet-dry thermometer) เพื่อวัดความชื้นสัมพัทธ์
- 4) ถาดวัดการระเหยน้ำแบบ U.S. Class A Pan

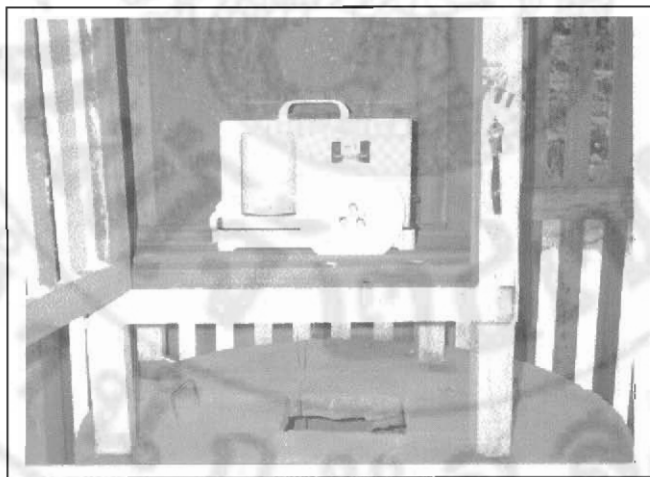


ภาพที่ 3.1 กระบวนการศึกษาวิจัย



ภาพที่ 3.2 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวิจัย สถานีตรวจอากาศ คั่นหินชลอน้ำ และแปลง
ศึกษาพืชพรรณ

3.2.2 ข้อมูลทางอุทกวิทยา การรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่าในอดีตจากสำนักงานชลประทานที่ 6 ฝ่ายชลประทานแม่กวง กรมชลประทาน ส่วนข้อมูลน้ำท่าปัจจุบันได้จากการตรวจวัดด้วยสถานีวัดน้ำ 2 แห่ง ซึ่งติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำในลำธารแบบอัตโนมัติที่มีการบันทึกในรูปของกราฟและไม้วัดระดับน้ำ (staff gage) โดยอาศัยหลักการว่าต้องทำให้น้ำที่ไหลในลำธารไหลลงสู่ลงบ่อน้ำหรือสระน้ำที่ค่อนข้างกว้างและลึกกว่าท้องลำธารที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เพื่อให้ น้ำในสระนิ่งและไหลผ่านปากเขื่อนวัดน้ำอย่างสม่ำเสมอ ส่วนตะกอนที่ไหลมาตามสายน้ำจะตกตะกอนในบริเวณสระหรือบ่อน้ำในเขื่อน วิธีการนี้ถ้า น้ำในเขื่อนวัดน้ำไม่นิ่งจะไม่สามารถวัดได้ถูกต้อง ดังนั้นหลักในการสร้างเขื่อนวัดน้ำจึงต้องสร้างให้มีความมั่นคงมาก มีผนังด้านหน้าของเขื่อนค่อนข้างกว้างและลึกเพียงพอที่จะป้องกันการกัดเซาะของน้ำได้ผิวดินตลอดได้ตัวเขื่อน ด้านข้างของเขื่อนมีการสร้างบ่อน้ำนิ่ง (stilling well) ไว้ โดยมีท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4-6 เซนติเมตร 2 ท่อ ผึงต่อเชื่อมระหว่างบ่อน้ำนิ่งกับบริเวณสระน้ำหน้าตัวเขื่อน โดยท่อนี้ต้องฝังอยู่ใต้ระดับต่ำกว่าระดับต่ำสุดของปากเขื่อนวัดน้ำ เพื่อให้ น้ำในเขื่อนเข้าและออกจากท่อได้สะดวก และเพื่อให้ น้ำในบ่อน้ำนิ่งจะมีระดับเท่ากับน้ำในเขื่อน โดยมีการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ (recording staff gage) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้บันทึกระดับน้ำในรูปแบบของกราฟ หรือเรียกว่ากราฟน้ำท่า ประกอบด้วยเครื่องบันทึก นาฬิกา กระดาษกราฟ ลูกตุ้ม ลูกทวน สายหยั่งวัด ฯลฯ (ภาพที่ 3.4)



ภาพที่ 3.3 เครื่องมือบันทึกระดับน้ำแบบอัตโนมัติ (recording staff gage)

3.3 การแปลข้อมูลจากแผนที่

ก่อนดำเนินการสำรวจพื้นที่ศึกษาเพื่อการวางแผนจัดเก็บข้อมูลภาคสนาม รวมทั้งการสร้างแปลงทดลองและเขื่อนวัดน้ำ จำเป็นต้องทำการแปลความหมายในแผนที่เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสำรวจ ได้แก่ ภาพถ่ายทางอากาศ แผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ธรณีวิทยาและแผนที่การใช้ประโยชน์

ที่ดิน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์ลักษณะทางธรณีสัณฐาน ธรณีวิทยาและปฐพีวิทยา ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อใช้ในการอธิบายลักษณะทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำต่อไป

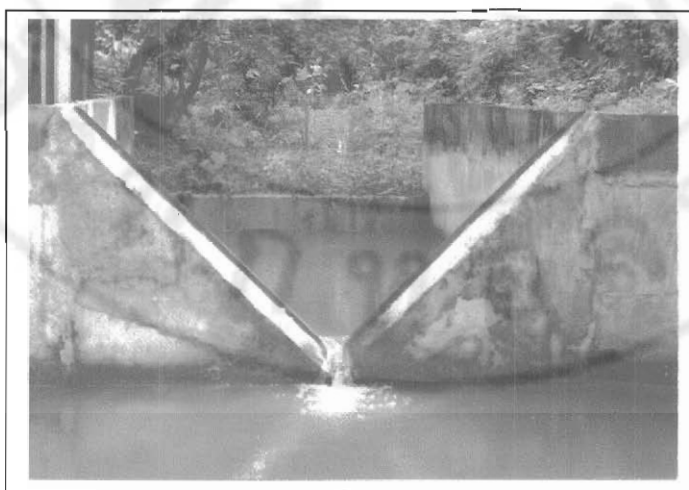
3.4 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

การสำรวจภาคสนามนั้น ดำเนินการเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ที่ใช้ในข้อ 3.3 ซึ่งประกอบด้วยการศึกษาลักษณะทางกายภาพในพื้นที่ศึกษา ลักษณะทางธรณีสัณฐาน โครงสร้างทางธรณี ปฐพีวิทยา และการใช้ที่ดิน ตลอดจนกำหนดจุดสร้างแปลงศึกษานิเวศวิทยาป่าไม้ และเลือกลุ่มน้ำย่อย รวมทั้งเลือกลำธารและตำแหน่งที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ในการสร้างเขื่อนวัดน้ำและติดตั้งเครื่องมือวัดน้ำแบบอัตโนมัติ ตลอดจนการเลือกที่ตั้งสถานีตรวจอากาศบริเวณได้ อ่างเก็บน้ำห้วยใจ และริมอ่างเก็บน้ำห้วยใจ

3.5 การวางแผนและการเก็บข้อมูลภาคสนาม

3.5.1 การตรวจวัดน้ำในลำธาร โครงการวิจัยนี้ได้สร้างเขื่อนวัดน้ำโดยเลือกลำห้วยต้นกอก และลำห้วยมะปราง (ภาพที่ 3.4 และ 3.5) ตำแหน่งของเขื่อนวัดน้ำมีรายละเอียดดังนี้

	ห้วยต้นกอก	ห้วยมะปราง
: พิกัดทางภูมิศาสตร์ของ	E 050688	E 050726
ตำแหน่งเขื่อนวัดน้ำ	N 050688	N 199500
: ขนาดของเขื่อนวัดน้ำ	7x3.25x1.8m	6x3x1.8 m



ภาพที่ 3.4 สถานีวัดน้ำท่า ห้วยต้นกอก



ภาพที่ 3.5 สถานีวัดน้ำท่า ห้วยมะปราง

3.5.2 การวางแผนและจัดเก็บข้อมูลดิน การเก็บตัวอย่างดิน โดยเลือกเก็บตัวอย่างดินตามประเภทป่า ได้แก่ ป่าเต็งรังแคระ ป่าเบญจพรรณ และป่าเบญจพรรณชื้น ทำการเก็บดิน 3 รูปแบบ เพื่อวิเคราะห์สมบัติดังนี้

1) สมบัติทางกายภาพ ใช้วิธีเก็บตัวอย่างแบบคงสภาพ (undisturbed soil sampling) 2 ชุด โดยเก็บตามระดับความลึก ที่ 15 และ 30 เซนติเมตร โดยแต่ละประเภทของป่าได้เลือกเก็บตัวอย่างตามความลาดชันของพื้นที่ เพื่อศึกษาความสามารถในการซึมซับน้ำของดิน และความพรุนของดิน

2) สมบัติทางเคมี โดยวิธีเก็บตัวอย่างดินไม่คงสภาพ (disturbed soil sampling) เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการ ได้แก่ อินทรีย์วัตถุ, ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัสและพอลิแซ็กคาไรด์ และแคลเซียมและแมกนีเซียมและวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพบางประการ ได้แก่ เนื้อดิน, สี, และองค์ประกอบของดิน โดยเก็บบริเวณกึ่งกลางของความลึกของชั้นดิน (soil profile)

3) ศึกษาและวาดภาพเหมือนชั้นดิน (Soil profile) ซึ่งเป็นตัวแทนที่ดีที่สุดของชั้นดินแต่ละชั้นในภาคตัดขวางของดินของป่าแต่ละประเภท

3.5.4 การเก็บตัวอย่างและตรวจวัดคุณภาพน้ำผิวดิน เนื่องจากคุณภาพน้ำนั้นเป็นดัชนีที่แสดงถึงสถานภาพของกลุ่มน้ำ แต่เนื่องจากพื้นที่โครงการอยู่ในสภาพป่าธรรมชาติและอยู่เหนือที่อยู่อาศัยของประชาชน จึงเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจวัดเพียงคุณภาพน้ำทางกายภาพและชีวภาพที่สำคัญบางประการ ซึ่งเป็นดัชนีแสดงความเหมาะสมต่อการอุปโภคบริโภค และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

3.6 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

การวิเคราะห์สมบัติของดิน ทั้งสมบัติทางเคมีของดิน สมบัติทางกายภาพของดิน วิธี
การวิเคราะห์ ดังตารางผนวกที่ 1

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.7.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางภูมิกายภาพ และ ธรณีวิทยา ใช้แผนที่ภูมิประเทศ
1 : 50,000 และแผนที่ธรณีวิทยา 1 : 50,000 ของกรมทรัพยากรธรณี ซึ่งสำรวจโดย ไชยยันต์ (2538)
ประกอบกับการเดินสำรวจภาคสนามและการใช้อุปกรณ์สนามเช่น เครื่องวัดพิกัดทางภูมิศาสตร์
(GPS: Geographic Position System) และเข็มทิศ

3.7.2 การวิเคราะห์ลักษณะทางอุทกวิทยา วิเคราะห์ลักษณะทางอุทกวิทยา ในรูปของ
กราฟน้ำท่าและกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของฝน ปริมาณน้ำรายวัน
และการขึ้นลงของกราฟน้ำท่าและกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า รวมทั้งจุดศูนย์กลางพายุฝนไปถึงจุดที่มี
อัตราการไหลสูงสุด (time lag, t_p) อัตราการไหลสูงสุด (peak flow, q_p) และฐานเวลา (base
length, T) รวมทั้งข้อมูลคุณภาพน้ำ โดยการแบ่งช่วงข้อมูลออกเป็น 2 ช่วงเวลา เพื่อทำการเปรียบเทียบ
เทียบดัชนีอุทกช่วงก่อนและหลังการสร้างคันหินชลอน้ำ โดยมีดัชนีในการวิเคราะห์ดังนี้

1) การวิเคราะห์กราฟน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าที่วัดได้จากเขื่อนวัดน้ำ (120° v-Notch weir) โดยใช้เครื่องวัดน้ำอัตโนมัติ
และไม่วัดระดับน้ำแบบติดผนังถาวร แล้วนำระดับน้ำที่วัดได้มาคำนวณหาปริมาณน้ำจากสูตร

$$Q = 2.56 H^{5/2} \quad \dots (3.1)$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลของน้ำ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร/
วินาที

H = ความสูงของน้ำจากปากเขื่อนรูปตัววี มีหน่วยเป็นเมตร

ปริมาณน้ำในลำธารทั้งหมดคำนวณได้จากผลคูณของค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลของ
น้ำคูณช่วงเวลาที่กำหนด เมื่อนำมาหารด้วยพื้นที่รับน้ำเหนือเขื่อน จะได้ปริมาณน้ำในรูปความสูง
ของน้ำต่อหน่วยพื้นที่ ที่มีหน่วยเป็นเมตร จากนั้นนำมาสร้างกราฟน้ำท่า และทำการแปลความหมาย
ของกราฟ วิเคราะห์ลักษณะการขึ้นของกราฟน้ำท่า ช่วงที่มีปริมาณน้ำสูงสุดของแต่ละลุ่มน้ำ และ
ลักษณะการปลดปล่อยน้ำท่าของลุ่มน้ำ

2) การแยกน้ำใต้ดินออกจากริมาณน้ำท่า การแยกน้ำใต้ดินออกจากริมาณน้ำท่าโดยใช้วิธีการฐานเปลี่ยนแปลง (variable base method) ซึ่งพิจารณาแล้วว่าเป็นวิธีที่เหมาะสม เนื่องจากลำธารที่เป็นจุดตั้งเขื่อนวัดน้ำมีน้ำไหลในลำธารตลอดปี แสดงให้เห็นว่าน้ำในดินสามารถซึมลงสู่ลำธารได้ดีและตลอดปี

3) วิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า โดยมีกฎเกณฑ์และสมมติฐานของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ดังนี้

(1) ปริมาณน้ำฝนสุทธิมีความแรงสม่ำเสมอและเกิดจากพายุฝนที่ตกทั่วพื้นที่ลุ่มน้ำ
(2) ปริมาตรของน้ำฝนสุทธิเท่ากับปริมาตรน้ำท่า (direct runoff)
(3) พิจารณาในพื้นที่ลุ่มน้ำเดียวกันและปริมาณน้ำฝนสุทธิที่มีช่วงเวลา (duration) เท่ากัน ถึงแม้ว่าความแรงของฝนจะต่างกัน ปริมาณน้ำฝนแต่ละพายุฝนจะทำให้เกิดกราฟน้ำท่าที่มีระยะเวลาที่ฐานเท่ากัน (time base)

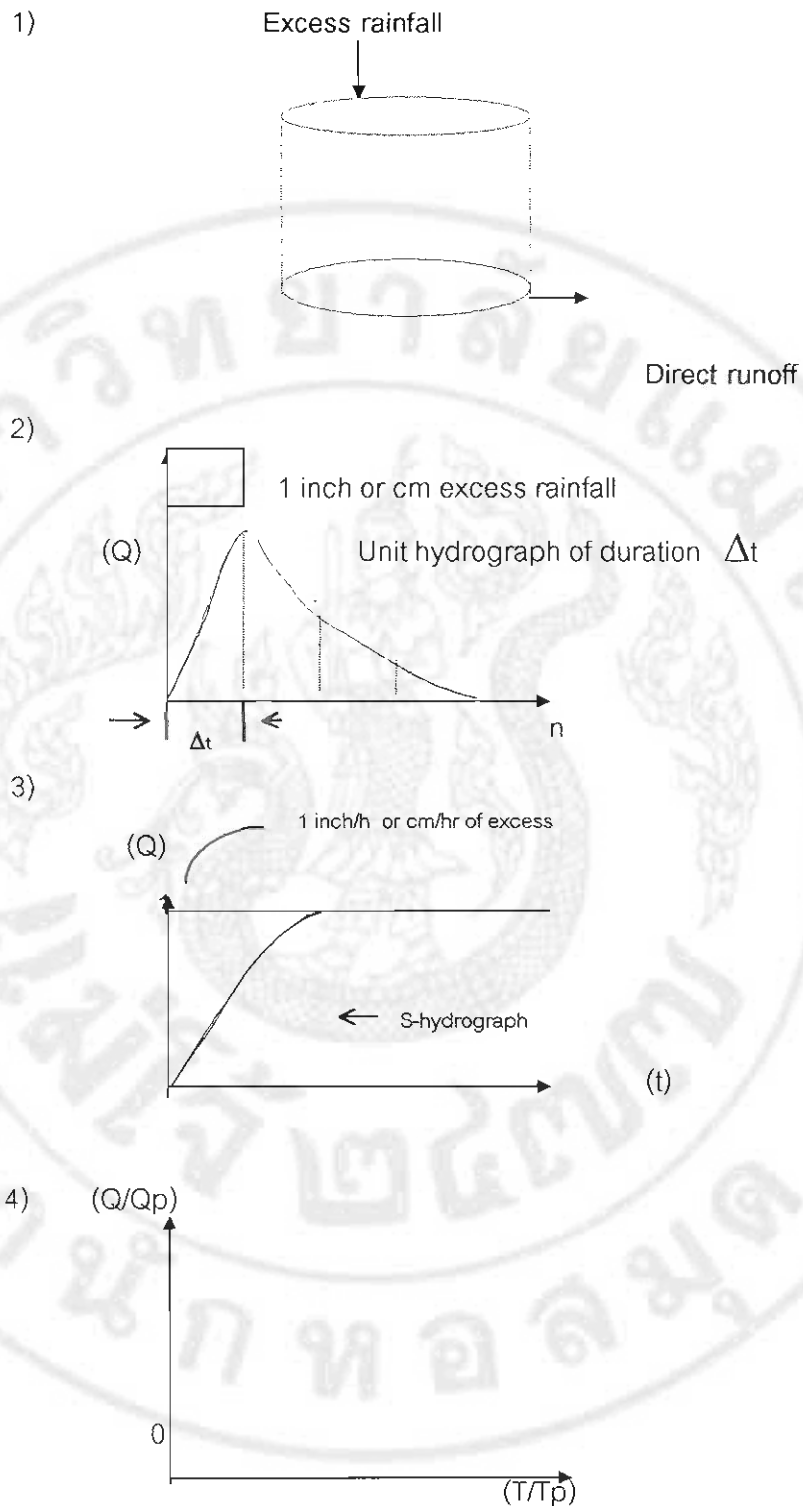
(4) พิจารณากราฟน้ำท่าที่เกิดจากปริมาณน้ำฝนสุทธิที่มีช่วงเวลาเท่ากันและพื้นที่เดียวกัน อัตราส่วนของอัตราการไหลที่เวลากำหนดให้ต่อความแรงของฝน จะมีค่าเท่ากัน ถ้าความแรงของฝน i ทำให้เกิดอัตราการไหล ณ เวลา t เท่ากับปริมาณน้ำ p ฉะนั้น ความแรงของฝนที่ ni ย่อมทำให้เกิดอัตราการไหล ณ เวลา t เท่ากับ np หรือจะกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่า อัตราการไหลที่เวลาใดๆ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณน้ำฝนสุทธิ

(5) กราฟน้ำท่าที่เกิดจากปริมาณน้ำฝนสุทธิมากกว่าหนึ่งพายุฝน เป็นผลรวมของกราฟน้ำท่าที่เกิดจากปริมาณน้ำฝนสุทธิแต่ละพายุฝนรวมกันตลอดเวลา

(6) ข้อกำหนดในการสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ลักษณะของพายุฝนที่จะใช้คำนวณปริมาณน้ำท่า direct runoff โดยใช้กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ที่มีลักษณะคล้ายพายุฝนที่ใช้หากราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าเท่านั้น

4) วิธีการสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (derivation of the unit hydrograph)

ในการหากราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ใช้ข้อมูลของกราฟน้ำท่ารวมและน้ำฝนที่ทำให้เกิดกราฟน้ำท่าในช่วงเวลาเดียวกัน กราฟน้ำท่าได้จากการวัดอัตราการไหลอย่างต่อเนื่องของสถานีวัดน้ำ ต้องเลือกกราฟน้ำท่าให้ได้ตามข้อกำหนดหรือกฎเกณฑ์ที่กล่าวมาข้างต้น โดยขั้นตอนในการหากราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าพอสรุปได้ดังนี้ (ภาพที่ 3.6)



ภาพที่ 3.6 Process of unit hydrograph analysis

ขั้นตอนที่ 1 แยกน้ำไหลใต้ดิน (base flow) ออกจากน้ำในลำธารเพื่อหากราฟน้ำไหลบ่า

หน้าดิน

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน (excess rainfall) จากปริมาณน้ำฝนทั้งหมดที่ทำให้เกิดกราฟน้ำท่ารวม

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณความแรงเฉลี่ยและช่วงเวลาที่เกิดปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน

ขั้นตอนที่ 4 ทำการตรวจสอบปริมาณน้ำฝนสุทธิและปริมาณของน้ำไหลบ่า ค่าทั้งสองควรจะเท่ากัน ถ้าไม่เท่ากันต้องมีการปรับค่าใดค่าหนึ่ง

ขั้นตอนที่ 5 นำปริมาตรทั้งหมดของน้ำไหลบ่า หารด้วยพื้นที่ของลุ่มน้ำเพื่อทำให้เป็นความลึกของน้ำฝนที่ตกลงสู่ลุ่มน้ำ และเทียบให้เป็น 1 หน่วย จากนั้นนำไปหารความสูง ทุกตัวของกราฟน้ำท่าของน้ำไหลบ่า จะได้ความสูงของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่มีช่วงเวลาเท่ากับ น้ำไหลบ่าของปริมาณน้ำฝนสุทธิ

จากนั้นหากราฟหนึ่งหน่วยจากกราฟน้ำท่าหลายๆ ลูก โดยทำการเฉลี่ยกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่มีช่วงเวลาเท่ากัน การเฉลี่ยความสูงตามเวลาเป็นวิธีที่ผิด เพราะจะได้อัตราการไหลสูงสุดต่ำกว่าค่าที่ควรจะเป็น เนื่องจากอัตราการไหลสูงสุดไม่ได้เกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน ต้องทำการเฉลี่ยอัตราการไหลสูงสุด และเวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุด นำไป plot ลงในกระดาษกราฟจะได้จุดยอดของกราฟหนึ่งหน่วยเฉลี่ย ต่อจากนั้นลากเส้นเฉลี่ยผ่านจุดดังกล่าวโดยสังเกตจากกลุ่มของกราฟหนึ่งหน่วยที่มีอยู่เป็นหลัก ทำการตรวจสอบปริมาตรของน้ำไหลบ่า ถ้าไม่เท่ากับ 1 หน่วย ให้ทำการปรับค่า Ordinate ของกราฟหนึ่งหน่วยเฉลี่ยเพื่อให้ได้ปริมาตรเท่ากับ 1 หน่วย

3.8 การศึกษาทางด้านพืชพรรณ

พื้นที่ในลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยไผ่ประกอบไปด้วยสังคมป่า 4 ชนิด คือป่าเบญจพรรณ ป่าเบญจพรรณชั้นต่ำ ป่าเต็งรังแคระและป่าเต็งรังพัฒนา ซึ่งขึ้นอยู่บนสภาพทางกายภาพและลักษณะทางภูมิประเทศที่มีความแตกต่างกัน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องสร้างแปลงศึกษาพืชพรรณเพื่อเป็นตัวแทนของสังคมป่าไว้ 4 แปลง ภายใต้วัตถุประสงค์ความสัมพันธ์ระหว่างพืชพรรณและลักษณะอุทกวิทยาและ อิทธิพลของฝายกั้นน้ำต่อการพัฒนาสังคมพืชทั้ง 4 ประเภทป่า

3.8.1 การสำรวจพื้นที่ป่า ในพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยไผ่ตอนบนประกอบด้วยสังคมป่า 2 ประเภทคือป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ และเนื่องจากความหลากหลายของสภาพภูมิกายภาพ สังคมป่าทั้งสองจึงถูกแยกออกเป็น 3 สังคมป่าย่อย ได้แก่ ป่าเต็งรัง ส่วนป่าเบญจพรรณจำแนกเป็นป่าเบญจพรรณชั้นสูง และป่าเบญจพรรณ จากนั้นเริ่มจากการสำรวจและวางขอบเขตและตำแหน่งของป่าแต่ละชนิด โดยพิจารณาพื้นที่เป็นตัวแทนที่ดีของป่าแต่ละชนิดนั้นมีอาณาเขตกว้างขวางเพียง

พอกับการสร้างแปลงเก็บข้อมูลถาวร โดยเลือกบริเวณที่มีการรบกวนจากชาวบ้านน้อยที่สุด เช่น บริเวณที่ไม่มีเส้นทางเดินในป่า หรือพื้นที่ป่าที่ห่างไกลหมู่บ้าน และอยู่ใกล้กับคันหินชลประทาน

3.8.2 การวางแผนแปลงตัวอย่าง : การวางแผนแปลงตัวอย่างการรูปลี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 50x50 เมตร (0.25 เฮกตาร์) พร้อมทั้งกำหนดหลักที่ชัดเจน จำนวน 1 แปลงแล้วแบ่งแปลงย่อยขนาด 10x10 เมตร ได้จำนวน 25 แปลง วางแปลง 4x4 เมตร และแปลง 1x1 เมตร (ภาพที่ 3.7)

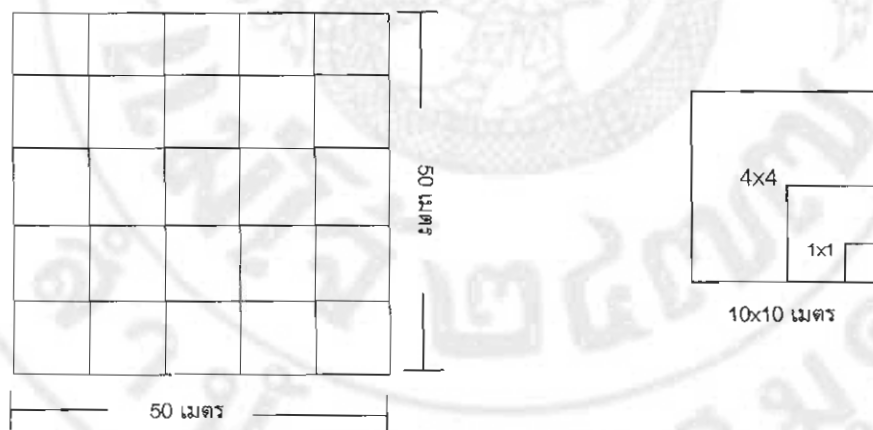
1) ในแปลงตัวอย่างทำการบันทึกรายละเอียดของไม้ยืนต้นซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ชนิดพันธุ์ไม้ดังนี้

ก. ไม้ใหญ่ คือไม้ที่มีขนาดสูงกว่า 130 เซนติเมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลางหรือ DBH. ตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตร ขึ้นไป ในแปลง 10x10 เมตร

ข. ไม้รุ่น คือไม้ที่มีขนาดสูงมากกว่า 130 เซนติเมตร และมี DBH. น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร

ค. กล้าไม้ ได้แก่ไม้ใหญ่ทุกชนิดที่มีขนาดความสูงน้อยกว่า 130 เซนติเมตรในแปลง 1x1 เมตร

ง. ไม้พุ่ม ไม้เลื้อย ไม้ หวาย หญ้าและไม้ล้มลุกอื่นๆ



ภาพที่ 3.7 การวางแผนศึกษาพืชพรรณ

จากนั้นติดแถบหมายเลขลงบนต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกมากกว่า 4.5 เซนติเมตร ขึ้นไปไม่รวมเถาวัลย์ (woody climbers) ที่อยู่ในแปลงย่อยโดยใช้แถบสังกะสีที่มีตัวเลขเรียงตามลำดับ การติดแถบจะติดที่ระดับความสูงของต้นไม้ที่ 1.30 เมตรพอดี ยกเว้นไม้ตาย (standing dead)

3.8.3 การศึกษาโครงสร้างของป่า ความหนาแน่นของพรรณไม้ ชนิดของไม้เด่น ความ

หนาแน่นของลูกไม้และกล้าไม้ ชนิดและจำนวนของไม้พื้นล่างของป่าทั้ง 3 ประเภท ดังกล่าวข้างต้น

1) การเก็บข้อมูลในแปลงตัวอย่าง : วัดต้นไม้ในแปลงขนาด 50 x 50 เมตร วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ของต้นไม้ที่มีเบอร์ติดไว้แล้วโดยใช้ diameter tape สำหรับต้นไม้ที่มี DBH มากกว่า 4.5 เซนติเมตร และใช้ caliper สำหรับต้นไม้ที่มี DBH ต่ำกว่า 4.5 เซนติเมตร ในการใช้ caliper ทำการวัด 2 ครั้งอ่านเป็นค่าเฉลี่ย สำหรับต้นไม้ที่ไม่มีพูพอน (buttresses) โดยวัดขนาดความโตที่ระดับสูงกว่า 1.30 เมตร การวัดความสูงของต้นไม้ที่ติดแถบหมายเลขไว้แล้ว โดยวัดความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (H) และวัดความสูงถึงกิ่งสัดกิ่งแรก (H_b) โดยใช้ Haga altimeter หรือหากต้นไม้สูงไม่มากนัก (ต่ำกว่า 10 เมตร) ก็จะใช้ไม้ยาวผูกกับปลายเทปแล้ววัดความสูง สำหรับแปลงขนาด 5 x 5 ตารางเมตร (ภาพที่ 3.2) สำหรับต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอกต่ำกว่า 4.50 เซนติเมตรลงมา แต่สูงถึง 1.30 เมตรทุกต้น ซึ่งได้แก่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่มีความสูงเพียงอก (DBH หรือ D) โดยใช้ diameter tape

2) บันทึกชื่อพรรณไม้ทุกต้นพร้อมกับการวัดความโตและความสูงโดยบันทึกเป็นชื่อพื้นเมือง (Veonacular names) แล้วจึงนำไปหาชื่อวิทยาศาสตร์ โดยเทียบจากรายชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทยซึ่งรวบรวมโดยกรมป่าไม้ บันทึกตำแหน่งของต้นไม้ในแปลงตัวอย่าง 40x40 ตารางเมตร พร้อมกับขนาดและรูปทรงการปกคลุมของเรือนยอดลงในกระดาษกราฟ

3) ขนาดของเรือนยอด วัดขนาดของทรงพุ่มหรือเรือนยอดโดยวัดความสูงจากระดับผิวดินถึงกิ่งแรกที่มีชีวิต แล้วนำไปคำนวณความหนาแน่นของทรงพุ่ม และวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงพุ่มเฉลี่ยของต้นไม้

4) โครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมป่า นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาการเจริญเติบโตและขนาดของทรงพุ่ม จำนวนต้นต่อพื้นที่ของต้นไม้ในแต่ละแปลงมาใช้ในการเขียนแสดงลักษณะโครงสร้างในแนวดิ่งและแนวระดับ

3.8.4 วิธีการวิเคราะห์ด้านพืชพรรณ

วิธีการศึกษาถึงลักษณะนิเวศป่าไม้ในส่วนเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของชนิดพรรณไม้ (specie component) ความหนาแน่น (density) การปกคลุมของเรือนยอดไม้ตามแนวพื้นราบ (crown cover) สภาพการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติ (regeneration) โดยการทำการสำรวจ (sample plot) ทรัพยากรป่าไม้ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจถึงคุณลักษณะของสังคมพืชในพื้นที่โครงการ ในเชิงปริมาณ (quantitative characteristics) และคุณภาพ (qualitative characteristics)

3.8.5 การศึกษาลักษณะนิเวศวิทยาป่าไม้

1) เตรียมบัญชีรายชื่อชนิดของพรรณไม้ (presence list) ที่สมบูรณ์ซึ่งปรากฏอยู่ในสังคมหรือหมู่ไม้

2) ความหนาแน่น (density = D) คือจำนวนต้นไม้อัตโนมัติทั้งหมดของชนิดพันธุ์ที่กำหนดที่ปรากฏต่อหน่วยพื้นที่ที่ทำการสำรวจ

$$D = \frac{\text{จำนวนต้นไม้อัตโนมัติทั้งหมดของชนิดพันธุ์ที่กำหนดที่ปรากฏในแปลงสำรวจ}}{\text{พื้นที่ทั้งหมดของแปลง}}$$

3) พื้นที่เฉลี่ย (mean area = M) คือพื้นที่เฉลี่ยต่อต้นของชนิดไม้ที่กำหนด

$$M = \frac{\text{พื้นที่ทั้งหมดที่ทำการสำรวจ}}{\text{จำนวนต้นไม้ทั้งหมดที่ปรากฏ}} = \frac{1}{D}$$

4) ความถี่ (frequency = F) หมายถึง อัตราร้อยละของจำนวนแปลงตัวอย่างที่ปรากฏพันธุ์ไม้ชนิดนั้นต่อจำนวนแปลงที่ทำการสำรวจ

$$F = \frac{(\text{จำนวนตัวอย่างที่ชนิดไม้ชนิดนั้นปรากฏ} \times 100)}{\text{จำนวนแปลงตัวอย่างทั้งหมดที่สำรวจ}}$$

5) ความมากมาย (abundance = A) คือ จำนวนต้นไม้อัตโนมัติที่กำหนดทั้งหมดต่อจำนวนแปลงตัวอย่างที่ชนิดไม้ชนิดนั้นปรากฏ

$$A = \frac{\text{จำนวนต้นไม้อัตโนมัติทั้งหมดที่พบในแปลงตัวอย่าง}}{\text{จำนวนแปลงตัวอย่างที่ต้นไม้อัตโนมัติชนิดนั้นปรากฏ}}$$

6) ความเด่น (dominance = D) ความเด่นในด้านการคลุมพื้นที่ (cover = C) คือ พื้นที่ที่ปกคลุมหรือยึดครองโดยพันธุ์พืชชนิดนั้นต่อพื้นที่ทั้งหมดที่ทำการสำรวจ (นิยมวัดเป็นร้อยละ)

$$C = \frac{\text{พื้นที่ยึดครองโดยพันธุ์พืช}}{\text{พื้นที่ทั้งหมดที่ทำการสังเกต}} \times 100 \%$$

7) ความสัมพันธ์ด้านความถี่ของชนิดไม้ (relative frequency = RF) คือ ค่าความสัมพันธ์ของความถี่ของชนิดไม้ที่ต้องการต่อค่าความถี่ทั้งหมดของไม้ทุกชนิดในสังคม คิดเป็นร้อยละ

$$RF_A = \frac{(\text{ความถี่ของชนิดไม้ } A)}{\text{ความถี่ของไม้ทุกชนิดในสังคม}} \times 100 \%$$

8) ความสัมพันธ์ด้านความหนาแน่น (relative density = RD) คือค่าความสัมพันธ์ของความหนาแน่นของไม้ที่ต้องการต่อค่าความหนาแน่นของไม้ทุกชนิดในสังคม นิยมคิดเป็นร้อยละ

$$RD_A = \frac{\text{ความหนาแน่นของชนิดไม้ A}}{\text{ความหนาแน่นของไม้ทุกชนิดในสังคม}} \times 100 \%$$

9) ความสัมพันธ์ด้านความเด่น (relative dominance = RD) คือค่าความสัมพันธ์ของความเด่นในรูปหนึ่งรูปใด (พื้นที่ปกคลุม พื้นที่หน้าตัดหรือมวลชีวภาพ) ของไม้ชนิดที่กำหนดต่อความเด่นรวมของไม้ทุกชนิดในสังคม นิยมวัดเป็นร้อยละ

$$FD_A = \frac{\text{ความเด่นของชนิดไม้ A}}{\text{ความเด่นของไม้ทุกชนิดในสังคม}} \times 100 \%$$

10) ความสำคัญของชนิดไม้ (importance value = IV) คือ ผลรวมของค่าความสัมพันธ์ต่าง ๆ ของชนิดพันธุ์ไม้นั้นในสังคม นิยมใช้ค่าความสัมพันธ์ด้านความถี่ ความหนาแน่นและความเด่นรวมกัน

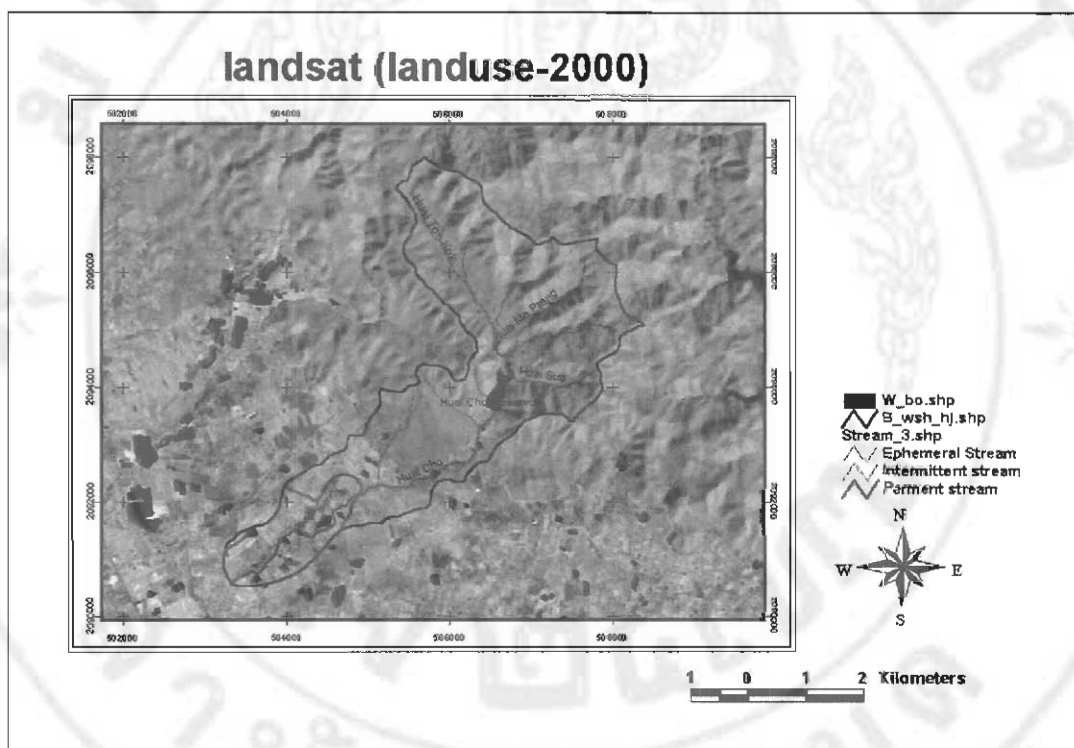
$$IV_A = RF_A + FD_A + RD_A$$

3.8.6 การวิเคราะห์เปรียบเทียบดัชนีทางนิเวศวิทยาป่าไม้ข้างต้น ก่อนและหลังมีคันหินชลอน้ำ

บทที่ 4. ผลการศึกษาวิจัย

4.1 ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ห้วยไฉ้เป็นลุ่มน้ำเชิงเขาขนาดเล็กที่วางตัวบริเวณภูเขาส่วนนอก รอบแนวภูเขาสูงของเทือกเขาขุนตาลซึ่งอยู่ทางทิศตะวันออกของแอ่งสะสมตะกอนเชิงใหม่ ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 17.58 ตารางกิโลเมตร ห่างจากมหาวิทยาลัยแม่โจ้ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 2 กิโลเมตร มีรูปร่างเรียวยาว (elongated shape) วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ อยู่ห่างจากตัวเมืองเชียงใหม่ประมาณ 21 กิโลเมตร (ภาพที่ 4.1)



ภาพที่ 4.1 ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยไฉ้

ที่มา: ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat (2542)

ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยไฉ้อยู่ในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าสันทราย ภายใต้โครงการอนุรักษ์ศึกษาและพัฒนาป่าไม้ ป่าบ้านโป่ง ตามพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ให้อนุรักษ์ป่าต้นน้ำห้วยไฉ้ โดยมีพระราชกระแสรับสั่งแก่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เมื่อวันที่ 2 มีนาคม 2521 ให้มหาวิทยาลัยศึกษาแนวทางวิชาการเพื่ออนุรักษ์ ศึกษาและพัฒนาพื้นที่ป่าต้นน้ำห้วยไฉ้และพื้นที่

ลุ่มน้ำใกล้เคียง ตลอดจนการพัฒนาแหล่งน้ำ โดยมีพระราชดำรัสให้สร้างอ่างเก็บน้ำห้วยใจที่มีขนาดความจุ 1.2 ล้านลูกบาศก์เมตร เพื่อการเพาะปลูกในฤดูแล้งและส่งน้ำไปช่วยเหลือราษฎรในลุ่มน้ำห้วยฮักและลุ่มน้ำห้วยเฮี้ย รวมทั้งจัดการส่งเสริมอาชีพและการบริการให้คำแนะนำด้านการเพาะปลูก และให้ความรู้แก่ราษฎรให้รู้คุณค่าของทรัพยากรป่าไม้ จากโครงการพระราชดำริดังกล่าว โดยการสนับสนุนของกรมป่าไม้ ได้มอบพื้นที่ป่าบริเวณได้อ่างเก็บน้ำห้วยใจ 3,686 ไร่ และพื้นที่ป่าเหนืออ่างเก็บน้ำห้วยใจ ให้แก่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ดูแลรับผิดชอบ เพื่อการอนุรักษ์และศึกษาวิจัยทางนิเวศวิทยา โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการศึกษาวิจัยทางธรรมชาติอย่างแท้จริง และมีเงื่อนไขว่า การศึกษาวิจัยนั้นต้องไม่รบกวนสภาพป่าธรรมชาติหรือให้เกิดน้อยที่สุด

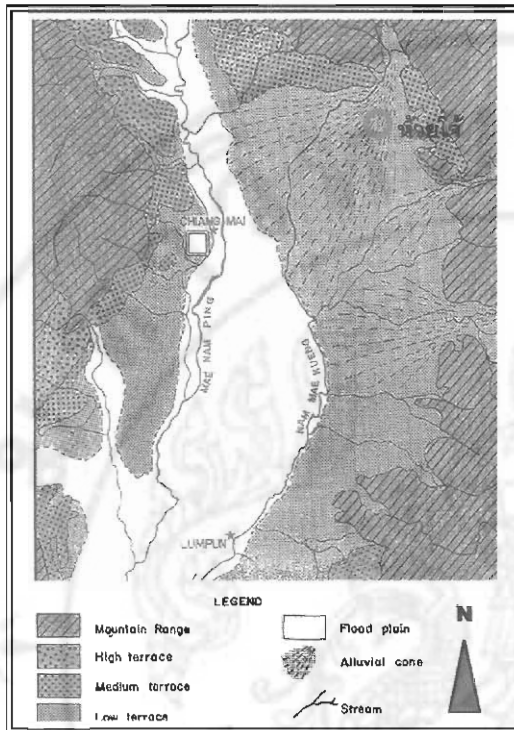
4.1.1 ลักษณะธรณีสัณฐาน

ผลการแปลภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียม ปี พ.ศ. 2542 การแปลความหมายแผนที่ภูมิประเทศและแผนที่ธรณี ประกอบการสำรวจภาคสนาม สามารถสรุปได้ว่าแอ่งสะสมตะกอนเฉียงใหม่อาจเกิดจากรอยเลื่อน จากการทรุดตัวลงไปเป็นแอ่งในช่วงตอนกลางถึงตอนปลาย (post-middle) ของยุคไมโอซีน (Miocene) อันเนื่องมาจากการแปรสัณฐานทางธรณีในช่วงเวลาที่มีการเชื่อมกันระหว่างภาคพื้นทวีปอินเดียและยูเรเชีย ทำให้บริเวณคาบสมุทรมาลายูหมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา จึงเกิดความเค้นดึงในแนวตะวันออก-ตะวันตก ซึ่งมีผลทำให้เกิดการทรุดตัวเป็นแอ่งในแนวเหนือ-ใต้ และคาดว่าจะมีความเค้นกระทำบนเปลือกโลกครั้งหลังสุดอีกครั้งหนึ่งมีผลทำให้เกิดการหมุนทวนเข็มนาฬิกาของคาบสมุทรมาลายูทำให้เกิดโครงสร้างรอยเลื่อนในบริเวณแอ่งสะสมตะกอนดังกล่าว เช่นเกิดการทรุดตัว ยกตัว และชั้นหินคดโค้ง บริเวณขอบแอ่งสะสมตะกอนเดิม ซึ่งตรงกับการศึกษาของ Vella (1983), Chuaviroj (1991), Bunopus และ Vella (1992)

แอ่งสะสมตะกอนเฉียงใหม่มีลักษณะเป็นแอ่งทรุด (graben) และแอ่งกึ่งทรุด (half graben) ที่เกิดจากรอยเลื่อนในแนวเหนือ-ใต้ และรอยเลื่อนในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ประกอบด้วยตะกอนขนาดกรวดและทรายยุคเทอร์เชียรี ซ้อนทับด้วยตะกอนน้ำพายุควอเทอร์นารี ดังนั้นจึงพบตะกอนยุคเทอร์เชียรีรองรับอยู่ด้านล่างของตะกอนน้ำพา (ขนาดหยาบ) ยุคควอเทอร์นารีในพื้นที่สูง และตะกอนน้ำพา (ขนาดละเอียด) ยุคควอเทอร์นารีทับถมในบริเวณตะพักที่ต่ำและที่ราบน้ำท่วมถึง (Chumthaison, 1971; Kaewnara, 1985)

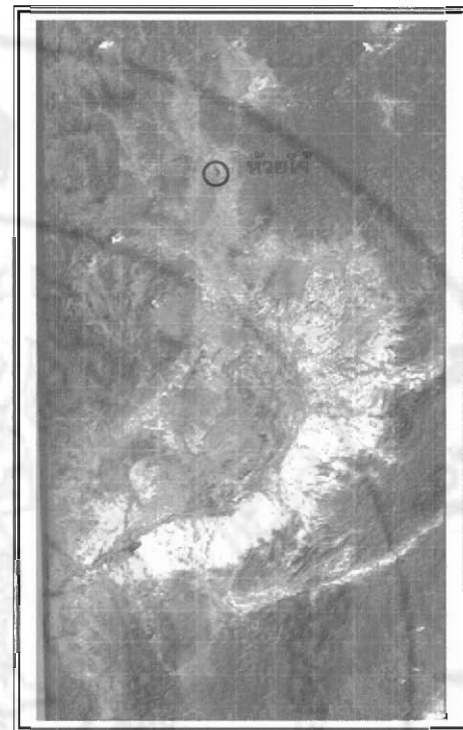
สภาพธรณีวิทยาบริเวณแอ่งสะสมตะกอนเฉียงใหม่ ประกอบด้วยหินแกรนิตและหินไนส์ ซึ่งเป็นแกนหลักของเทือกเขาถนนธงชัยตะวันออก ด้านเทือกเขาขุนตาลประกอบด้วยหินแกรนิต และหินควอร์ตไซต์ เป็นแกนหลัก หินที่กระจายอยู่รอบนอกของเทือกเขาทั้งสองได้แก่ หิน

ดินดาน หินทราย หินปูน ตะกอนบริเวณเชิงเขาและที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง ดังแสดงแผนที่ธรณีวิทยา บริเวณแอ่งสะสมตะกอนเชิงใหม่ในภาพที่ 4.2 และ 4.3 รายละเอียดของการลำดับชั้นหินตั้งแต่ อายุมากที่สุดถึงน้อยมีดังนี้



ภาพที่ 4.2 ธรณีสัณฐานแอ่งเชียงใหม่

ที่มา : Chuamthaison (1971)



ภาพที่ 4.3 ภาพถ่ายดาวเทียม แอ่ง
เชียงใหม่

ที่มา : LANDSAT 5-4-3 (2540)

1) หินยุคพรีแคมเบรียน (**Precambrian Rocks**) หินยุคพรีแคมเบรียนปรากฏบริเวณยอดเขาทางทิศตะวันตกของแอ่งเชียงใหม่ หรือบริเวณแนวเทือกเขาที่เป็นแกนหลักของเทือกเขาถนนธงชัยตะวันออก ประกอบด้วย หินพาราไนส์ และ ออโรไนส์ เป็นส่วนใหญ่ บางบริเวณเป็นไบโอไทต์-ซิลิมาไนต์ชีสต์ ไมกาชีสต์ และหินแคลคซิลิเกต

2) หินยุคออร์โดวิเชียน (**Ordovician Rocks**) หินยุคออร์โดวิเชียนปรากฏแทรกกระจายเฉพาะบางบริเวณของเทือกเขาถนนธงชัยตะวันออก ประกอบด้วยหินปูนสีเทาเข้ม

3) หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน (**Silurian-Devonian Rocks**) หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียนปรากฏแทรกกระจายเฉพาะบางบริเวณในแนวแกนของเทือกเขาถนนธงชัยตะวันออก แต่

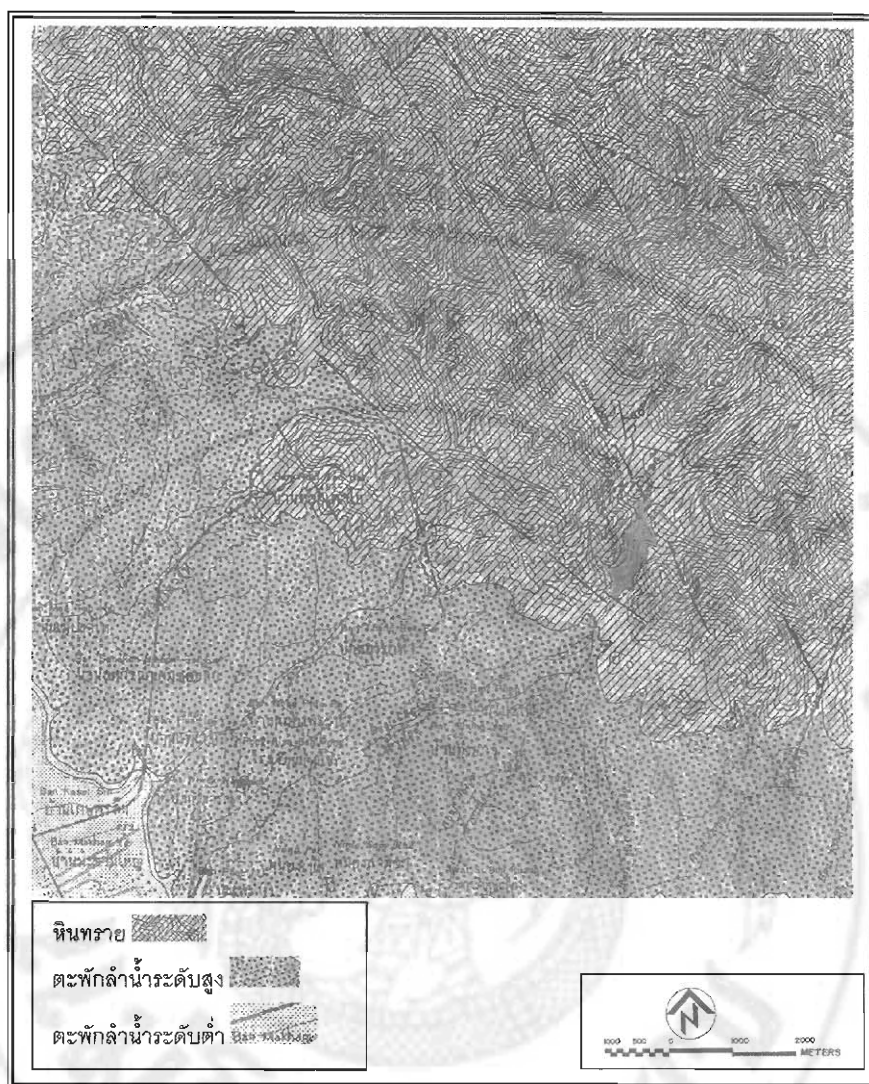
ปรากฏเป็นแกนหลักด้านทิศเหนือและด้านทิศใต้ของเทือกเขาขุนตาล ประกอบด้วยหินดินดาน หินควอร์ตไซต์ และหินโคลนปนกรวด

4) **หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous Rocks)** หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส ปรากฏกระจายโดยรอบแนวแกนของเทือกเขาถนนธงชัยตะวันออกและเทือกเขาขุนตาล ประกอบด้วยหินดินดาน หินทราย และหินทรายปนควอร์ตไซต์

5) **หินยุคเพอร์เมียน (Permian Rocks)** หินยุคเพอร์เมียนปรากฏกระจายเฉพาะบางบริเวณโดยรอบเทือกเขาขุนตาล ประกอบด้วยหินปูนสีเทาอ่อน

6) **ตะกอนยุคควอเทอร์นารี (Quaternary Sediments)** ตะกอนยุคควอเทอร์นารีปรากฏกระจายบริเวณเชิงเขาขอบแอ่งเจียงใหม่ของเทือกเขาทั้งสองด้าน ประกอบด้วยก้อนหิน มน กรวดมน ทรายหยาบ ทรายละเอียด และดินเหนียว ปะปนกันเป็นตะกอนที่ทับถมบริเวณเชิงเขา ตะกอนน้ำระดับสูง และตะกอนน้ำระดับต่ำ ต่อจากแนวตะกอนน้ำ เป็นตะกอนยุคควอเทอร์นารีที่มีระดับสูงกว่าบริเวณน้ำท่วมถึง ประกอบด้วยทรายหยาบ ทรายละเอียดและตะกอนบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง ซึ่งประกอบด้วย ทรายละเอียดสลับชั้นกับดินเหนียว

ธรณีวิทยาของกลุ่มน้ำห้วยใจประกอบด้วยหินทรายปนควอร์ตไซต์ (quartzitic sandstone) และหินทรายปนเฟลด์สปาร์ (feldspartic sandstone) แทรกสลับกับหินดินดานของหินชุดแม่ทายุคคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous Mae Tha Groups) ซ้อนทับอย่างไม่ต่อเนื่องบนหินดินดานยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน (Silurian - Devonian Shale) มีรอยเลื่อนทุดตัว (block faults) ปรากฏในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้บริเวณปลายความลาดชันของภูเขา (ภาพที่ 4.4) หุบเขาเล็กๆ ในกลุ่มภูเขาสวนนอกรอบเทือกเขาขุนตาลนี้มีห้วยต้นกอกซึ่งเกิดจากรอยเลื่อน และเป็นทางน้ำสาขาของห้วยใจวางตัวในแนวเฉียงเหนือของตะวันตกเฉียงเหนือและเฉียงใต้ของตะวันตกเฉียงใต้ (NNW-SSE) ซึ่งมีทิศทางในแนวเดียวกันกับรอยเลื่อนอื่นๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กวัง ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Sukwattananunt และ Assuapatchara (1992) และ Hinthong (1993)



ภาพที่ 4.4 ลักษณะธรณีสัณฐานของลุ่มน้ำเชิงเขา ห้วยไจ้

ที่มา: กรมทรัพยากรธรณี (2538)

ธรณีสัณฐานบริเวณลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยไจ้ประกอบด้วยพื้นที่ภูเขา (mountainous area) ตะพักลำนํ้าระดับสูง (high terrace) ตะพักลำนํ้าระดับต่ำ (low terrace) และ ที่ราบน้ำท่วมถึง (floodplain) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Thanadpipat และคณะ (1982) และ Thanadpipat และคณะ (1989) ดังรายละเอียด

1) **ตะพักลำนํ้าระดับสูง (high terrace)** ตะพักลำนํ้าระดับสูงปรากฏเป็นแนวยาวบริเวณขอบของแอ่งสะสมตะกอน ส่วนใหญ่ประกอบด้วยก้อนกรวด (gravel) และทราย (sand) มีขนาดไม่สม่ำเสมอ มีรูปร่าง ค่อนข้างกลม (subrounded) ถึงกลม (rounded) ก้อนหินมนใหญ่ (boulder) และก้อนกรวด (gravel) ซึ่งพัฒนามาจากการสลายตัวและการพังทลายของ

หินทราย (sandstone) หินควอร์ตไซต์ (quartzite) ที่มีชั้นหินดินดาน (shale) บางๆ แทรกอยู่ ตะกอนหน่วยนี้มีปริมาณดินเหนียวเพียงเล็กน้อย

2) ตะพักลำนํ้าระดับต่ำ (low terrace) ตะพักลำนํ้าระดับต่ำปรากฏเป็นแนวยาวระหว่างตะพักลำนํ้าระดับสูง (high terrace) และพื้นที่ราบนํ้าท่วมถึง ตะกอนหน่วยนี้มีขนาดอนุภาคละเอียดเป็นส่วนใหญ่ประกอบด้วยแร่ดินเหนียวเคลอิไนต์ (Kaolinitic clay) แทรกด้วยทรายและก้อนกรวดรูปร่างของก้อนกรวดเป็นเหลี่ยม (angular) ถึงค่อนข้างเหลี่ยม (subangular) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์ (quartz)

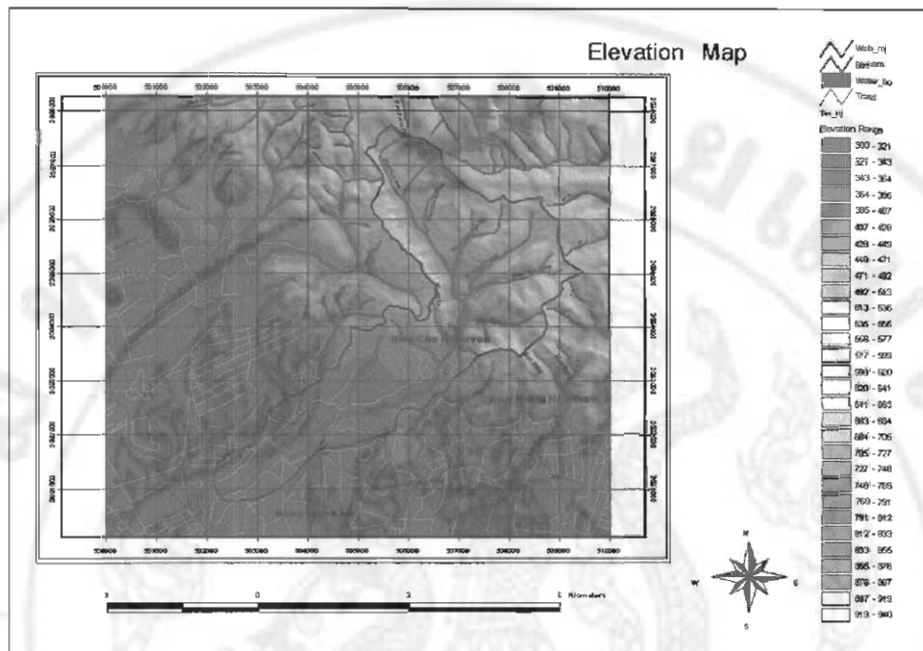
3) ที่ราบนํ้าท่วมถึง (floodplain) ที่ราบนํ้าท่วมถึงเป็นพื้นที่ส่วนน้อยของพื้นที่ต่ำตอนล่างต่อจากตะพักลำนํ้าระดับต่ำ (low terrace) เกิดขึ้นเนื่องจากสิ่งทับถมธารนํ้าพา (fluvial deposition) โดยลำนํ้าสายหลักของแอ่งสะสมตะกอนเชียงใหม่ (แม่น้ำปิง) ที่ราบนํ้าท่วมถึงประกอบด้วยตะกอนนํ้าพา (alluvial sediments) ซึ่งเป็นทรายละเอียดที่มีการคัดขนาดอย่างดี สลับชั้นกับดินเหนียวหนาประมาณ 2-3 เมตร ความหนาของการตกตะกอนนี้ประมาณ 4 เมตร

3.1.2 ลักษณะภูมิสัณฐานของกลุ่มน้ำ

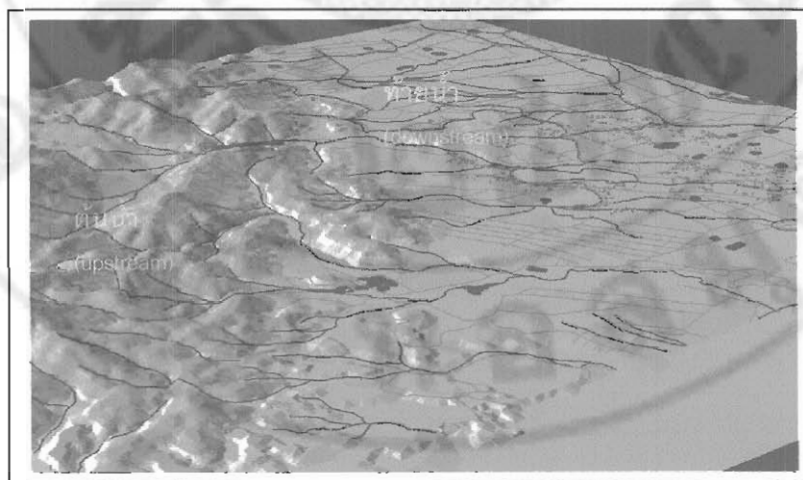
การศึกษาลักษณะภูมิสัณฐานของกลุ่มน้ำโดยการตรวจวัดจากแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ประกอบด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำ ความลาดชันและความยาวของลุ่มน้ำ ความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ ทิศด้านลาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ ความหนาแน่นของการระบายน้ำ รูปทรงและรูปร่างของลุ่มน้ำ โดยสรุปได้ว่า ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจมีรูปร่างเรียวยาวและหักงอคล้ายบูเมอแรง ครอบคลุมพื้นที่ 17.58 ตารางกิโลเมตร ตำแหน่งละติจูด 18 องศา 54 ลิปดาเหนือ ถึง 18 องศา 59 ลิปดาเหนือ และลองจิจูด 99 องศา 00 ลิปดาตะวันออก ถึง 99 องศา 06 ลิปดา ตะวันออก ดังภาพที่ 4.5 – 4.6

เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ มีลักษณะเฉพาะซึ่งแตกต่างจากพื้นที่ลุ่มน้ำที่สูงตอนบนและลุ่มน้ำที่สูงตอนกลาง กล่าวคือ ลุ่มน้ำเชิงเขาเป็นพื้นที่รับน้ำที่อยู่ในกลุ่มภูเขารอบนอกของแนวเทือกเขา จึงมีความสูงและความลาดชันไม่มาก มักปกคลุมด้วยป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ มีลำธารสายสั้นๆ ระบายน้ำลงสู่ที่ราบนํ้าท่วมถึงอย่างรวดเร็ว จึงเป็นสาเหตุของการเกิดอุทกภัยในฤดูฝน และมักขาดแคลนน้ำในฤดูแล้ง ลักษณะภูมิสัณฐานที่สำคัญอีกลักษณะหนึ่งของลุ่มน้ำเชิงเขา คือ มักมีที่ราบระหว่างหุบเขาแคบๆ ซึ่งมีความกว้างประมาณ 200 - 500 เมตร ที่ราบบริเวณนี้เป็นพื้นที่สะสมตะกอน เนื่องจากที่ราบนี้ต่อเนื่องจากลาดเขาและสันเขา มีความลาดชันมากกว่า เมื่อฝนตกลงมามากกว่าความสามารถในการซึมซับน้ำของดินบริเวณลาดเขาและสันเขา จึงเกิดน้ำไหลป่าเหนือดินลงสู่บริเวณที่ราบระหว่างหุบเขา ปริมาณน้ำนี้จะถูกกักเก็บไว้โดย

ตะกอนบริเวณที่ราบ และจะระบายสู่ลำธารอย่างช้าๆ ซึ่งจะแสดงผลการวิเคราะห์อย่างละเอียดใน ผลการศึกษาด้านกราฟน้ำท่า ลักษณะภูมิฐานซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขานี้แสดง ในแผนที่แสดงความลาดชันของลุ่มน้ำในภาพที่ 4.5 และแสดงภาพตัดขวางของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยใจ ในภาพที่ 4.7- 4.8



ภาพที่ 4.5 ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ



ภาพที่ 4.6 ภาพสามมิติ ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ

4.1.3 ลักษณะภูมิอุทก

ลุ่มน้ำตอนบนประกอบด้วยพื้นที่รับน้ำของลำธารสายหลัก 2 สาย คือ ห้วยต้นกอก และห้วยมะปราง ครอบคลุมพื้นที่ 4.33 ตารางกิโลเมตร และ 1.74 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.- 4.2 และ ภาพที่ 4.7 – 4.12)

ตารางที่ 4.1 ลักษณะภูมิกายภาพของลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้และ ลุ่มน้ำย่อย

ลักษณะทางภูมิกายภาพ (Morphologic characteristics)	ห้วยโจ้ (Huai Jo)	ห้วยต้นกอก (Huai Tonkok)	ห้วยมะปราง Huai Maprang
พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	17.58	4.33	1.74
ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล	450	570	655
ความหนาแน่นของการระบายน้ำ	1.25	1.75	1.20
ความยาวเฉลี่ยของลำน้ำ (เมตร)	840	825	1250
Form factor	0.037	0.078	0.402
รูปทรงลุ่มน้ำ (shape factor)	4.62	1.57	0.44
basin centroid (km)	10.44	3.7	0.34

ตารางที่ 4.2 ระบบการระบายน้ำของลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้

ลำดับลำน้ำ (Stream order)	จำนวนลำน้ำ (Stream number)	ความยาวของลำน้ำ (Stream length, km)	Percentage of stream order	Percentage of stream length
1	46	28.22	75.41	56.36
2	10	10.68	16.39	21.33
3	4	3.4	6.56	6.79
4	1	7.77	1.64	15.52
Total	61	50.07	100.00	100.00

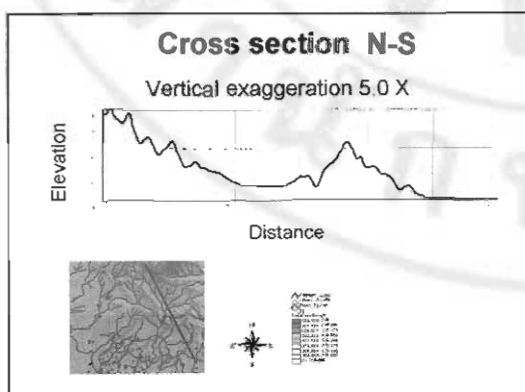
1) ความสูงเฉลี่ยของลุ่มน้ำห้วยโจ้ 450 เมตรจากระดับน้ำ ณ ช่วงระดับความสูง 375 - 872 m MSL ความลาดชันสูงสุดในพื้นที่ 43% โดยมีความลาดชันเฉลี่ยทั้งพื้นที่ 17.5 เปอร์เซ็นต์ ระบบการระบายน้ำ (drainage pattern) ดีกว่าตอนล่าง สำหรับความหนาแน่นในการระบายน้ำ

1,024 ต่อดาวรางกิโลเมตร ความแตกต่างของระดับความสูงระหว่างต้นน้ำและปลายน้ำมีมาก ขณะที่จุดกึ่งกลางลุ่มน้ำอยู่ ณ ระดับ 450 เมตร จากระดับน้ำทะเล

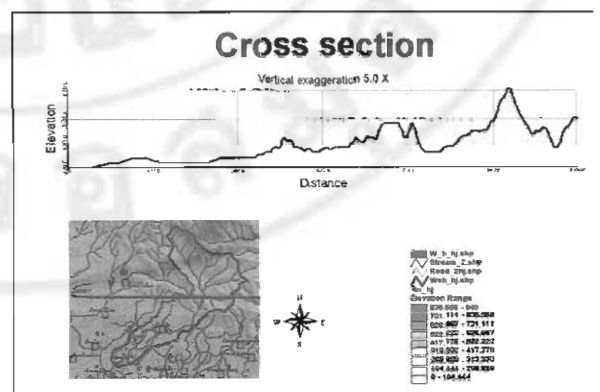
2) ห้วยต้นกอกเป็นลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยไจ้ ที่มีขนาดเนื้อที่ 4.33 ตารางกิโลเมตร ความสูงเฉลี่ยของลุ่มน้ำ 570 เมตรจากระดับน้ำ ณ ช่วงระดับความสูง 440 - 872 m MSL ความลาดชันสูงสุดในพื้นที่ 31% โดยมีความลาดชันเฉลี่ยทั้งพื้นที่ 28.5 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการระบายน้ำระดับปานกลาง (medium dendritic pattern) สำหรับความหนาแน่นในการระบายน้ำ 1,750 ต่อดาวรางกิโลเมตร ,

3) ห้วยต้นกอกเป็นลุ่มน้ำย่อยที่มีขนาดใหญ่เป็นอันดับที่สองของลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยไจ้ มีขนาดเนื้อที่ 1.74 ตารางกิโลเมตร ความสูงเฉลี่ยของลุ่มน้ำ 570 เมตรจากระดับน้ำ ณ ช่วงระดับความสูง 440 - 872 m MSL ความลาดชันสูงสุดในพื้นที่ 31% โดยมีความลาดชันเฉลี่ยทั้งพื้นที่ 28.5 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการระบายน้ำระดับปานกลาง (medium dendritic pattern) และความหนาแน่นในการระบายน้ำ 1750 ต่อดาวรางกิโลเมตร ,

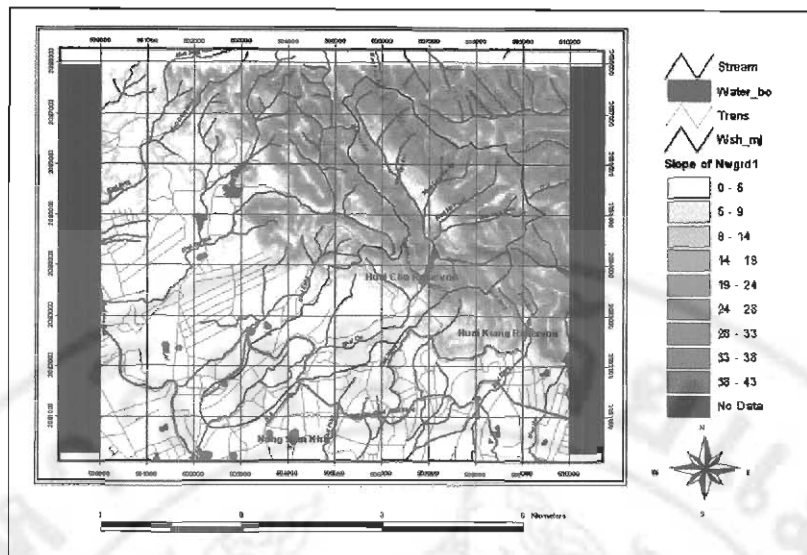
ความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในลุ่มน้ำห้วยไจ้ และลุ่มน้ำห้วยต้นกอกยาวเพียง 840 และ 825 เมตร ตามลำดับ ซึ่งสั้นกว่าความยาวของลุ่มน้ำห้วยมะปราง (2,082 เมตร) เนื่องจากห้วยมะปรางเป็นลำธารลำดับที่ 1 (first order stream) มีลำห้วยเพียงลำห้วยเดียวยาว 2,080 เมตร ก่อนบรรจบกับห้วยต้นกอกเป็นห้วยไจ้ ความหนาแน่นของการระบายน้ำของลุ่มน้ำห้วยไจ้ ห้วยต้นกอก และห้วยมะปราง ประมาณ 1,240, 1,700 และ 1,200 เมตรต่อดาวรางกิโลเมตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นลุ่มน้ำที่มีความหนาแน่นของการระบายน้ำปานกลาง รูปทรงของลุ่มน้ำห้วยต้นกอกมีลักษณะคล้ายรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีความเรียวยาวตามลำน้ำ คล้ายคลึงกับลุ่มน้ำห้วยไจ้ แต่รูปทรงและรูปร่างของห้วยมะปราง เรียวยาวตามลำน้ำเล็กน้อย



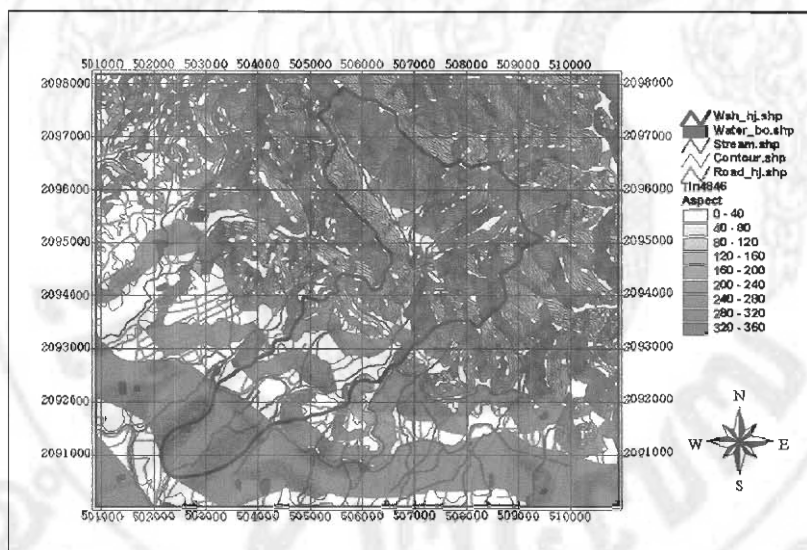
ภาพที่ 4.7ก ตัดขวางแนวเหนือ - ใต้



ภาพที่ 4.7ข ตัดขวางแนวตะวันออก - ตะวันตก



ภาพที่ 4.8 ลักษณะความลาดชันของกลุ่มน้ำ

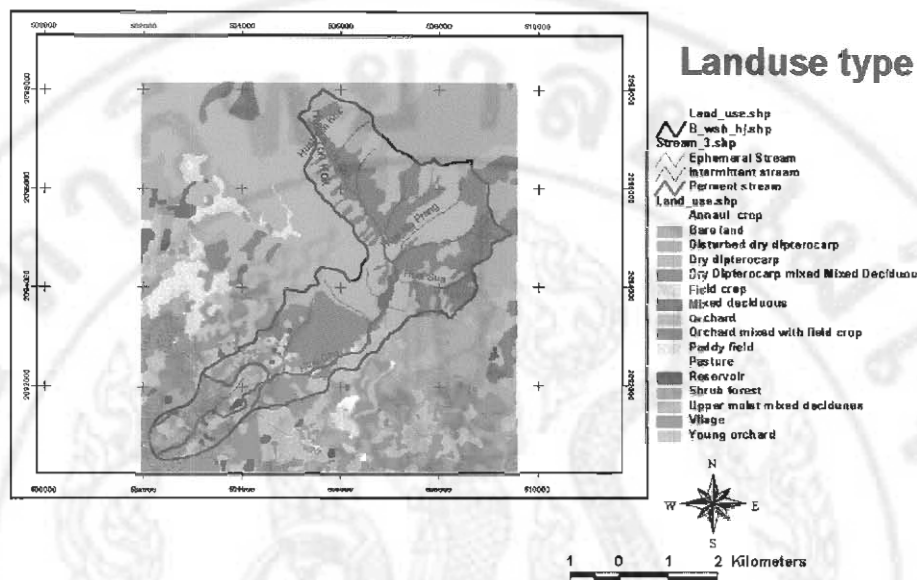


ภาพที่ 4.9 ทิศด้านลาดของกลุ่มน้ำ

3.1.4 การใช้ประโยชน์ที่ดินและพืชพรรณในพื้นที่ลุ่มน้ำ

จากการสำรวจพื้นที่และการแปลภาพถ่ายทางอากาศ เพื่อศึกษาสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำห้วยไฉ้ พื้นที่ลุ่มน้ำห้วยไฉ้ตอนบนเหนืออ่างเก็บน้ำห้วยไฉ้ปกคลุมด้วยป่าธรรมชาติ 70 เปอร์เซ็นต์ บริเวณตอนล่างของพื้นที่ลุ่มน้ำมีสภาพภูมิประเทศค่อนข้างราบจึงมีการใช้ที่ดินหลายประเภทได้แก่ สวนผลไม้ ทุ่งนา และที่อยู่อาศัย (บ้านโป่ง) พื้นที่สวนผลไม้เป็นแนวยาวแคบๆ ตลอดแนวห้วยไฉ้ตอนล่าง ทุ่งนากระจายบริเวณพื้นที่ราบตอนล่าง พื้นที่ชุมชนและสวนผลไม้พบในบริเวณบ้านโป่ง (ภาพที่ 4.10 และ ตารางที่ 4.3) ผลการศึกษานิดและพรรณ

ไม้ในป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณใกล้เคียงกับการศึกษาพันธุ์กรรมพืช โดยโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช อันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ รายละเอียดของสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (2543) ดังรายละเอียดต่อไปนี้



ภาพที่ 4.10 การใช้ประโยชน์ที่ดินและพืชพรรณในพื้นที่ลุ่มน้ำ

ตารางที่ 4.3 ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำห้วยใจ

Land use type	Area (km ²)	Percentage of cover area
1. ป่าไม้	11.655	69.5
• ป่าเต็งรัง (dry dipterocarp forest)	7.385	53.0
• ป่าเบญจพรรณ (mixed deciduous forest)	0.575	3.0
• ป่าเบญจพรรณชื้น (moist mixed deciduous forest)	1.375	7.5
• ป่าเต็งรังพัฒนา (abundance dry dipterocarp forest)	2.875	2.3
2. สวนไม้ผล และสวนผสม (orchard)	1.50	5.7
3. นาข้าว พืชไร่และพืชผัก (paddy field mixed with cash crop)	1.005	14.0
4. หมู่บ้านและอาคารสิ่งก่อสร้าง (human settlement)	2.425	8.5
รวมพื้นที่ (total area)	17.58	100

1) ป่าเต็งรัง ป่าเต็งรังในพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจมี 2 ประเภทคือป่าเต็งรังพัฒนาและป่าเต็งรัง โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ของกลุ่มน้ำถูกรอบคลุมด้วยป่าเต็งรังแคระ ไม้ส่วนใหญ่มีลำต้นขนาดกลางถึงขนาดเล็ก มีจำนวนไม้ใหญ่ถึง 961 ต้นต่อตารางเมตร และไม้ชั้นรอง 84 ต้น ความสูงเฉลี่ย 2.69 เมตร (ภาพที่ 4.11) ชนิดไม้เด่นที่พบในป่า คือ เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm.ex Miq) ไม้ใหญ่ประเภทอื่น ได้แก่ เต็ง (*Shorea obtusa* Wall.) รัง (*Shorea siamensis* Mig.) พลวง (*Diterocarpus tuberculatus* Roxb.) ไม้ชั้นกลาง ได้แก่ ยอป่า (*Morinda coreia*) มะพอก (*Parinri anamense*) จั้วป่า (*Salmalia insigne*) มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica* Linn.) กว้าว (*Haldina cordifolia* Rudsa) รายละเอียดดังตารางผนวกที่ 1



ภาพที่ 4.11 สภาพป่าเต็งรัง (dry dipterocarp forest)

สภาพการสืบพันธุ์และการทดแทนตามธรรมชาติของป่าเต็งรังบริเวณนี้ อยู่ในสภาวะที่ค่อนข้างสมบูรณ์ แม้ในฤดูแล้งป่าเต็งรังจะถูกไฟไหม้ทุกปี ไฟจะมีผลกระทบต่อนไม้ใหญ่เพียงเล็กน้อย ด้วยเปลือกที่หนาของไม้ใหญ่ ความร้อนจึงไม่สามารถทำลายเนื้อเยื่อเจริญได้เปลือก แต่ไฟป่าทำให้พื้นป่าแห้งแล้งซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของไม้หนุ่มและกล้าไม้ รวมทั้งทำให้จำนวนชนิดและความหนาแน่นของลูกไม้ลดน้อยลง เพราะไฟป่าทำให้ผิวน้ำดินเปิดโล่ง ปราศจากไม้คลุมดิน (ภาพที่ 4.12)

ไม้พื้นล่างของป่าเต็งรังประกอบด้วยกล้าไม้ของไม้ยืนต้น (tree) ความหนาแน่น 12 ต้นต่อตารางเมตร ไม่พบไม้ไผ่ในป่าเต็งรัง ไม้พื้นล่างประเภทไม้พุ่ม (shrub) ได้แก่ หมือดจี้ (*Memecylon scutellatum* Naud.) กาหลง (*Bauhinia acuminata* Linn.) หนามแท่ง (*Randia dasycarpa* Bakh.f) และผักหวาน (*Melientha sauvis* Pierre) พวงไม้ล้มลุก ได้แก่ บูก

(*Amorphophallus campanulatus* Bl.ex Dencne.) และกระเจียว (*Currcuma sparganifolia*) ในบางพื้นที่ซึ่งการปกคลุมของเรือนยอดค่อนข้างโปร่งนั้น พบว่าพื้นที่จะถูกปกคลุมด้วยสาบเสือ (*Chromolaena odorata*) พืชหญ้าชนิดต่างๆ ได้แก่ หญ้าคา (*Imperata cylindrica* Beauv.) และหญ้าปากควาย (*Dactyloctenium aegyptium* L. P. Beauv) รายละเอียดดังตารางผนวกที่ 2 พืชประเภทกาฝาก (epiphytes) นั้นพบจำนวนน้อย ส่วนใหญ่เป็นกล้วยไม้สกุล *Aerides*, *Eria*, และ *Dendrobium* สิ่งที่น่าสังเกตก็คือ จำนวนไม้พื้นล่างประเภทไม้พุ่มและไม้ล้มลุกนั้นน้อยมาก ในช่วงแล้ง ทั้งนี้จะเนื่องมาจากสมบัติของดินที่มีชั้นหน้าดินตื้น และเก็บความชื้นไว้ได้น้อย ซึ่งมีผลต่อการเจริญของไม้พื้นล่าง



ภาพที่ 4.12 สภาพป่าเต็งรัง ภายหลังไฟป่า

สำหรับเมล็ดไม้หล่นลงสู่พื้นดินที่เปิดโล่ง และเข้าสู่ฤดูฝน จึงมักจะถูกน้ำไหลบ่าหน้าดินพัดพาออกไปจากพื้นที่ป่า สภาพพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ทำให้การเจริญเติบโตของกล้าไม้ลดลง ดังนั้น กล้าไม้จะเจริญเติบโตจนฟื้นอันตรายจากไฟได้นั้น ต้องใช้ช่วงเวลาที่ยาวนาน อย่างไรก็ตาม กล้าไม้บางชนิดสามารถแตกหน่อได้จากกอเดิม เมื่อส่วนเหนือดินถูกไฟไหม้ส่วนตอและใต้ดินยังมีชีวิตอยู่ เมื่ออย่างเข้าสู่ฤดูฝนก็จะแตกหน่อขึ้นมาได้ ปรากฏการณ์เช่นนี้จะเกิดขึ้นแล้วซ้ำเล่าจนกระทั่งหน่อสูงพอที่จะพ้นระยะไหม้ไฟ ลักษณะการปรับตัวเช่นนี้ทำให้ไม้ดังกล่าวสามารถดำรงอยู่ในป่าเต็งรังที่เกิดไฟไหม้ได้

พื้นที่ป่าเต็งรังพัฒนาผสมป่าเบญจพรรณปกคลุมพื้นที่ได้อย่างเกือบน้ำห้วยโจ้เชิงเขาริมห้วย ชนิดพันธุ์ไม้เหมือนป่าเต็งรังแควะ มีจำนวนไม้ใหญ่ 579 ต้นต่อเฮกตาร์ และไม้ชั้นรอง 101 ต้น ไม้ใหญ่และไม้ชั้นกลางที่ขึ้นปกคลุมอย่างหนาแน่น แต่มีเรือนยอดปกคลุมค่อนข้างแคบ (2.69

เมตร) จึงทำให้มีปริมาณแสงสว่างและความชื้นผ่านลงมาค่อนข้างมาก ปัจจัยจากแสงจึงไม่เป็นอุปสรรคต่อการงอก การตั้งตัว และการเจริญเติบโตของกล้าไม้ โดยเฉพาะกล้าได้ชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 ซึ่งเป็นพวกต้องการแสงมาก กล้าไม้กลุ่มนี้จึงมีโอกาสเจริญเติบโตสู่สภาพไม้ใหญ่ได้ ตรงกับเท่าที่ยังไม่มีช่องว่างระหว่างเรือนยอด (gap) เพียงพอ รายละเอียดดังตารางผนวกที่ 5 แต่เปอร์เซ็นต์การรอดของลูกไม้และกล้าไม้ต่ำ สภาพการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติสำหรับลูกไม้และกล้าไม้ มีความหนาแน่นประมาณ 8 ต้นต่อตารางเมตร เนื่องจากไฟป่า ดังนั้นถ้าหากปล่อยให้ป่าเจริญเติบโตตามธรรมชาติโดยปราศจากการรบกวนจากมนุษย์ และมีการป้องกันไฟป่าในระหว่างการตั้งตัวของกล้าไม้ หรือมีการเผาตามกำหนดเวลา (prescribed burning) เพื่อลดความรุนแรงของไฟลงแล้ว สภาพการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติก็จะดีขึ้น รวมทั้งระยะเวลาในการรอดพ้นอันตรายจากไฟป่าของกล้าไม้ตัวก็จะลดน้อยลงด้วย

2) ป่าเบญจพรรณ ป่าเบญจพรรณบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ ปกคลุมเฉพาะบริเวณเทือกเขาฝั่งตะวันออก และป่าเบญจพรรณขึ้นต่ำ (ภาพที่ 4.13) บริเวณที่ราบเชิงเขา ที่ราบริมห้วย และที่ราบระหว่างหุบเขาเป็นแนวแคบๆ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความชันสูงมาก ชั้นดินค่อนข้างลึก เพราะเกิดจากการกักตะและพัดพาหน้าดินจากพื้นที่ตอนบนลงมาทับถมบนพื้นที่บริเวณนี้



ภาพที่ 4.13 ป่าเบญจพรรณขึ้นต่ำ (moist mixed deciduous forest)

ป่าเบญจพรรณและเบญจพรรณขึ้นมี จำนวนไม้ใหญ่ 234 และ 272 ต้นต่อเฮกตาร์ ตารางเมตร และไม้ชั้นรอง 73 และ 43 ต้น ตามลำดับ ความสูงเฉลี่ยมากกว่าป่าเต็งรังและเต็งรังแควะ 2 เท่า เช่นเดียวกับความกว้างของเรือนยอด ลักษณะดังกล่าวทำให้ป่าทั้งสองประเภทมีความชุ่มชื้นมากกว่าป่าเต็งรัง จึงทำให้มีปริมาณแสงสว่างและความชื้นผ่านลงมาถึงเพียงเล็กน้อย ปัจจัยจากแสงค่อนข้างเป็นอุปสรรคต่อการงอก การตั้งตัว และการเจริญเติบโตของกล้าไม้ โดย

เฉพาะกล้าได้ชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 ซึ่งเป็นพวกต้องการแสงมาก กล้าไม้กลุ่มนี้จึงไม่มีโอกาสเจริญเติบโตสู่สภาพไม้ใหญ่ได้ ตรงเท่าที่ยังไม่มีช่องว่างระหว่างเรือนยอด (gap) เพียงพอ รายละเอียดดังตารางผนวกที่ 5

ไม้ใหญ่ที่พบได้แก่ ประดู่ (*Pterocarpus macrocapus* Kurz) ประดู่แดง (*Dalbergia floribunda* Roxb.) ส่วนไม้ขนาดใหญ่อื่นๆ ที่พบ ที่มีลำต้นเปลาตรงและมีขนาดใหญ่ ได้แก่ ไม้ตะแบกนา (*Lagerstromia calyculata* Kurz) ยางนา (*Dipterocarpus alatus* Roxb.) มะหาด (*Artocarpua lakoocha* Roxb.) สัก (*Tectona grandis* Linn. f.) ไม้ขนาดกลาง ได้แก่ เล้า (*Lagerstroemia venusta* Wall.) เก็ดดำ (*Dalbergia* Grah. ex Benth) เก็ดแดง (*Dalbergia dongnaiensis* Pierre) ส่วนไม้พุ่มหรือไม้พุ่มกึ่งยืนต้น หรือไม้ขนาดเล็กที่พบในป่า ได้แก่ เสี้ยว (*Bauhinia* sp.) ตั้ว (*Cratoxylum formosum* Dyer) ป้างัน (*Dalbergia cana* Crah.) เป็นต้น สำหรับไม้ที่ขึ้นกระจายอยู่ทั่วไป ได้แก่ ไผ่รวก (*Thyrostachys siamensis* Gamble) ไผ่ขาง (*Dendrocalamus strictus* Nees) ไผ่ไร่ (*Gigantochloa albociliata* Menro) ไผ่ป่า (*Bambosa arundinacea* Wild.) และไผ่บง (*Bamboas natans* Wall. ex Muma) ดังตารางผนวกที่ 3 ไม้พื้นล่างที่สำรวจพบมีจำนวนมากกว่า 50 ชนิด นอกจากนี้ในช่วงฤดูฝนและต้นฤดูหนาว จะมีเฟิร์นขึ้นปกคลุมผิวดินอยู่ทั่วไป ซึ่งสามารถจำแนกป่าประเภทนี้ออกเป็นป่าเบญจพรรณชั้นต่ำ เนื่องจากมีลักษณะใกล้เคียงป่าดิบแล้งและหากปล่อยพื้นที่บริเวณนี้ให้อยู่ในสภาพธรรมชาติ โดยไม่มีการรบกวน พื้นที่ดังกล่าวอาจเปลี่ยนแปลงไปเป็นป่าดิบแล้งได้ ไม้พื้นล่างนั้นประกอบด้วยกล้าไม้ของไม้ยืนต้น (tree) ดังตารางผนวกที่ 4 และไม้ไผ่ชนิดต่างๆ สำหรับไม้พื้นล่างพวกเฟิร์น (fern) ได้แก่ ลิเภาใหญ่ (*Lygodium flexuosum* Sw.) และเฟิร์นแผง (*Selaginella nvoluta* Spreng.) นอกจากนี้ยังมีเถาวัลย์ประเภท woody climer ชนิดต่างๆ เลื้อยพันต้นไม้อยู่ทั่วไป ได้แก่ หนามไขก๊ง (*Rubus elliptuvus* J.E. Smith) มะตาพู่ (*Rus multibractats* Levl. Van) บ่าฮู้เงิน (*Rubus tufus* Focke) เชื่องโตน (*Smilax bracteata* Presl) ข้าวเย็นเหนือ (*Smilax corbularia* Kunth) และเครือจางน้อย (*Clematis Kerriana* Drumm & Craib) พวก epiphyte ซึ่งเกาะอยู่ตามลำต้นและกิ่งก้านของต้นไม้ได้แก่ สะเภาลม (*Agapetes hosseana* Diels) กายอม (*Rhododendro. veitchianum* Hook.) และว่านไก่แดง (*Auschynanthus hildebrandii* Hemsl.) เป็นต้น

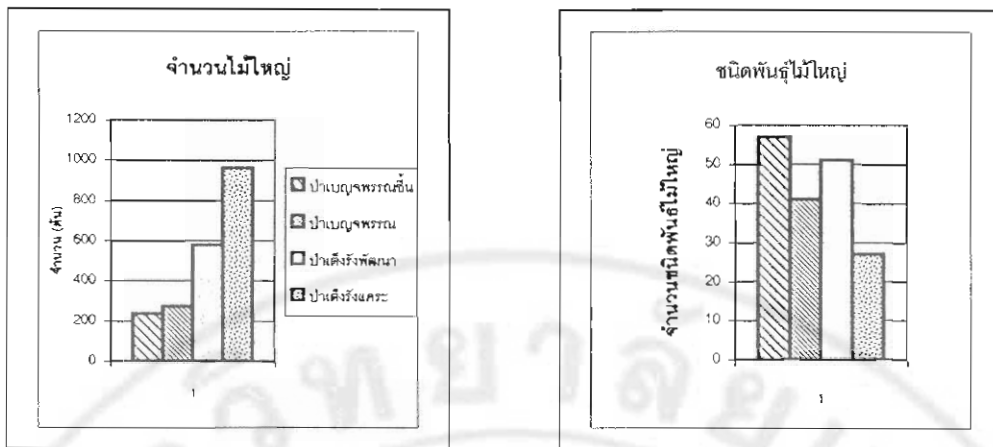
สภาพโครงสร้างของป่าทั้ง 4 ประเภท โดยใช้ดัชนีด้าน ความหนาแน่นและความหลากหลายของไม้ใหญ่ ไม้คลุมดิน รวมทั้งความหลากหลายของพืชสมุนไพรระดับชั้น ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์โครงสร้างป่าทั้ง 4 ชนิดในลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ

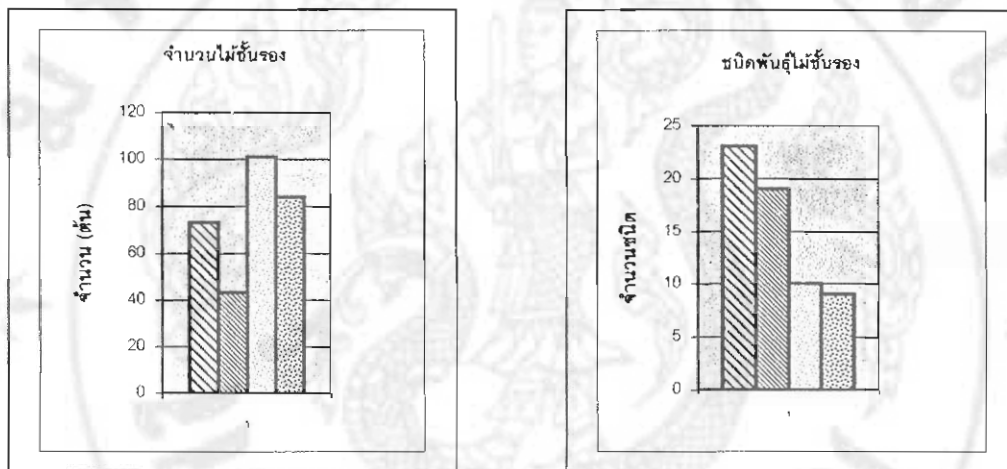
ชนิดป่า	ป่าเบญจพรรณชั้น	ป่าเบญจพรรณ	ป่าเต็งรังพัฒนา	ป่าเต็งรังแคว
จำนวนไม้ต้น (ต้น)	234	272	579	961
จำนวนไม้ชั้นกลาง (ต้น)	73	43	101	84
จำนวนไม้ชั้นลูกไม้ (ต้น)	18	8	8	12
จำนวนไม้คลุมดิน (ต้น)	104	160	120	153
การปกคลุมไม้ต้น (%)	89	67	85	80
การปกคลุมไม้ชั้นกลาง (%)	84	61	87	58
การปกคลุมไม้ชั้นล่าง (%)	32	61	78	45
ความสูงเฉลี่ย (เมตร)	8.22	9.54	5.49	4.08
การปกคลุมเรือนยอดเฉลี่ย/ต้น	4.7	4.55	3.19	2.69
ชนิดพันธุ์ไม้ยืนต้น	57	41	51	27
ชนิดพันธุ์ไม้ชั้นกลาง	23	19	10	9
ชนิดพันธุ์ไม้คลุมดิน	25	19	28	16
สมุนไพรจากไม้ยืนต้น	26	15	24	16
สมุนไพรจากไม้ชั้นกลาง	11	8	12	8
สมุนไพรจากไม้คลุมดิน	24	19	15	20

การสำรวจจำนวนและชนิดไม้ใหญ่ของป่าทั้ง 4 ประเภท พบว่า ป่าเบญจพรรณชั้นมีน้อยที่สุดรองลงมาคือ ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรังพัฒนาและป่าเต็งรังแคว หากพิจารณาจากความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ กลับมีลักษณะตรงข้ามกัน (ภาพที่ 4.14 ก - 4.14 ข) ป่าเบญจพรรณมีความหลากหลายชนิดมากกว่าป่าทุกประเภท หากเปรียบเทียบระหว่างไม้ชั้นรอง พบว่า ป่าเต็งรังพัฒนามีจำนวนไม้ชั้นรองน้อยที่สุด แต่มีความหลากหลายของพันธุ์ไม้ค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังแคว

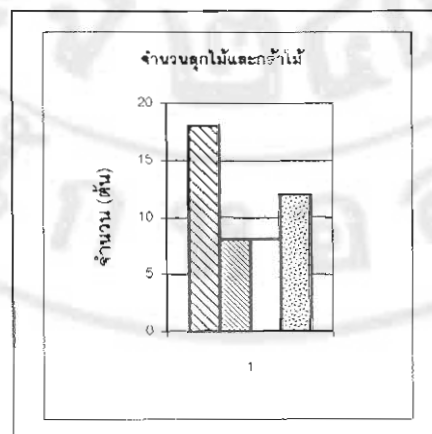
การทดแทนพืชพรรณตามธรรมชาติ (natural succession) ของสังคมป่าทั้ง 4 ประเภท โดยพิจารณาจากความหนาแน่นของลูกไม้และกล้าไม้ กล่าวได้ว่าป่าเบญจพรรณชั้นมีลูกไม้และกล้าไม้ที่จะเจริญเติบโตขึ้นทดแทนไม้ใหญ่มากที่สุด ขณะที่ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังพัฒนามีลักษณะใกล้เคียงกัน ส่วนป่าเต็งรังแควมีน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากป่าเต็งรังแควระมัดระวังปัญหาไฟป่าทุกปี



ภาพที่ 4.14 ก - ข ความหนาแน่นและความหลากหลายของพันธุ์ไม้ใหญ่

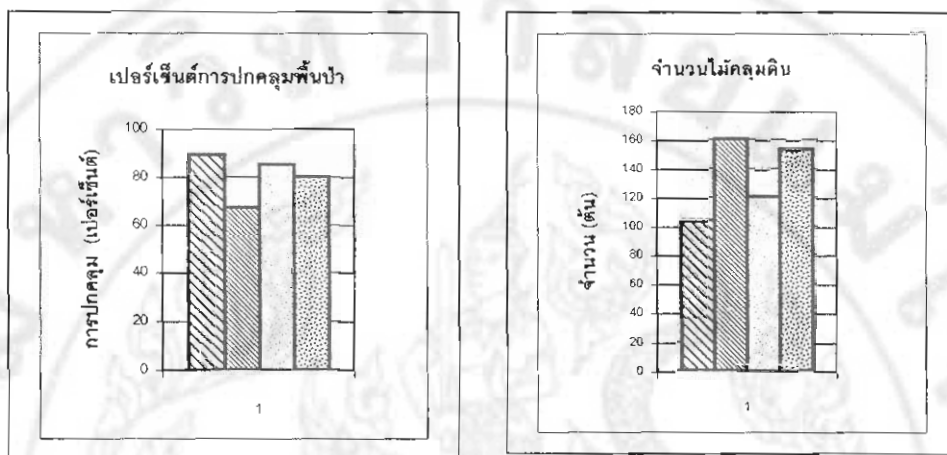


ภาพที่ 4.15 ก- ข ความหนาแน่นและความหลากหลายของพันธุ์ไม้ชั้นรอง



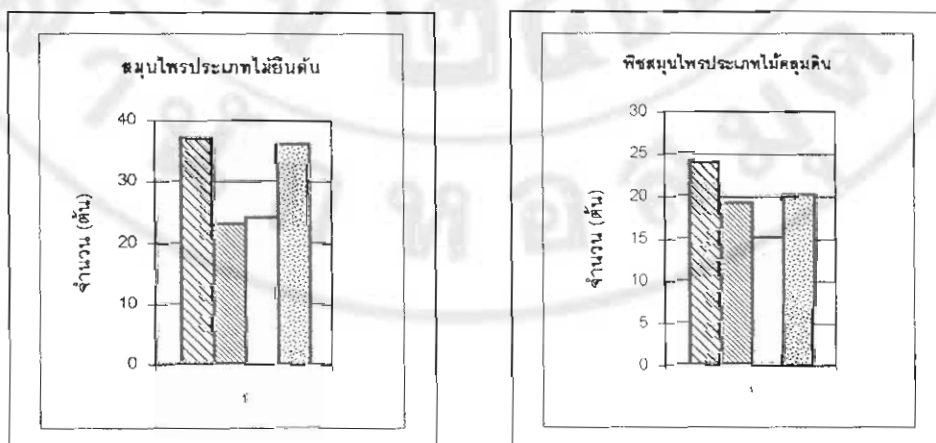
ภาพที่ 4.16 การทดแทนของสังคมป่าแต่ละประเภท

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดและไม้คลุมดิน ของป่าทั้ง 4 ประเภท พบว่า ป่าเบญจพรรณชั้นมีเปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดมากที่สุด โดยป่าทั้ง 4 ประเภทมีเปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดใกล้เคียง หากพิจารณาความชื้นโดยเปรียบเทียบไม้คลุมไม้ พบว่า ป่าเต็งรังพัฒนามีมากเป็นอันดับหนึ่ง (ภาพที่ 4.17 ก - 4.17ข) ลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังแควะมีร่มเย็น และความชื้นน้อยกว่า



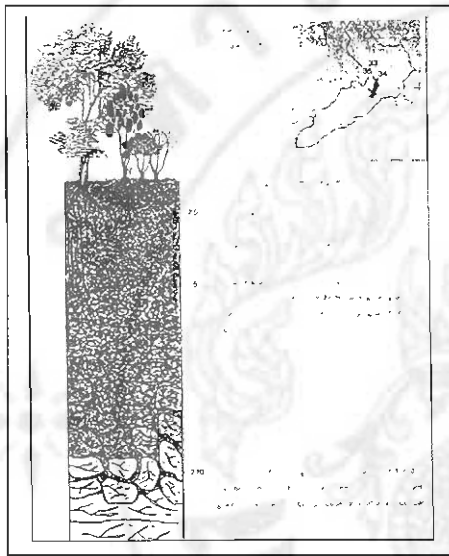
ภาพที่ 4.17 ก - ข เปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดและไม้คลุมดิน

การสำรวจชนิดของสมุนไพรที่ชาวบ้านปองนำไปใช้ประโยชน์ของป่าทั้ง 4 ประเภทพบว่า สมุนไพรประเภทไม้ใหญ่ (ภาพที่ 4.14 - 4.15) พบมากในป่าเบญจพรรณชั้นและป่าเต็งรังพัฒนา ขณะที่สมุนไพรประเภทไม้คลุมดิน มีจำนวนชนิดใกล้เคียงกันทุกป่า สมุนไพรประเภทนี้มีช่วงเจริญเติบโตค่อนข้างในรอบปี และบางชนิดพบได้เฉพาะในฤดูฝน ขณะที่บางชนิดพบเพียงฤดูแล้ง

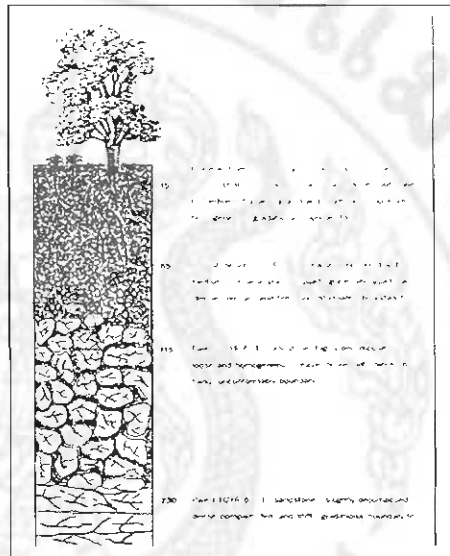


ภาพที่ 4.18 ก - ข จำนวนพืชสมุนไพรประเภทไม้ใหญ่และไม้คลุมดิน

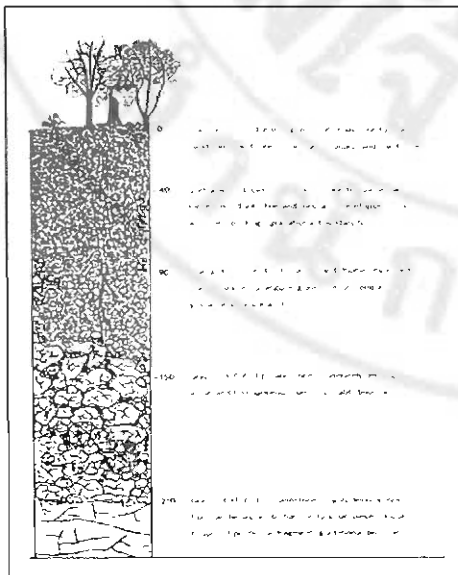
การวิเคราะห์ชั้นดิน (soil profile) ตามประเภทของป่าในพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบน เนื่องจากลักษณะภูมิกายภาพที่หลากหลายของลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ จึงมีผลต่อความลึกของดิน ดินชั้นบนที่มีความหนาแน่นมากที่สุดคือดินป่าเบญจพรรณชั้นที่ปกคลุมบริเวณสองข้างลำธารของห้วยต้นกอกและห้วยมะปราง รองลงมาคือดินป่าเบญจพรรณ และมีดินที่แทบจะไม่ปรากฏชั้นหน้าดินเลยคือดินป่าเต็งรังบริเวณสันเขาและเชิงเขา ปรากฏดังภาพที่ 4.20 – 4.23 สำหรับรวมทั้งคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับศักยภาพทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ และผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการ ดังแสดงในตารางที่ 4.5



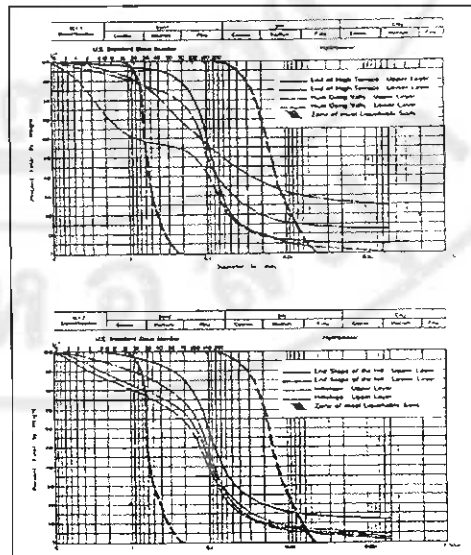
ภาพที่ 4.20 ชั้นดินป่าเบญจพรรณชั้น



ภาพที่ 4.21 ชั้นดินป่าเบญจพรรณ



ภาพที่ 4.22 ชั้นดินป่าเต็งรัง



ภาพที่ 4.23 การกระจายของเนื้อดิน

ตารางที่ 4.5 สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน ตามประเภทการใช้ที่ดินและลักษณะภูมิกายภาพ บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้ ตอมบ่น

Properties	Soil properties	ประเภทการใช้ที่ดิน													
		ป่าเต็งรัง						ป่าเบญจพรรณ							
		ไผ่เตา		เชิงเขา		ที่ราบเชิงเขา		เชิงเขา		ที่ราบเชิงเขา		ที่ราบระหว่างหุบเขา		ป่าเบญจพรรณขึ้น	
		ดินบน	ดินล่าง	ดินบน	ดินล่าง	ดินบน	ดินล่าง	ดินบน	ดินล่าง	ดินบน	ดินล่าง	ดินบน	ดินล่าง	ดินบน	ดินล่าง
Chemical	Ph	5.08	4.78	5.27	4.96	5.39	4.99	5.95	5.02	4.71	4.32	4.83	4.62	4.32	4.21
	Phosphorus (ppm)	37.00	45.28	29.48	37.52	62.85	71.77	223.75	92.17	267.11	162.03	303.31	270.09	380.00	327.00
	Potassium (ppm)	15.70	35.74	17.01	28.18	36.64	52.00	6.32	1.42	4.93	2.78	9.35	9.01	7.51	8.98
	Calcium (ppm)	295.28	159.04	241.09	202.18	301.07	337.73	124.03	478.09	178.32	299.76	308.02	461.77	270.38	443.69
	Magnesium (ppm)	35.43	59.64	63.52	69.84	96.07	123.32	179.28	83.66	227.03	67.53	201.39	164.97	59.64	15.81
	% OM	1.36	0.15	1.49	1.03	2.09	1.93	2.81	1.06	2.93	3.07	2.72	3.45	3.69	3.41
Physical	Bulk density (gm/cc)	1.39	-	1.33	-	1.27	-	0.89	1.06	0.96	1.17	0.88	1.02	0.53	0.73
	Particle density (gm/cc)	2.45	-	2.75	-	2.53	-	2.29	2.39	2.42	2.49	2.38	2.47	2.33	2.33
	Porosity (%)	43.26	-	51.64	-	49.80	-	61.14	54.42	63.76	66.01	63.03	60.97	77.25	68.67
	Permeability (cm/hr)	0.14	-	0.39	-	0.50	-	6.39	4.28	7.27	10.03	8.36	9.73	10.75	12.23
	Texture														
	sand (0.1 - 2 mm)	18.12	20.04	11.65	10.90	3.36	5.71	6.74	10.89	8.27	12.85	24.86	11.16	0.38	1.15
	% very fine sand	50.15	42.93	46.17	42.77	61.70	60.35	50.87	53.74	53.98	49.81	20.04	31.13	45.46	48.81
	% silt	26.71	33.80	35.39	35.39	27.48	23.37	35.00	26.20	28.77	27.32	21.96	35.27	31.84	31.59
	% clay	2.10	3.02	6.79	6.79	5.47	5.67	7.39	6.32	8.98	10.02	33.12	22.00	20.33	11.47

หมายเหตุ : ดินชั้นล่างของป่าเต็งรังไม่สามารถเก็บตัวอย่างด้วยกระบอกดิน (soil core) เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพบางประการได้ เนื่องจากชั้นดินนี้ และประกอบด้วยการตรวจขนาดกลางและเล็ก

1) **สมบัติทางเคมีบางประการของดิน** การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการของดินป่าเต็งรังและดินป่าเบญจพรรณเกี่ยวข้องกับสมบัติที่แสดงถึงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียม รายละเอียดของผลการศึกษามีดังต่อไปนี้

ปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินป่าเต็งรังบริเวณไหล่เขา เขิงเขาและที่ราบเชิงเขาอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง กล่าวคือมีค่าระหว่าง 0.75 - 3.10 เปอร์เซ็นต์ ดินบริเวณป่าเบญจพรรณและเบญจพรรณชั้นสูงมีค่าระหว่าง 1.11 - 4.49 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง

ปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินป่าเต็งรังบริเวณไหล่เขา เขิงเขาและที่ราบเชิงเขาอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ กล่าวคือมีค่าระหว่าง 0.15 - 2.09 เปอร์เซ็นต์ ดินบริเวณป่าเบญจพรรณและเบญจพรรณชั้นสูงมีค่าระหว่าง 1.06 - 3.69 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงสูง

ความเป็นกรด-ด่างของดินบริเวณป่าเต็งรังและเบญจพรรณจัดอยู่ในระดับเป็นกรดเล็กน้อย (4.32-5.95) ส่วนป่าเบญจพรรณชั้น ดินมีความเป็นกรดปานกลาง (4.32-4.21) เนื่องจากการสลายตัวของพืชซากไม้ไม่ไผ่มากกว่า

ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินป่าเต็งรังอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง (37.00-71.77 ppm) ส่วนดินบริเวณป่าเบญจพรรณและป่าเบญจพรรณชั้นมีปริมาณสูงทั้งดินชั้นบนและชั้นล่าง (92.17-327.00 ppm) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินป่าเต็งรังอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ (15.70-52.00 ppm) และมีปริมาณต่ำมากในดินป่าเบญจพรรณและป่าเบญจพรรณชั้น (1.42-9.35)

ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินจากป่าทั้ง 3 ประเภทอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก (159.04-461.77 ppm) ส่วนแมกนีเซียมมีปริมาณค่อนข้างต่ำ (35.43-179.28 ppm)

2) **สมบัติทางกายภาพของดิน** การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดินที่สัมพันธ์กับลักษณะทางอุทกวิทยา ประกอบด้วย ความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นของอนุภาค ความพรุน ความสามารถในการซึมซับน้ำ เนื้อดิน และการกระจายองค์ประกอบของดิน ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดินบริเวณป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังพบมีความแตกต่างกันมาก เนื่องจากดินป่าเต็งรังบริเวณนี้มักจะไม่มีความชื้นดินเหลืออยู่ การเก็บตัวอย่างดินคงสภาพจึงดำเนินการได้ยาก ดังนั้นจึงมีเพียงดินชั้นบนเพียงชั้นเดียว ซึ่งแตกต่างกับดินบริเวณเบญจพรรณซึ่งมีชั้นดินลึกกว่า มีชั้นดินมากและมีอินทรีย์วัตถุสูงกว่า

ความหนาแน่นรวมของดินป่าเต็งรังมีค่าระหว่าง 1.27 ถึง 1.33 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แต่ดินป่าเบญจพรรณมีค่าเพียง 0.53 ถึง 1.17 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนความหนาแน่นของอนุภาคของดินป่าเต็งรังมีค่าระหว่าง 2.45 ถึง 2.75 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และดินป่าเบญจพรรณมีค่าเพียง 2.29 ถึง 2.47 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรเท่านั้น เนื่องจากดินป่าเบญจพรรณมีปริมาณอินทรีย์วัตถุมากกว่าดินป่าเต็งรังจึงได้ผลการวิเคราะห์ของความหนาแน่นรวมและความหนาแน่นของอนุภาคดินสูงกว่าป่าเบญจพรรณ

ความพรุนของดินป่าเต็งรังมีค่าเพียง 43 % - 52 % และของดินป่าเบญจพรรณมีค่าระหว่าง 54 % - 77 % ซึ่งมีผลทำให้ความสามารถในการซึมซับน้ำของดินป่าเต็งรังมีค่าน้อยกว่าดินป่าเบญจพรรณ กล่าวคือ ดินป่าเต็งรังมีความสามารถในการซึมซับน้ำเพียง 0.14 ถึง 0.50 เซนติเมตรต่อชั่วโมง แต่ดินป่าเบญจพรรณมีค่าระหว่าง 4.28 ถึง 12.23 เซนติเมตรต่อชั่วโมง

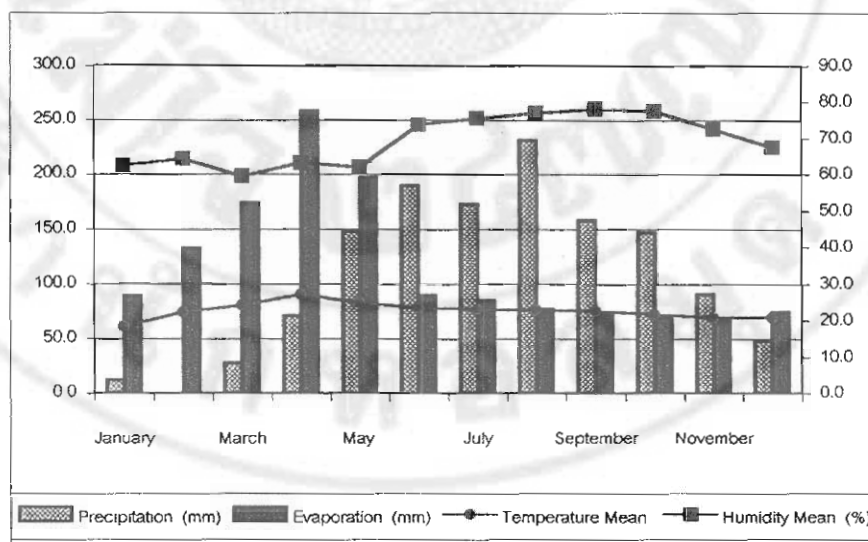
ผลการวิเคราะห์เนื้อดินของดินป่าเต็งรังทั้งดินบนและดินล่าง พบว่า เนื้อดินส่วนใหญ่ประกอบด้วยทรายละเอียด ทรายแป้ง และเม็ดทรายขนาดใหญ่ มีปริมาณดินเหนียวต่ำ ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับดินในป่าเบญจพรรณเชิงเขา ส่วนบริเวณที่ราบเชิงเขาที่ราบระหว่างหุบเขาและป่าเบญจพรรณขึ้นริมห้วย มีปริมาณดินเหนียวมากขึ้น แต่เม็ดทรายขนาดใหญ่ (0.1-2 mm) มีปริมาณลดลง

3.1.3 ลักษณะอากาศประจำถิ่น

ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยไค้ ตั้งอยู่บริเวณแอ่งสกลนครตอนใต้ใหม่ ซึ่งมีสภาพภูมิอากาศแบบสะวันนาเขตร้อน (tropical savannah climate) ได้รับอิทธิพลหลักจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและอิทธิพลรองจากพายุหมุนเขตร้อน (tropical cyclone) ทำให้เกิดลักษณะภูมิอากาศ 3 ฤดู คือ ฤดูฝนตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม โดยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ฤดูหนาวจากเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ จากภาพที่ 4.17 และตารางที่ 4.4 แสดงข้อมูลอากาศอากาศประจำถิ่นของสถานีตรวจวัดอากาศ โครงการศึกษาและพัฒนาลุ่มน้ำเชิงเขา ณ ไดอ่างเก็บน้ำห้วยไค้ (พิกัด 199500N, 050765E) วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2542 ถึง วันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2545

ตารางที่ 4.5 ลักษณะอากาศ ลุ่มน้ำห้วยใจ ปี 2542 - 2544

เดือน	ปริมาณ ฝนรายเดือน (mm)	การระเหย (mm)	อุณหภูมิเฉลี่ย	ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ความเร็วลม (notch)
มกราคม	12.3	88.8	18.2	62.4	3.6
กุมภาพันธ์	0.0	132.5	22.1	64.0	3.9
มีนาคม	28.1	173.3	24.1	59.3	5.8
เมษายน	70.6	258.4	26.9	63.0	4.8
พฤษภาคม	148.1	197.3	24.8	61.8	3.9
มิถุนายน	189.7	89.2	23.4	73.6	3.3
กรกฎาคม	172.3	84.8	23.0	75.3	2.8
สิงหาคม	231.6	77.4	22.8	76.9	2.9
กันยายน	157.8	72.9	22.5	78.0	3.6
ตุลาคม	146.8	69.7	21.5	77.5	2.0
พฤศจิกายน	90.6	69.3	20.8	72.5	2.4
ธันวาคม	48.2	74.1	20.8	67.4	2.8
รวม เฉลี่ย	1,296.1	1,387.7	22.6	69.3	3.7



ภาพที่ 4.18 ลักษณะอากาศประจำถิ่นของลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ

เดือนมีนาคมและเมษายนเป็นช่วงเวลาที่ร้อนที่สุดของปี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีประมาณ 1296.1 มิลลิเมตร และมีปริมาณน้ำฝนสูงสุด 231.6 มิลลิเมตร ในเดือนสิงหาคม

อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 18 ถึง 27 องศาเซลเซียสตลอดปี อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในเดือนเมษายน และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนมกราคม ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย มีค่าต่ำสุด 59.3 % ถึงค่าสูงสุด 78 % ในเดือนมีนาคมและกันยายน ตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์และการคายระเหยมีความสัมพันธ์กันแบบผกผัน โดยความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำฝน ช่วงเดือนที่ประสบปัญหาความแห้งแล้ง คือเดือนกุมภาพันธ์ – เมษายนของทุกปี เนื่องจากค่าการคายระเหยสูง ขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ประกอบอุณหภูมิสูงด้วย



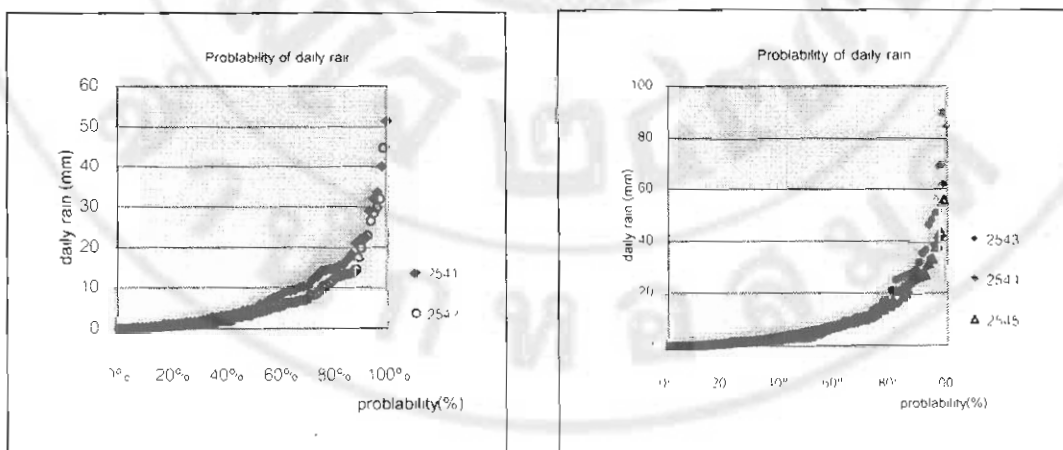
บทที่ 5

อิทธิพลของคันหินชลน้ำต่อลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำ

การศึกษาวิจัยอิทธิพลของคันคอนกรีตชลน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำ โดยวิเคราะห์ดัชนีทางอุทกซึ่งประกอบด้วย พฤติกรรมการการตกของฝน ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนรายปี (annual rainfall) ความเข้มของฝน (rainfall intensity) และ ปริมาณน้ำฝนรายวัน (daily rainfall) ลักษณะอุทกวิทยา ได้แก่การขึ้นลงของกราฟน้ำท่าและกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ปริมาณน้ำ ช่วงเวลาตั้งแต่จุดศูนย์กลางพายุฝนไปถึงจุดที่มีอัตราการไหลสูงสุด (time lag, t_p) อัตราการไหลสูงสุด (peak flow, q_p) และฐานเวลา (base length, T) รวมทั้งการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของดัชนีข้างต้น เพื่อเปรียบเทียบลักษณะอุทกวิทยาน้ำท่า ก่อนและหลังมีคันหินชลน้ำ ดังรายละเอียด

5.1 ปริมาณน้ำฝน

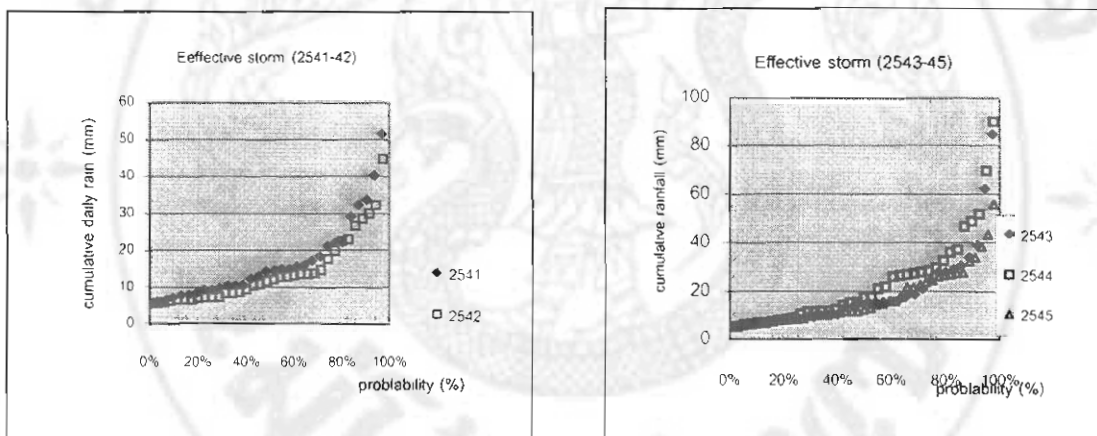
การวิเคราะห์พฤติกรรมของฝน (rainfall characteristics) โดยพิจารณาเฉพาะวันที่มีฝนตกฝนในฤดูฝน (เดือนมิถุนายน – ตุลาคม) ช่วงแรก ปี พ.ศ. 2541-2542 เป็นช่วงเวลาก่อนมีคันหินกั้นน้ำ และ ช่วงที่ 2 (พ.ศ. 2543 – 2545 มีคันหินกั้นน้ำ) พบว่า ลักษณะของฝนทั้งสองช่วงใกล้เคียงกัน โดยปี 2544 มีฝนตกหนัก ยาวนานและมีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด ขณะที่ปี 2545 ปริมาณน้ำฝนรวมลดลง แต่ช่วงเวลาในการตกของฝนยาวนานขึ้น ดังภาพที่ 5.1 ก-ข



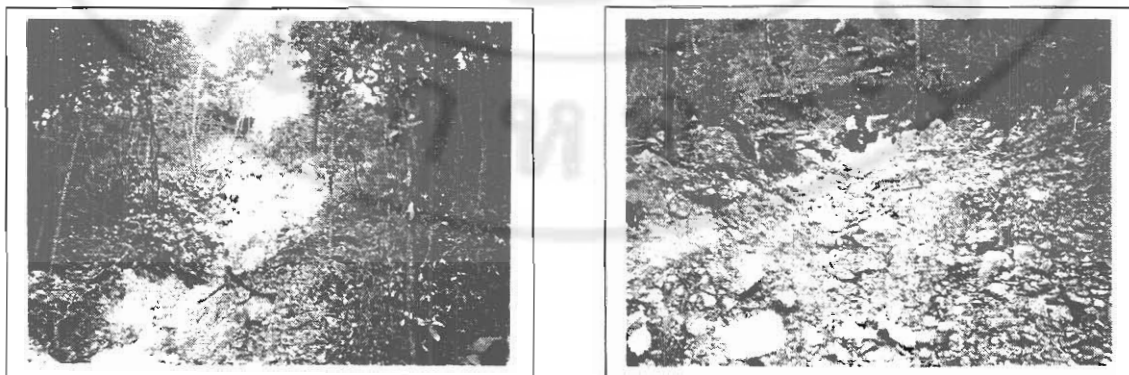
ภาพที่ 5.1 ก - ข พฤติกรรมของฝน (rainfall characteristics) ทั้งสองช่วงเวลา

5.2 ความเข้มของฝน (rainfall intensity)

ลักษณะความเข้มของฝนในฤดูฝน (เดือนมิถุนายน – ตุลาคม) ตลอดช่วงการศึกษาวิจัยมีใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังมีคันหินชลอน้ำ พบว่าความเข้มข้นของฝนช่วงหลังมีสูงกว่า (ภาพที่ 5.2 ก-ข) โดยเฉพาะวันที่ 27-28 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2544 รวมปริมาณน้ำฝน 127.2 มิลลิเมตร (79 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง) จึงมีผลให้เกิดแผ่นดินถล่มบริเวณร่องน้ำ บริเวณต้นน้ำห้วยต้นกอกและห้วยมะปราง ระยะทางยาวประมาณ 0.5 กิโลเมตร และ 1.5 กิโลเมตร กว้าง 20-45 เมตร ตามลำดับ (ภาพ ที่ 5.3 ก-ข) แม้พื้นที่บริเวณดังกล่าวจะปกคลุมดินป่าเต็งรังธรรมชาติผสมป่าเบญจพรรณ แต่เนื่องจากชั้นดินที่ตื้น เนื้อดินส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรวดและทราย และมีดินเหนียวเป็นตัวเชื่อมและยึดเกาะระหว่างกรวดและทราย เมื่อดินเหนียวถูกชะล้างโดยพายุฝนลูกก่อน ๆ จึงมีผลให้การเชื่อมลงลด และง่ายต่อการถูกกัดเซาะจากน้ำไหลบ่า



ภาพที่ 5.2 ก- ข ลักษณะความเข้มของฝน พิจารณาจากพายุฝนที่เกิดน้ำท่า



ภาพที่ 5.3 ก-ข แผ่นดินถล่มบริเวณร่องน้ำ ในพื้นที่ต้นน้ำห้วยต้นกอกและห้วยมะปราง

5.3 ลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำ

5.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของฝน (I) กับอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่า (qp) ดังสมการ (5.1) – (5.4) และภาพที่ 5.4 ก-ข และ 5.4 ก-ข พบว่า ค่า qp ของทั้งห้วยต้นกอก และห้วยมะปราง อยู่ภายใต้อิทธิพลของความเข้มข้นของฝนในระดับปานกลาง และมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนการสร้างและหลังการสร้างคันหินชลอน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากพฤติกรรมของฝนช่วงหลังที่มีความถี่ ปริมาณฝนและความเข้มข้นมากกว่า

ปี พ.ศ. 2541-2542 ก่อนมีคันหินชลอน้ำ

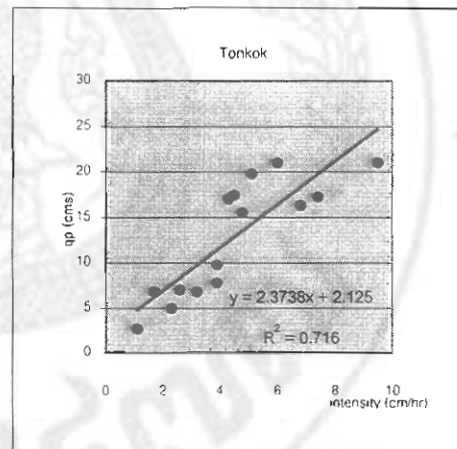
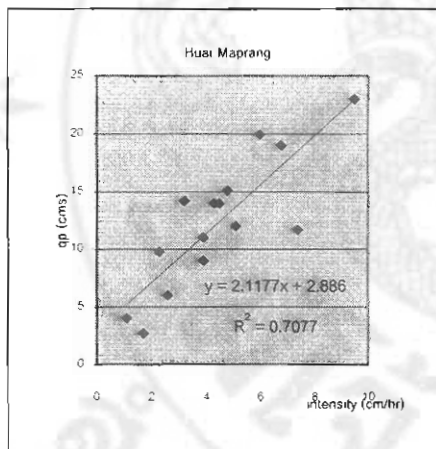
ห้วยมะปราง $qp = 2.1177(I) + 2.886$, ($R^2 = 0.7077$) ... (5.1)

ห้วยต้นกอก $qp = 2.3738(I) + 2.125$, ($R^2 = 0.7164$) ... (5.2)

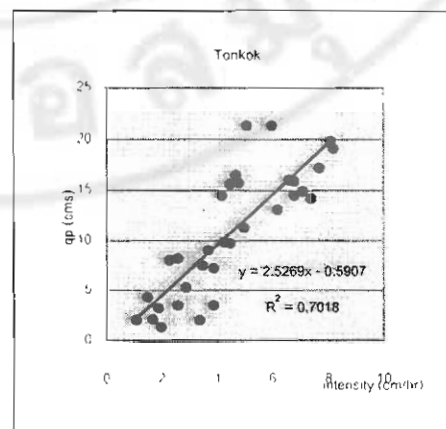
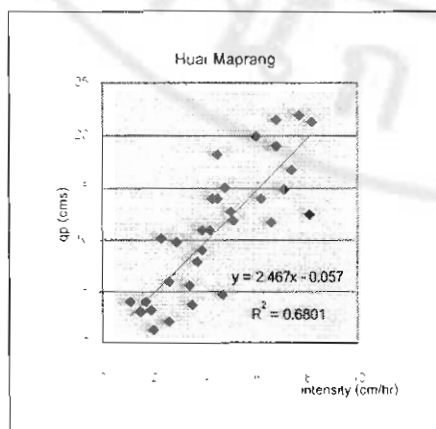
ปี พ.ศ. 2543-45 มีคันหินชลอน้ำ

ห้วยมะปราง $qp = 2.467(I) - 0.057$, ($R^2 = 0.6801$) ... (5.3)

ห้วยต้นกอก $qp = 2.5269(I) - 0.5907$, ($R^2 = 0.7018$) ... (5.4)



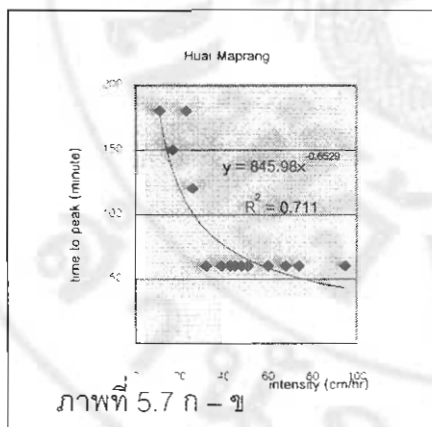
ภาพที่ 5.4 ก - ข ความเข้มของฝน (I) กับอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่า (qp) ช่วงแรก



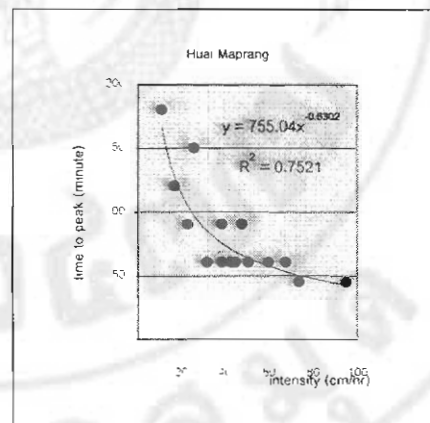
ภาพที่ 5.5 ก - ข ความเข้มของฝน (I) กับอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่า (qp) ช่วงที่สอง

5.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของฝน (I) กับช่วงเวลาที่เกิดอัตราการไหลนองสูงสุด (T_p) มีลักษณะกับค่า qp ทั้งห้วยต้นกอกและห้วยมะปราง พบว่าตอบสนองต่อความเข้มของฝนในระดับปานกลาง และเนื่องจากความลาดเทของลำน้ำห้วยต้นกอกที่มากกว่าห้วยมะปราง จึงเป็นปัจจัยเสริมที่เร่งให้น้ำไหลบ่าเร็วขึ้น ซึ่งมีผลให้อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้นของฝนสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนการสร้างและหลังการสร้างคันหินชลอน้ำ ดังสมการ (5.5) – (5.8) และภาพที่ 5.6 ก-ข – 5.7 ก-ข โดยธรรมชาติ ระดับของในลำธารจากจุดต้นน้ำถึง outlet ขึ้นอยู่กับระดับแตกต่างด้านความลาดชัน ของร่องลำธาร และความแตกต่างของระดับความสูงระหว่างต้นน้ำและปลายน้ำ ขณะเดียวกันปัจจัยธรรมชาติที่ควบคุมไม่ได้คือความเข้มของฝนที่สูงกว่าความสามารถในการซึมซับน้ำของดิน ก็เป็นตัวเร่งให้เกิดน้ำไหลบ่าเร็วขึ้น เช่นกัน

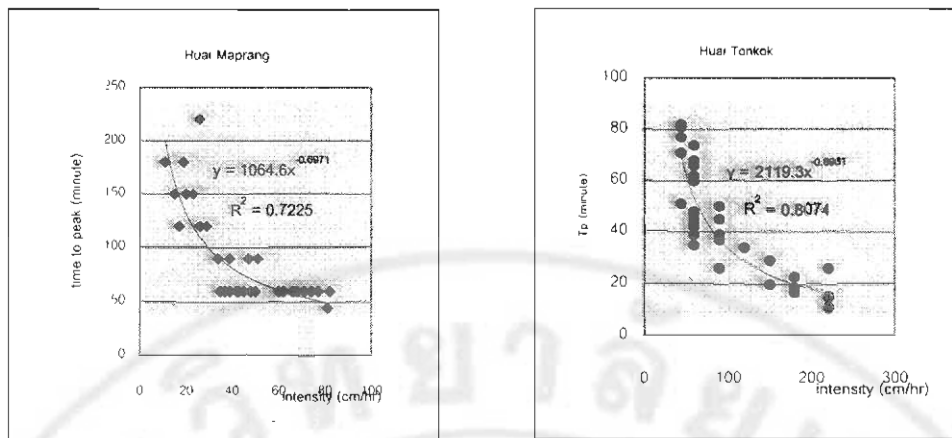
ปี พ.ศ. 2541-2542	ก่อนมีคันหินชลอน้ำ		
ห้วยมะปราง	$T_p = 845.98 (I)^{-0.6529}$	, ($R^2 = 0.7110$)	... (5.5)
ห้วยต้นกอก	$T_p = 755.04 (I)^{-0.6302}$	, ($R^2 = 0.7521$)	... (5.6)
ปี พ.ศ. 2543-45	มีคันหินชลอน้ำ		
ห้วยต้นกอก	$T_p = 1064.6 (I)^{-0.6971}$	, ($R^2 = 0.7225$)	... (5.7)
ห้วยมะปราง	$T_p = 2119.3 (I)^{-0.8981}$	, ($R^2 = 0.8074$)	... (5.8)



ภาพที่ 5.7 ก - ข



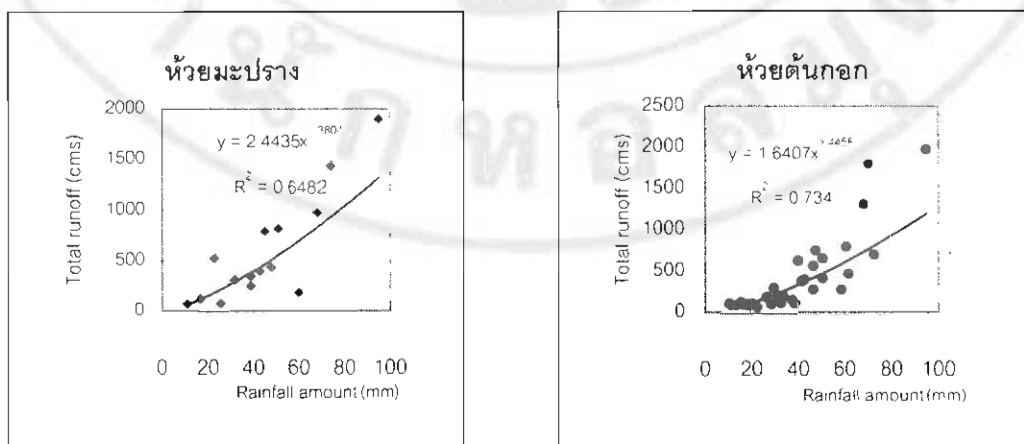
ภาพที่ 5.6 ก - ข ความเข้มของฝน (I) กับช่วงเวลาที่เกิดอัตราการไหลนองสูงสุด (T_p) ช่วงแรก



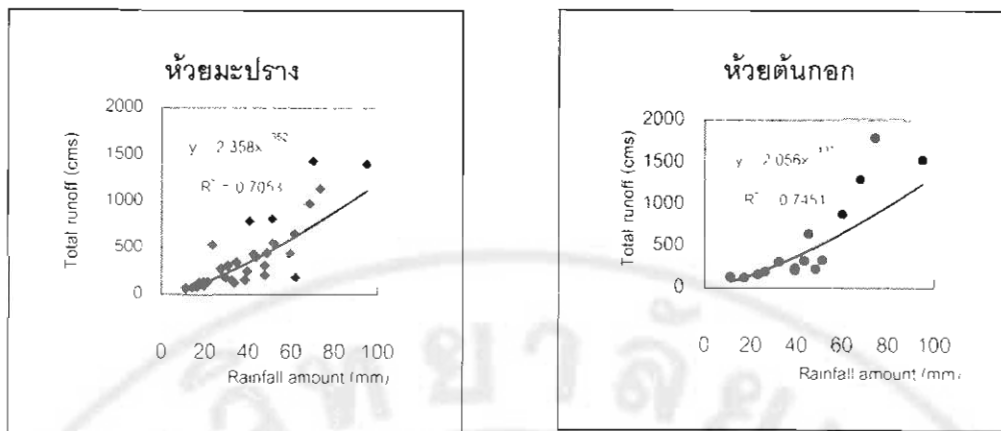
ภาพที่ 5.7 ก - ข ความเข้มของฝน (I) กับช่วงเวลาเกิดอัตราการไหลของสูงสุด (T_p) ช่วงที่สอง

5.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายวัน (R_d) กับปริมาณน้ำท่ารายปี (Q_d) ห้วยมะปรางตอบสนองกับปริมาณน้ำฝนในระดับปานกลาง ขณะที่ ห้วยต้นกอกตอบสนองค่อนข้างสูง ทั้งนี้เนื่องจากขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำกว้างและมีแอ่งที่ราบระหว่างหุบเขาที่กว้างที่สามารถเก็บสะสมปริมาณน้ำท่าได้มากกว่าห้วยมะปราง อย่างไรก็ตามลักษณะทางอุทกวิทยาเช่นนี้ยังคงเดิมแม้จะมีคันหินชลอน้ำ(ดังสมการ (5.9) – (5.12) และภาพที่ 5.8ก-ข – 5.9 ก-ข)

ปี พ.ศ. 2541-2542	ก่อนมีคันหินชลอน้ำ		
ห้วยต้นกอก	$Q_d = 2.4435 R_d^{1.3804}$	, ($R^2 = 0.6482$)	... (5.2)
ห้วยมะปราง	$Q_d = 1.6407 R_d^{1.4458}$	, ($R^2 = 0.7340$)	... (5.2)
ปี พ.ศ. 2543-45	มีคันหินชลอน้ำ		
ห้วยต้นกอก	$Q_d = 2.3580 R_d^{1.3527}$	, ($R^2 = 0.7053$)	... (5.2)
ห้วยมะปราง	$Q_d = 2.0561 R_d^{1.4458}$	, ($R^2 = 0.7454$)	... (5.2)



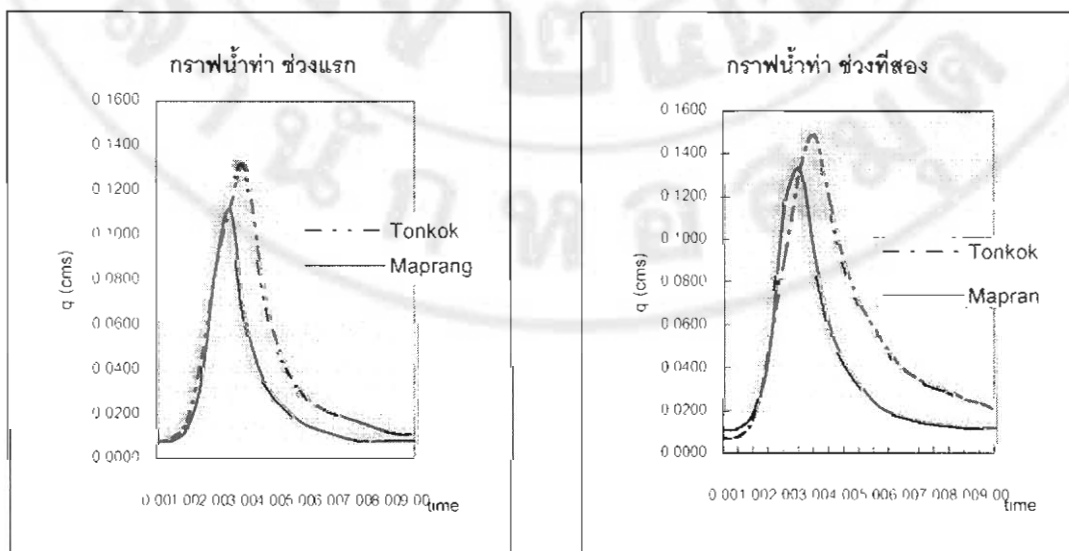
ภาพที่ 5.8 ก - ข ปริมาณน้ำฝนรายวัน (R_d) กับปริมาณน้ำท่ารายปี (Q_d) ช่วงแรก



ภาพที่ 5.9 ก - ข ปริมาณน้ำฝนรายวัน (R_d) กับปริมาณน้ำท่ารายปี ($Q_{t,p}$) ช่วงที่สอง

จากการวิเคราะห์ลักษณะอุทกวิทยา โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระคือปริมาณฝนและความเข้มของฝนร่วมกับตัวแปรตาม ด้านอุทกวิทยาน้ำท่า พบว่า การตอบสนองของน้ำท่าต่อฝนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทั้งก่อนและหลังมีคันหินกั้นน้ำ

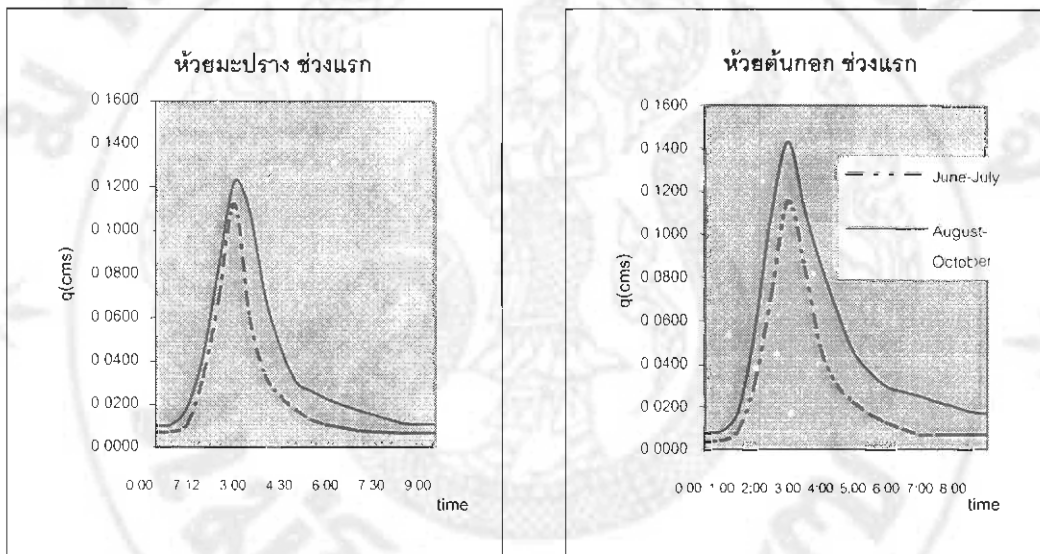
5.3.2 ลักษณะกราฟน้ำท่า ลักษณะกราฟน้ำท่าของแต่ละพายุฝนแสดงลักษณะเฉพาะของกลุ่มน้ำเชิงเขาออกมาอย่างเด่นชัด กล่าวคือ ลักษณะกราฟน้ำท่าของกลุ่มน้ำห้วยต้นกอกและกลุ่มน้ำห้วยมะปราง แสดงการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำและอัตราการไหลของน้ำค่อนข้างภายหลังจากฝนเริ่มตกหนักประมาณ 2 ชั่วโมง โดยระดับน้ำในลำธารจะเพิ่มระดับขึ้นจนถึงระดับสูงสุดอย่างรวดเร็ว จากระดับน้ำเดิม โดยเฉลี่ย 2 ชั่วโมง 30 นาที และ 3 ชั่วโมง สำหรับห้วยมะปรางและห้วยต้นกอก ตามลำดับ จากนั้นระดับน้ำจะเริ่มลดระดับลงอย่างช้าๆ ผลผลิตน้ำท่าของห้วยต้นกอกและห้วยมะปรางแต่ละพายุฝน เฉลี่ย 28 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 5.10)



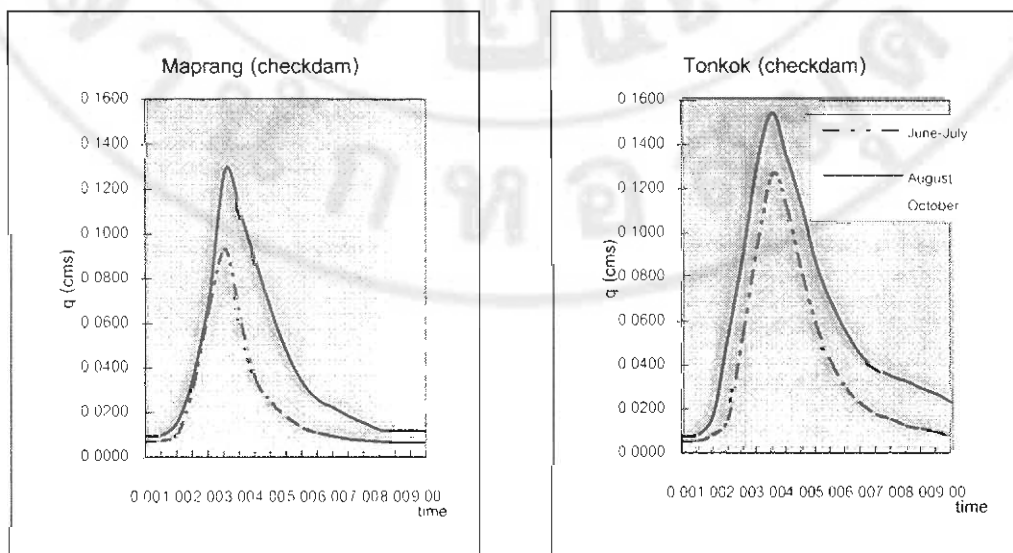
ที่ 5.10 ก- ข ลักษณะของกราฟน้ำท่าทั้งสองช่วง

พิจารณารูปทรงกราฟน้ำของทั้งสองลุ่มน้ำย่อย สองช่วงเวลา กล่าวได้ว่าคล้ายคลึงกัน แตกต่างเพียงที่จุดยอดของช่วงที่สองสูงกว่าทั้งนี้เนื่องจากปริมาณฝนช่วงที่สองมีมากกว่า

1) การขึ้นของกราฟน้ำท่า ของทั้งสองลุ่มน้ำย่อย ในระยะแรกของฤดูฝนเป็นไปค่อนข้างช้า เนื่องจากการดูดซับของเรือนยอดไม้ และชั้นดินที่ผ่านฤดูแล้ง จึงมีความสามารถในการกักเก็บน้ำไว้ได้มาก จนถึงสภาวะที่ดินอิ่มตัวเต็มที่ การขึ้นของกราฟน้ำท่าจึงใช้เวลาค่อนข้างมากเกิดซึ่งแตกต่างจากช่วงกลางฤดูฝนเพราะดินอิ่มตัวเต็มที่ ความสามารถในการกักเก็บน้ำลดลง การปลดปล่อยน้ำเป็นไปค่อนข้างช้า เนื่องจากความต่างศักย์ระหว่างน้ำในดินและน้ำในลำธารน้อย ประกอบกับชั้นเรือนยอดไม้มีความชื้นเต็มที่ จึงมีผลให้ระดับน้ำในลำธารเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (ภาพที่ 5.11-5.12)

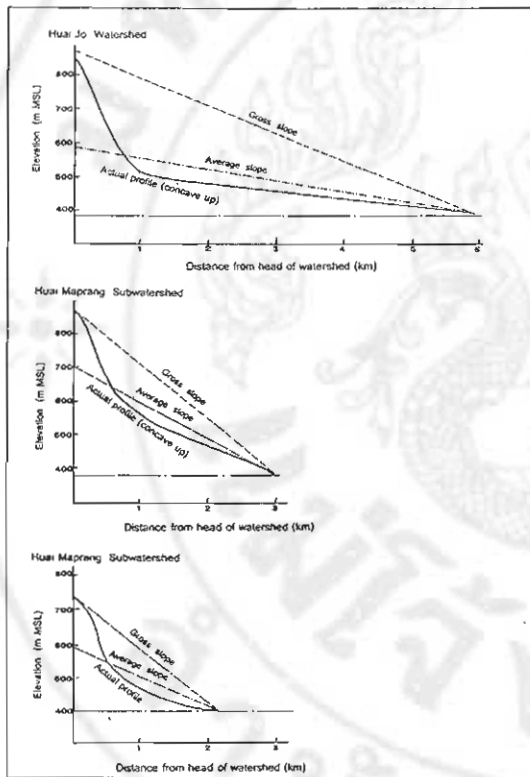


ภาพที่ 5.11 ก-ข เปรียบเทียบกราฟน้ำท่าต้นและกลางฤดูฝน ช่วงแรก

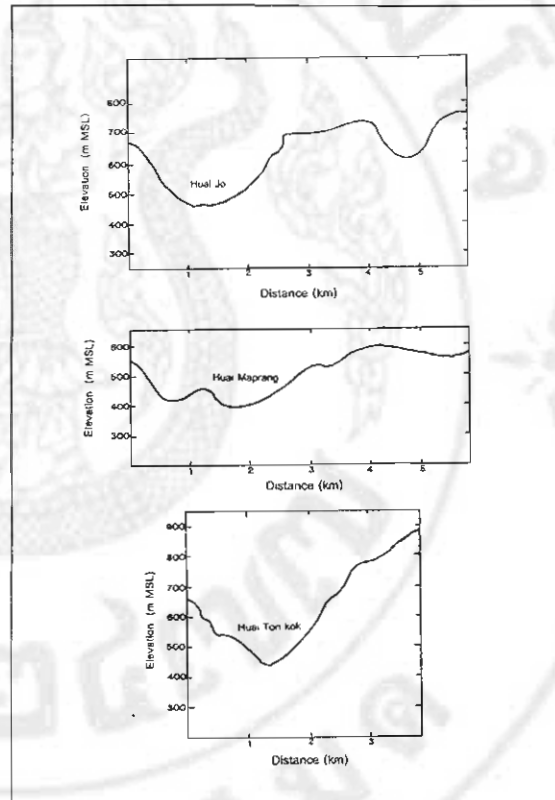


ภาพที่ 5.12 ก-ข เปรียบเทียบกราฟน้ำท่าต้นและกลางฤดูฝน ช่วงที่สอง

สาเหตุอีกประการหนึ่งที่ระดับน้ำขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงกลางฤดูฝน เนื่องจากอิทธิพลของลักษณะความลาดชันของพื้นที่รับน้ำฝนและความต่างระดับของท้องลุ่มน้ำตอนบนและตอนล่างของทั้งสองลุ่มน้ำ (ภาพที่ 5.13 – 5.14) ซึ่งเป็นตัวเร่งให้น้ำไหลบ่าลงสู่ลำธารเร็วขึ้น เมื่อความเข้มข้นของฝนสูงสุดจะเกิดน้ำบ่าหน้าดินลงสู่ลำธารลำดับที่ 1 ของลุ่มน้ำย่อยทั้งสองโดยตรง น้ำบ่าหน้าดินนี้จะไหลตรงเข้าสู่ลำธาร ดังนั้นเมื่อฝนตกแต่ละครั้งจะสังเกตพบระยะเวลาจากศูนย์กลางของพายุฝนถึงจุดที่มีปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำท่าแตกต่างกันตามความเข้มข้นของฝน ส่วนปัจจัยเสริมคือชั้นดินป่าไม้บริเวณล้นเขาและพื้นที่เชิงเขาค่อนข้างตื้น และโครงสร้างดินแน่นทึบ (compactness lateritic soil) ความสามารถในการซึมน้ำช้ากว่าความเข้มข้นของฝน ($f < i$)



ภาพที่ 5.14 ลักษณะความลาดชันของพื้นที่รับน้ำฝน



ภาพที่ 5.15 ความต่างระดับของท้องลุ่มน้ำตอนบนและตอนล่างของลุ่มน้ำ

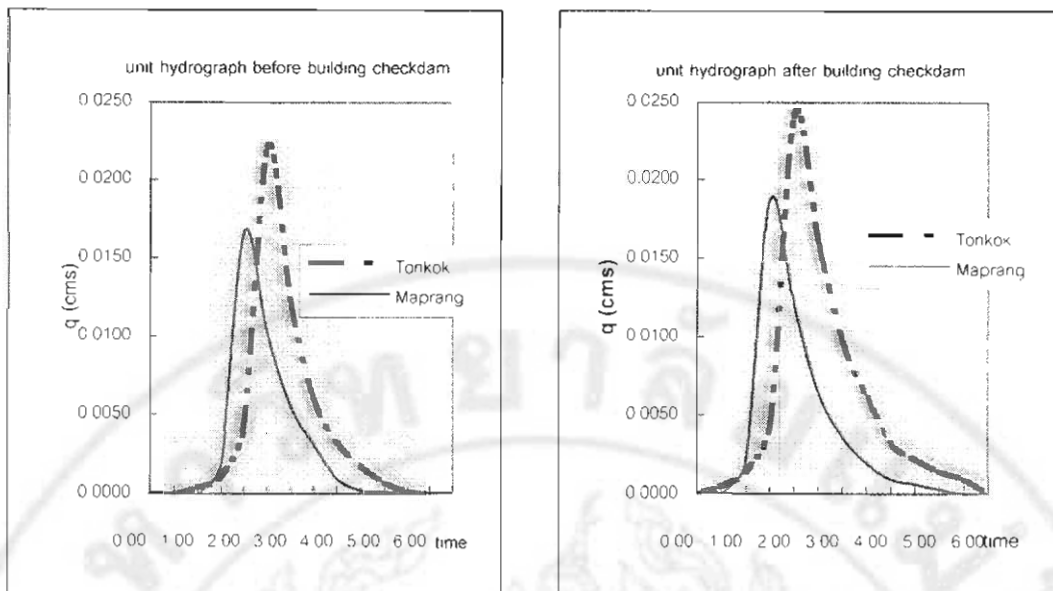
- 3) ลักษณะยอดของกราฟ ของทั้งสองลุ่มน้ำย่อยมีลักษณะเป็นรูปตัววีคว่ำ (overtorn V-shape) ลักษณะดังกล่าวเชื่อมโยงกับอิทธิพลของพื้นที่รับน้ำตอนบนที่ลาดชันและชั้นดินตื้น ดังนั้นการเกิด peak ของน้ำท่ามาจากน้ำไหลบ่าจากพื้นที่ตอนบนของลุ่มน้ำย่อยทั้งสอง
- 4) การลงของกราฟน้ำท่า ของทั้งสองลุ่มน้ำย่อยมีลักษณะคล้ายกัน การลงจากจุดสูงสุดเป็นเป็นค่อนข้างช้า ซึ่งมีผลให้ฐานส่วนลงของกราฟน้ำท่ากว้าง ลักษณะดังกล่าว จากจาก

อิทธิพลของแอ่งที่ราบสามารถเพิ่มน้ำให้กับลำธารนับจากเวลาที่ฝนหยุด เนื่องจากลักษณะพิเศษที่ประกอบด้วยพื้นที่ราบขนานแนวลำห้วยต้นกอกและห้วยมะปรางข้างละประมาณ 200 - 500 เมตร ดินบริเวณนี้เป็นดินทรายที่มีอินทรีย์วัตถุสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณผิวดิน ประกอบป่าที่ปกคลุมบริเวณนี้เป็นป่าเบญจพรรณขึ้นสูง ด้วยการปกคลุมของป่าเบญจพรรณและเบญจพรรณขึ้นมีชั้นเรือนยอดและชั้นดินที่สามารถดูดซับน้ำ กักเก็บน้ำและปลดปล่อยน้ำให้กับลำธารหลังจากระดับน้ำลดลง เนื่องจากน้ำไหลป่าจากพื้นที่ตอนบนหมดไป

จากผลการซ้อนทับของกราฟน้ำท่า เมื่อเวลาเริ่มต้นฝนตกหนักพร้อมกัน สามารถกล่าวได้ว่า ปริมาณการไหลสูงสุดตอบสนองต่อความเข้มของฝนในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับ Minshall (1960) สำหรับ สัดส่วนระหว่างปริมาณน้ำท่าหน้าดินและน้ำไหลใต้ผิวดินมีค่าใกล้เคียงกันตลอดช่วงการศึกษาวิจัย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำท่าหน้าดินมาจากพื้นที่เล็กๆ บริเวณต้นน้ำของลำธารลำดับที่ 1 ของลำธารสายหลักของห้วยต้นกอกและห้วยมะปรางเท่านั้น เนื่องจากรูปร่างและลักษณะภูมิกายภาพของกลุ่มน้ำไม่เปลี่ยนแปลง แม้พายุฝนแต่ละครั้งจะแตกต่างกัน ก็ทำให้ฐานเวลาการไหลไม่เปลี่ยนแปลงทั้งช่วงเวลาก่อนและที่มีคันทันกันน้ำ แต่จะแตกต่างกันที่ปริมาณน้ำท่า ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝน

5.3.6 กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า การเปรียบเทียบกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าระหว่างสองลุ่มน้ำย่อย พบว่า ห้วยต้นกอกมีอัตราการไหลสูงสุดสูงกว่าห้วยมะปราง และมีจุดกึ่งกลางพายุฝนไปถึงจุดที่มีอัตราการไหลสูงสุดและการลงของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่ายาวกว่าห้วยมะปรางเล็กน้อย ดังภาพที่ 5.16 ก-ข เนื่องจากห้วยต้นกอกมีพื้นที่รับน้ำตอนบนของ 4.33 ตารางกิโลเมตร ลำธารสายหลักยาวกว่า ทำให้น้ำในลำธารใช้เวลามากกว่าในการไหลมาถึง outlet ประกอบขนาดพื้นที่ของแอ่งที่ราบกว้างกว่า ขณะที่ห้วยมะปรางมีพื้นที่รับน้ำเพียง 1.74 ตารางกิโลเมตร

พิจารณาจากรูปทรงของกราฟน้ำท่าทั้งสองช่วงเวลามีรูปทรงเหมือนกัน ส่วนผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีที่แสดงลักษณะของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและดัชนีที่แสดงลักษณะของลำน้ำและลุ่มน้ำ ด้วยวิธีการของ Snyder (1938) จากสมการ $t_p = 0.75 C_1 (LLC)^{0.3}$ เพื่อแสดงช่วงเวลาตั้งแต่จุดศูนย์กลางพายุฝนถึงจุดที่มีอัตราการไหลสูงสุด ของห้วยมะปรางและห้วยต้นกอกประมาณ 2 ชั่วโมง 56 นาที และ 1 ชั่วโมง 49 นาที ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าต่อปริมาณน้ำท่าสูงสุดของทั้งสองลุ่มน้ำนั้น มีลักษณะใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 5.16 ก - ข กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ช่วงแรกและช่วงที่สอง

5.3.7 ปริมาณน้ำท่า จากการคำนวณปริมาณน้ำท่าและปริมาณน้ำท่ารายปีของห้วยต้นกอกและห้วยมะปราง ดังตารางที่ 5.1 และ 5.2

การศึกษาช่วงแรก ห้วยต้นกอกให้ปริมาณน้ำท่าประมาณ 140,778 และ ห้วยมะปรางให้ปริมาณน้ำท่าประมาณ 281,730 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางกิโลเมตรต่อปี โดยปริมาณน้ำท่าของห้วยมะปรางจะมีน้อยกว่าห้วยต้นกอกในฤดูฝนและมีมากกว่าในฤดูแล้งและร้อน เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำท่าและปริมาณน้ำฝน สามารถกล่าวได้ว่า ห้วยต้นกอกระบายน้ำท่าออกมาเพียง 9.84 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำฝน และห้วยมะปรางระบายน้ำท่าออกมา 26 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำฝน จากผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีโดยแบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำรายปีกับขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ ($Q = 31.928A^{0.1937}$, $R^2=0.78$) จากขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำต่างๆ กันสามารถสรุปได้ว่า ลุ่มน้ำห้วยต้นกอกและลุ่มน้ำห้วยมะปรางควรระบายน้ำท่าออกมาประมาณปีละ 783,016 และ 919,480 ลูกบาศก์เมตรตามลำดับ

เปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่วัดได้กับปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยที่คำนวณได้ สามารถสรุปได้ว่า ปริมาณน้ำท่าของห้วยต้นกอกและห้วยมะปรางที่วัดได้น้อยกว่าปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยที่ประเมินจากพื้นที่ลุ่มน้ำกับปริมาณน้ำฝน ประมาณ 455,405 และ 541,530 ลูกบาศก์เมตรหรือประมาณ 2.4 และ 2.3 เท่า ตามลำดับ ซึ่งคาดว่าปริมาณน้ำที่วัดได้น้อยกว่าอาจมาจากสาเหตุสำคัญคือ การสูญเสียจากพื้นที่ลุ่มน้ำโดยการซึมลงผ่านรอยเลื่อนในแนว NNW-SSE เช่นกันทั้งสองลุ่มน้ำ

ตารางที่ 5.1 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของกลุ่มน้ำห้วยโจ้ ช่วงแรก

เดือน	ห้วยต้นกอก			ห้วยมะปราง			ปริมาณน้ำท่า
	Base Flow	Direct runoff	Total flow	Base flow	Direct runoff	Total flow	รายเดือน
มกราคม	9,410	-	9,410	11,690	-	11,690	21,100
กุมภาพันธ์	2,140	-	2,140	7,970	-	7,970	10,110
มีนาคม	3,140	-	3,140	6,070	-	6,070	9,210
เมษายน	5,760	1,160	6,920	5,700	3,280	8,980	15,900
พฤษภาคม	10,800	3,770	4,570	6,910	4,170	11,080	25,650
มิถุนายน	14,850	14,140	8,990	12,900	5,660	18,560	47,550
กรกฎาคม	57,350	37,610	4,960	23,470	25,780	49,250	144,210
สิงหาคม	75,520	49,230	124,750	39,720	39,710	79,430	204,180
กันยายน	101,300	54,050	155,350	95,990	38,710	34,700	290,050
ตุลาคม	53,260	35,150	8,410	54,000	28,200	82,200	170,610
พฤศจิกายน	32,900	21,300	4,200	23,590	15,740	56,490	110,690
ธันวาคม	16,530	10,200	6,730	28,430	12,520	44,960	71,690
ปริมาณน้ำท่า							
รวม	382,960	226,610	609,570	316,440	173,770	490,210	1,120,950
ฤดูฝน	278,100	166,320	573,390	351,710	221,680	465,590	1,038,980
ฤดูแล้ง	104,860	60,290	36,180	35,270	47,910	24,620	81,970
ผลผลิตน้ำท่าต่อตารางกิโลเมตร			140,778			281,730	
ปริมาณน้ำท่าต่อปริมาณน้ำฝน			0.84			26	

การศึกษาช่วงที่สอง (พ.ศ. 2543-2545) ผลผลิตน้ำท่าเพิ่มขึ้นประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องปริมาณน้ำฝนโดยเฉพาะช่วงฤดูฝนเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับที่สัดส่วนของปริมาณน้ำท่าต่อปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ตารางที่ 5.2 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของกลุ่มน้ำห้วยใจ (พ.ศ 2540 – 41)

เดือน	ห้วยต้นกอก			ห้วยมะปราง			ปริมาณน้ำท่า รายเดือน
	Base Flow	Direct runoff	Total flow	Base flow	Direct runoff	Total flow	
มกราคม	11,200	-	11,200	9,780	-	9,780	20,980
กุมภาพันธ์	4,200	-	4,200	8,120	-	8,120	12,320
มีนาคม	6,430	-	6,430	6,980	-	6,980	13,410
เมษายน	9,680	3,560	13,240	8,950	2,980	11,930	25,170
พฤษภาคม	13,400	9,770	23,170	13,650	6,980	20,630	43,800
มิถุนายน	18,260	16,890	35,150	14,560	12,300	26,860	62,010
กรกฎาคม	78,000	49,280	127,280	58,920	27,560	86,480	213,760
สิงหาคม	97,860	61,200	159,060	79,500	51,260	130,760	289,820
กันยายน	153,300	84,050	237,350	97,800	35,520	133,320	370,670
ตุลาคม	76,400	48,150	124,550	62,500	32,200	94,700	219,250
พฤศจิกายน	46,580	30,300	76,880	42,630	21,540	64,170	141,050
ธันวาคม	19,870	14,650	34,520	28,430	13,520	41,950	76,470
ปริมาณน้ำท่า							
รวม	535,180	317,850	853,030	431,820	203,860	635,680	1,488,710
ฤดูฝน	490,270	304,520	794,790	384,340	193,900	578,240	1,373,030
ฤดูแล้ง	44,910	13,330	58,240	47,480	9,960	57,440	115,680
ผลผลิตน้ำท่าต่อตารางกิโลเมตร			197,005			365,333	
ปริมาณน้ำท่าต่อปริมาณน้ำฝน			13.8			33	

5.4 คุณภาพน้ำ

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำบริเวณลุ่มน้ำเชิงเขาประกอบด้วยคุณภาพของน้ำด้านกายภาพ เคมีและชีวภาพบางประการของแหล่งน้ำผิวดิน 3 จุด ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และแบคทีเรีย บางประการทั้ง 3 จุด เพื่อเทียบกับเคียงกับคุณสมบัติของแหล่งน้ำประเภทต่างๆ เช่น แหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 1 เพื่ออุปโภค แหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 เพื่อการพักผ่อน และเพาะ เลี้ยงสัตว์น้ำ และแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 เพื่อการเกษตรกรรม จากการเก็บตัวอย่างน้ำ 3 แหล่ง ได้แก่ บริเวณปากเขื่อนวัดน้ำห้วยมะปรางและห้วยต้นกอก ซึ่งเป็นที่ตั้งของสถานีวิจัยน้ำ และ อ่างเก็บน้ำห้วยใจห่างจากสันเขื่อน 8 เมตร โดยอ่างเก็บน้ำห้วยใจเป็นแหล่งรับและรวมน้ำจากลำ ห้วยทั้งหมดในพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจตอนบน รายละเอียดดังตารางที่ 5.2 ถึง 5.3

คุณภาพน้ำทางกายภาพ คุณภาพน้ำทางกายภาพของแหล่งน้ำทั้ง 3 แห่ง มี ปัญหาคุณภาพทางกายภาพด้าน สี ความขุ่นและการนำไฟฟ้าในฤดูฝน อย่างไรก็ตาม ค่าดังกล่าว อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 2 และ 3 ตามที่สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2534) ได้กำหนดไว้ทุกฤดูกาล แต่แหล่งเหล่านี้ไม่เหมาะสำหรับนำไปบริโภค หากจำเป็นต้องนำไปบริโภคต้องผ่านการบำบัดโดยวิธีการกรองแบบละเอียด และผ่านการต้มให้เดือดก่อน

ตารางที่ 5.3 คุณภาพน้ำผิวดิน ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจต่อนบน วันที่ 20 สิงหาคม 2541

Properties	Parameter	Unit	Standard value			อ่างเก็บน้ำ ห้วยใจ	ห้วยต้น กอก	ห้วย มะปราง
			Class 1	Class 2	Class 3			
Physical	Temperature	C	n	n	n	24.50	25.00	25.00
	pH value	—	n	5 - 9	5 - 9	6.80	6.40	6.50
	Turbidity	Pt-CO	n	n	n	140.20	158.50	167.20
	Color	NTU	n	n	n	160.00	337.00	428.00
	DO	—	n	n	n	6.20	6.00	6.00
	EC	—	n	n	n	142.00	194.00	218.00
	Total Dissolved Solid	mg/l	P20	P20	P20	290.00	380.00	360.00
	Total Hardness	mg/l	n	n	n	162.00	157.00	158.00
Chemical	Total Iron	mg/l	1	1	1	1.32	1.12	0.82
	Manganese	mg/l	1	1	1	1.20	2.20	1.28
	Fluoride	mg/l	1	1.5	1.5	0.68	0.73	0.81

คุณภาพน้ำทางเคมี คุณภาพน้ำทางเคมีที่มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ประเภทที่ 1 คือ ปริมาณเหล็กทั้งหมด (total iron) ทั้งฤดูฝนและฤดูแล้ง อย่างไรก็ตาม ค่าดังกล่าว อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 2 และ 3 ตามที่สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2534) ได้กำหนดไว้

ตารางที่ 5.4 คุณภาพผิวดิน ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยไค้ตอนบน วันที่ 28 ธันวาคม 2542

Properties	Parameter	Unit	Standard value for			อ่างเก็บน้ำ ห้วยไค้	ห้วย ต้นกก	ห้วย มะปราง
			Class 1	Class 2	Class 3			
Physical	Temperature	C	n	n	n			
	pH value	-	n	5 - 9	5 - 9	6.70	6.30	6.60
	Turbidity	Pt-CO	n	n	n	5.50	4.90	7.20
	Color	NTU	n	n	n	35.00	60.00	47.00
	Total Dissolved Solid	mg/l	n	n	n	80.00	140.00	192.00
	Total Hardness	mg/l	n	n	n	12.00	17.00	13.00
	DO	-	P20	P20	P20	5.90	5.70	5.30
	EC	Mmc/ml	n	n	n	189.00	168.00	218.00
Chemical	Total Iron	mg/l	1	1	1	0.56	0.52	0.50
	Manganese	mg/l	1	1	1	0.10	0.20	0.05
	Fluoride	mg/l	1	1.5	1.5	0.54	0.82	0.67

ตารางที่ 5.5 คุณภาพผิวดิน ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยไค้ตอนบน วันที่ 7 เมษายน 2544

Properties	Parameter	Unit	Standard value for			อ่างเก็บน้ำ ห้วยไค้	ห้วยต้น กก	ห้วย มะปราง
			Class 1	Class 2	Class 3			
Physical	Temperature	C	n	n	n	22.00	21.80	21.70
	pH value	-	n	5 - 9	5 - 9	6.60	6.20	6.70
	Turbidity	Pt-CO	n	n	n	158.00	216.00	196.00
	Color	NTU	n	n	n	308.00	576.00	428.00
	Total Dissolved Solid	mg/l	n	n	n	220.00	240.00	180.00
	Total Hardness	mg/l	n	n	n	67.00	66.00	58.00
	DO	-	P20	P20	P20	7.20	6.70	6.90
	EC	Mmc/cm	n	n	n	258.00	248.00	187.00
Chemical	Total Iron	mg/l	1	1	1	3.15	4.00	2.20
	Manganese	mg/l	1	1	1	0.95	0.87	0.80
	Fluoride	mg/l	1	1.5	1.5	0.69	0.79	0.82

สรุปและแนวทางการพัฒนาลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ

6.1 ศักยภาพของลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจต่อการพัฒนาศักยภาพทางอุทกวิทยา

6.1. ศักยภาพทางภูมิกายภาพ

ห้วยใจเป็นลุ่มน้ำเชิงเขาบริเวณฝั่งตะวันออกของขอบแอ่งสะสมตะกอนเชิงใหม่ และเป็นลุ่มน้ำใกล้เคียงเมืองที่มีศักยภาพในการระบายน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินลงสู่ตะกอนน้ำระดับสูงและตะกอนน้ำระดับต่ำของแอ่งสันทราย ก่อนลงแม่น้ำกวตตอนล่างและไหลลงสู่แม่น้ำปิง ลักษณะพิเศษของลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจคือ ความหลากหลายของธรณีสัณฐานที่ประกอบด้วย พื้นที่ภูเขาสูง ตะกอนระดับสูงและระดับต่ำ รวมทั้งที่ราบน้ำท่วมถึงบริเวณตอนล่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ นอกจากนี้ ลักษณะเด่นทางภูมิกายภาพที่สำคัญและมีผลต่อลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำคือ แอ่งที่ราบเป็นแนวแคบๆ ขนาบลำน้ำห้วยต้นกอกและห้วยมะปราง ระหว่างหุบเขานานลำธารลำดับที่ 2 และ 3 จากลักษณะของลำธารมีความลาดชันค่อนข้างสูงบริเวณต้นน้ำ และลาดต่ำเมื่อผ่านแอ่งที่ราบระหว่างหุบเขา พื้นที่ดังกล่าวจึงทำหน้าที่เหมือนฝายชลความเร็วของกระแสน้ำจากพื้นที่ตอนบนและแอ่งกักเก็บน้ำในช่วงที่มีฝนตก เนื่องจากพื้นที่ตอนบนมีขนาดใหญ่ และปกคลุมด้วยป่าเต็งรัง ชั้นดินตื้นมาก บริเวณเชิงเขามีหน้าดินบางมาก ผิวดินปกคลุมด้วยกรวดมนและอนุภาคทรายหยาบที่มีความหนาแน่นสูง ความสามารถในการซึมซับน้ำและกักเก็บน้ำต่ำมาก มีความสามารถในการผลิตน้ำในฤดูน้ำหลากค่อนข้างสูง เพราะ น้ำฝนเกือบทั้งหมดกลายเป็นน้ำไหลบ่า จึงมีผลทำให้เกิดปัญหาน้ำหลากจากที่สูงลงสู่แอ่งที่ราบอย่างรวดเร็ว

เนื่องจากพื้นที่บริเวณดังกล่าวปกคลุมด้วย ป่าเบญจพรรณและป่าเบญจพรรณชื้น มีความชื้นสูง ชั้นดินค่อนข้างลึกถึงลึกมาก ผิวดินปกคลุมด้วยอินทรีย์วัตถุ สมบัติดินมีความสามารถในการซึมซับน้ำและกักเก็บน้ำสูงมาก จึงเป็นแหล่งกักเก็บน้ำที่ป่ามาจากพื้นที่ตอนบน ในรูปของน้ำไหลใต้ผิวดินและน้ำใต้ดินที่สามารถระบายน้ำสู่ลำธารได้ตลอดปี

กล่าวได้ว่าสถานการณ์ทางกายภาพและชีวภาพ โดยเฉพาะความหลากหลายของป่าที่ปกคลุมลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ ในปัจจุบันมีบทบาทเชิงบวกต่อลักษณะทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำค่อนข้างสูง ดังนั้น หากพื้นที่บริเวณนี้ถูกเปลี่ยนสภาพการปกคลุมของพืชพรรณ ลักษณะทางอุทกวิทยาของห้วยต้นกอกและห้วยมะปรางจะเปลี่ยนแปลงในทางลบทันที ขณะที่คั่นหินชลน้ำไม่มีผลต่อลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำย่อยทั้งสอง

6.2 ลักษณะอุทกวิทยาลุ่มน้ำ

ปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำห้วยต้นกอกและห้วยมะปราง มีการตอบสนองต่อความเข้มของพายุฝนแต่ลูกค่อนข้างสูงกล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำและอัตราการไหลของน้ำในลำธารเพิ่มอย่างรวดเร็ว ภายหลังจากฝนเริ่มตกประมาณ 2 ชั่วโมง ขณะที่ความเข้มข้นของฝนมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่เกิดน้ำในลำธารสูงสุดค่อนข้างต่ำ โดยห้วยมะปรางมีช่วงเวลาจากจุดศูนย์กลางของพายุฝนไปถึงจุดที่ปริมาณในลำธารสูงสุด 2 ชั่วโมง 30 นาที ขณะที่ห้วยต้นกอกใช้เวลาเพียง 2 ชั่วโมง เนื่องจากลักษณะพิเศษของภูมิกายภาพดังกล่าวข้างต้น หลังจากนั้นระดับน้ำจะลดลงอย่างช้าๆ จนถึงระดับน้ำปกติ ใช้เวลาตั้งแต่ 3 ชั่วโมงขึ้นไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นในดินบริเวณที่ราบแคบๆ สองฝั่งห้วยมะปรางและห้วยต้นกอก

ลักษณะการขึ้นลงของกราฟน้ำท่าและรูปทรงของกราฟน้ำท่า ทั้งห้วยต้นกอกและห้วยมะปราง คล้ายคลึงกันคือ การขึ้นของกราฟค่อนข้างรวดเร็ว ระยะเวลาตั้งแต่ระดับน้ำเริ่มขึ้นจนถึงระดับสูงสุด (Tp) ของลำธารใช้เวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที ทั้งลุ่มน้ำห้วยต้นกอก และห้วยมะปราง ขณะที่ความสูงของยอดกราฟห้วยต้นกอกจะสูงกว่า ขณะที่ลักษณะการลงของกราฟทั้งสองลุ่มน้ำย่อยใช้เวลาค่อนข้างยาวนานกว่าการขึ้น

จากการเปรียบเทียบลักษณะอุทกวิทยาของทั้งสองลุ่มน้ำย่อยเพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของคันหินชลอน้ำทั้ง 12 แห่งที่ถูกสร้างขึ้น พบว่า ไม่มีผลต่อลักษณะอุทกวิทยา และมีผลต่อระบบนิเวศป่าไม้ไม่ชัดเจน หากแต่สามารถเพิ่มความชุ่มชื้นในระดับหนึ่งให้กับดินบริเวณสองข้างใกล้เคียงคันหินชลอน้ำ แต่ไม่ผลให้โครงสร้างของสังคมพืชเปลี่ยนแปลง คันหินดังกล่าวสามารถชะลอความเร็วของกระแสน้ำและกักเก็บตะกอนได้ระดับหนึ่งในช่วงแรกหลังก่อสร้าง หลังจากถูกใช้งาน 1 ปี ปริมาณตะกอนที่ทับถมหน้าคันหินไปอุดตันช่องระบายน้ำ ทำให้ศักยภาพในการชลอน้ำของคันหินหมดไป

6.2.1 ผลผลิตน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่ารายปี ของลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ๊ะที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำห้วยโจ๊ะ 1.15 ล้านลูกบาศก์เมตรโดยประมาณ ปริมาณน้ำท่า 90 เปอร์เซ็นต์ ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำห้วยโจ๊ะในฤดูฝน ปริมาณน้ำ 42 เปอร์เซ็นต์ ต้องระบายเพื่อหล่อเลี้ยงอ่างเก็บน้ำห้วยเกี้ยงและห้วยฮักทางตอนล่างในฤดูแล้ง ปริมาณน้ำที่ต้องกักเก็บ ณ ระดับต่ำสุด 30 เปอร์เซ็นต์ของความจุของอ่างหรือประมาณ 350,000 ลูกบาศก์เมตร เหลือปริมาณน้ำที่ใช้ภายในพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ๊ะ 28 เปอร์เซ็นต์ ปัจจุบันประชาชนบ้านโป่ง 2 หมู่บ้านใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำห้วยโจ๊ะเพียง 18 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณ

น้ำที่สามารถนำไปใช้ได้ เหลือปริมาณน้ำในอ่าง 10 เปอร์เซ็นต์ ที่สามารถระบายให้ประชาชนใช้ในการเพาะปลูกพืชอายุสั้นในฤดูแล้งได้

6.2.2 คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำผิวดินจากลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจตอนบน มีคุณภาพทางกายภาพค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะฤดูฝน เนื่องจากเศษซากพืชที่ติดค้างตามพื้นดินและลำน้ำ อย่างไรก็ตามคุณภาพน้ำเหมาะสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การพักผ่อน และการเพาะปลูก เนื่องจากชุมชนบ้านโป่งนำน้ำจากอ่างเก็บน้ำห้วยโจมาใช้ในการอุปโภค บริโภค จำเป็นต้องมีวิธีการบำบัดที่เหมาะสม เช่นการกรองและการต้มก่อนบริโภค น้ำใต้ดินเป็นแหล่งน้ำอุปโภคและบริโภคของประชาชนบ้านโป่งอีกแหล่งหนึ่ง ในฤดูฝนมีคุณภาพทางกายภาพไม่เหมาะสม ดังนั้นหากมีความจำเป็นต้องใช้แหล่งน้ำดังกล่าวเป็นน้ำดื่ม ควรผ่านการกรองและการต้มให้เดือด กล่าวโดยภาพรวม คุณภาพน้ำของห้วยโจตอนบนเป็นคุณภาพน้ำตามธรรมชาติ ปราศจากการปนเปื้อนของสารเคมีและจุลินทรีย์ จึงไม่ต้องการการบำบัดแบบพิเศษก่อนนำมาอุปโภคบริโภค

6.3 แนวทางจัดการและพัฒนาลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ

ดังที่ได้กล่าวในบทนำ ลุ่มน้ำเชิงเขาได้รับความสนใจในศึกษาและพัฒนาอย่างมาก การศึกษาลักษณะทางอุทกวิทยาโดยใช้ลุ่มน้ำห้วยโจ เพื่อหาแนวทางพัฒนาลุ่มน้ำเชิงเขาจึงเป็นโครงการวิจัยโครงการแรกที่ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เพื่อใช้เป็นโครงการนำร่องในการศึกษาแนวทางพัฒนาลุ่มน้ำเชิงเขาที่กระจายอยู่ทั่วไปตามขอบที่ราบของแอ่งสะสมตะกอนเชิงใหม่ จำนวน 48 ลุ่มน้ำ และแอ่งสะสมตะกอนของลำปาง แพร่ และน่าน

จากลักษณะทางกายภาพ ลักษณะดิน และพืชพรรณ ล้วนเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำห้วยโจ ดังนั้นแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ฯ ในการสร้างอ่างเก็บน้ำห้วยโจ เพื่อกักเก็บน้ำที่หลากลงมาในฤดูฝนถึง 90 เปอร์เซ็นต์ เป็นแนวทางที่ถูกต้องและเหมาะสมสำหรับการพัฒนาลุ่มน้ำเชิงเขา การสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กเพื่อกักเก็บน้ำและป้องกันน้ำหลากท่วมพื้นที่เกษตรตอนล่างในฤดูฝน และระบายน้ำให้ประชาชนตอนล่างใช้เพื่อการอุปโภค บริโภคและเพาะปลูกในฤดูแล้ง แนวทางพัฒนานี้สามารถนำไปใช้กับลุ่มน้ำเชิงเขาพื้นที่อื่นได้ อย่างไรก็ตาม การดูแลรักษาป่าของลุ่มน้ำเชิงเขาซึ่งส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยป่าเต็งรังยังคงเป็นงานสำคัญสำหรับชุมชนในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยเฉพาะการป้องกันไฟป่า เนื่องจากสภาพป่าที่แห้งแล้งและง่ายต่อการถูกเผา การฟื้นตัวภายหลังถูกไฟป่าจึงใช้เวลานาน สำหรับลุ่มน้ำเชิงเขาที่พื้นที่ป่าถูกทำลาย และเกิดปัญหาน้ำป่าลงสู่พื้นที่ตอนล่างอย่างรวดเร็ว การสร้างคันกันน้ำ (Checked dam) ขวางทางน้ำตามลำธารลำดับที่ 1 และ 2 เพื่อชะลอความเร็วของน้ำและกัก

ตะกอนในพื้นที่บริเวณต้นน้ำ ตลอดจนการสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กกักน้ำป่าก่อนไหลหลากลง
ท่วมพื้นที่ตอนล่าง ที่เป็นทั้งแหล่งชุมชนและพื้นที่เพาะปลูก จึงเป็นแนวทางวิธีการฟื้นฟูและ
พัฒนาลุ่มน้ำแนวทางหนึ่ง

นอกจากนั้น การสร้างองค์กรจัดการน้ำท้องถิ่น ซึ่งเป็นองค์กรที่มีอยู่ในอดีต เช่นกลุ่ม
เหมืองฝาย ปัจจุบันองค์กรเหล่านี้ได้หายไปจากชุมชนเกษตรเพราะมีระบบการชลประทานเข้ามา
แทนที่ อย่างไรก็ตามควรมีการฟื้นฟูองค์กรดังกล่าวเพื่อให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมจัดการทรัพยากร
น้ำและแหล่งน้ำในท้องถิ่นตนเอง โดยระดับการมีส่วนร่วมของชุมชนอาจจะแตกต่างกันไปตาม
ลักษณะของงาน แต่อย่างน้อยที่สุด ชุมชนควรจะมีส่วนร่วมคิดและร่วมตัดสินใจ เนื่องจากชาว
บ้านมักมีความรอบรู้ในสภาพพื้นที่และความต้องการของตนเอง โดยมีกรมชลประทานหรือ
สถาบันการศึกษาระดับภูมิภาคเป็นผู้ให้คำปรึกษาด้านเทคนิคและวิธีการ อย่างไรก็ตาม หน่วยงาน
ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการพัฒนาลุ่มน้ำและแหล่งน้ำ ควรทำการศึกษาและประเมินศักยภาพทาง
กายภาพและอุทกวิทยาของลุ่มน้ำที่ต้องการพัฒนา เพื่อแนวทางพัฒนาที่ชัดเจนและเอื้ออำนวย
ต่อประชาชนที่อาศัยอยู่ตอนล่างมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรธรณี. 2538. แผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1: 50,000.

กองสำรวจธรณีและแหล่งแร่. กรมทรัพยากรธรณี, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทรแก้ว และ นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2525. หลักปฏิบัติในการจัดการลุ่มน้ำ.

ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา, คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 272 น.

วีระพล เต็มสมบัติ. 2538. หลักอุทกวิทยา. ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 256 น.

วีระศักดิ์ อุดมโชค และ อรทัย มิ่งธิพล. 2540. ลักษณะทางอุทกวิทยาและแนวทางการจัดการลุ่มน้ำเชิงเขา กรณีศึกษา ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยใจ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ รายงานการวิจัยเพื่อเสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปี พ.ศ. 2540 , กรุงเทพฯ.

Chow, V. T. 1959. Open channel hydraulics. McGraw-hill, New York.

Darcy, H. 1859. Les Fontaines Publiques de la ville de Dijon. Victor Dalmont, Paris.

Gray, D.M. 1961. Synthetic unit hydrographs for small watersheds. J. of Hydro. Div. ASCE 87 (HY4) : 33-54.

Hewlett, J.D. 1961. Soil moisture as a source of base flow from steep mountain watersheds. Southeast Forest Experiment Station Research Paper SE 132. U.S. Forest Service.

Hewlett, J.D. and W L. Nutter. 1969. An Outline of Forest Hydrology. University of Georgia Press, Athens. 137 p.

Hewlett, J.D. and Nutter, W.L. 1970. The varying source area of streamflow from upland basins. In Proceedings of the Symposium on Interdisciplinary Aspects of Watershed Management, Montana State University, Bozeman, American Society of Civil Engineers, pp 65-83.

- Hickok, R.B., R.V. Keppel and B.R. Rafferty. 1959. Hydrograph synthesis for small arid watersheds. *Agr. Eng.* 40 : 608-611.
- Hinthong, C. 1992. *Environmental geology : A thematic map for landuse planning in the Lampang Area, Northern Thailand.* Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, Bangkok pp. 368-382
- Illangasekare, T.H. 1974. *Synthetic unit hydrographs for regions with inadequate hydrologic data.* M. Eng. thesis, Asian Institution of Technology, Bangkok.
- Keawwana, W. 1985. *Preliminary report on Quaternary geology of Mae Taeng Basin. Geology of Surficial deposits.* Department of Geologic Science, Chiang Mai Univ., Chaing Mai. pp. 403-411.
- Minshell, N.E. 1960. Predicting storm runoff on small experimental watersheds. *J. of Hyd. Div. ASCE* 86(HY8) : 17-38.
- Musgrave, G.W. and Holtan, H.N. 1964. Infiltration. *In Handbook of Applied Hydrology,*
- Philip, J.R. 1954. An infiltration equation with Physical significant Soil Sci, 77:153-157
- Reich, V.M. 1962. *Design hydrograph from rainfall for very small watersheds.* Colorado Univ. Publications, CER. 62 BmR. 41, Ft. Collins, Colorado. 212 p.
- Richards, L.A. 1931. Capillary conduction of liquids through porous mediums. *Phy.* 1: 318-333
- Sherman, L.K. 1932. Streamflow from rainfall by unit graph method *Eng. Nes. Record* 108 : 501-505.
- Snyder, E.F. 1938. Synthetic unit graphs. *Trans. Am. Geophys. Union, Part I,* p.447.
- Soil Conservation Service. 1973. *A method for estimating volume and rate of runoff in small watersheds.* TP-149, SCS-U.S. Department of Agriculture. Washington, D.C

Sukwattananunt, P. and Assvapatchara S. 1992. Geological Map of Amphoe Sam Sai scale 1 : 50,000 .Geological Survey division. Department of Mineral Resource

Tanaka and Kawatani. 1975. Field Study on Precipitation Discharge Rotation in a Small Basin on the Southern Slope of Mt. Rokko, pp 29-36. *In* Proceeding of Tokyo Symposium, LAHS- AISH Publication No. 117. Japan

Thanadpipat, C., Ramingwong, T. and Lerdthusnee, S. 1982. Environmental Geology of Chaing Mai. First Internation Symposium on Soil, Geology and Landforms - Impact on Landuse Planning in Developing Countries, Bangkok, Thailand.

Thanadpipat, C., Suvagonda, T. and Jitapunkul, S. 1989. Groundwater Resources of Eastern Part of Chiang Mai Basin. Chiang Mai University, Chiang Mai. 32 p.

United States Department of Agriculture. 1961-1971. Annual maximum flows from small agricultural watersheds in the United States, 1961-1971. US Dept. Agric., Beltsville, Maryland.

U.S. Army Engineering Division, 1972. Program Description and User Manual for **SSARR** Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation. North Pacific, Portland, Oregon, U.S.A.

U.S. Corps of Engineers. 1956. Program description and user manual for SSARR model- streamflow synthesis and reservoir regulation model. Corps of Engineers, Department of the Army,Portland.

Vella, P., 1983. Tensional Faults in Tertiary Strata, Mae Moh, J. of Geol. Soc. Thailand 6(1) : 13-15

Viessman, W., Jr., J.W. Knapp, G.L. Lewis, and T.E. Harbaugh. 1977. Introduction to Hydrology. A Dun-Donelley Publisher, 2nd ed., New York. 392 p.

Wisler, C O and E F. Brater 1959. Hydrology 2nd. ed., John Wiley and Sons.
Inc., New York 419 p



ภาคผนวก



ตารางผนวกที่ 1 Analysis method of physical and chemical properties of soil at the upper part of the Huai Jo Low-Hill Watershed.

Soil properties	Analysis method
Physical properties	
Bulk density	Walkly and Black's Titration method
Particle density	Bray II method
Porosity	C:N ammonium acetate at pH 7.0
Texture	Flame photometer
Chemical properties	
pH	Core method (Black, 1965)
Phosphorus	Pycnometer method
Potassium, Calcium, Magnesium	Pycnometer method
Total potassium	Sieve analysis

ภาคผนวกที่ 3 รายละเอียดชุดดินในพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ

รายงานการสำรวจดินโดยกรมพัฒนาที่ดิน เมื่อ พ.ศ. 2528 ดังมีรายละเอียดของแต่ละชุดดินดังต่อไปนี้

1) ดินชุดคองหงษ์ จัดอยู่ในกลุ่มดินหลัก (great soil group) ประเภทดินเรดเยลโลว์ พอดโซลิก (Red-Yellow Podzolic) เกิดจากการทับถมของตะกอนบริเวณเชิงเขาและตะพักลำน้ำระดับสูง สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะราบเรียบถึงลอนลาด มีความลาดชัน 2-5 % ดินลึกมาก มีการระบายน้ำดี น้ำสามารถซึมซาบผ่านได้ปานกลาง มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง แล้วระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 1 เมตรตลอดปี ดินบนหนาไม่เกิน 15 เซนติเมตร มีเนื้อดินร่วนปนทราย สีพื้นของดินเป็นสีน้ำตาลเข้มหรือสีน้ำตาลปนเทา ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัด ระดับความเป็นกรดต่างของดินระหว่าง 4.5-4.8 ดินล่างมีเนื้อดินร่วนปนทราย ดินที่ระดับความลึกมากกว่า 80 เซนติเมตร อาจมีเนื้อดินร่วนปนทรายปนดินเหนียว สีพื้นของดินเป็นสีเหลืองปนน้ำตาล สีน้ำตาลปนเหลือง และสีน้ำตาลแก่ ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากระดับความเป็นกรดต่าง 3.8-4.2

2) ชุดดินรือเสาะ จัดอยู่ในกลุ่มดินหลักประเภทดินเรด-เยลโลว์ พอดโซลิก (Red-Yellow Podzolic) ดินหน่วยนี้เกิดจากการทับถมของตะกอนบริเวณลุ่มน้ำและที่ราบใกล้ทางน้ำ สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ และมีความลาดชัน 1-2% ดินชุดนี้เป็นดินลึกมาก มีการระบายน้ำดี น้ำสามารถซึมซาบผ่านได้ปานกลาง มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง ระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 1 เมตร ตลอดปี อาจเกิดน้ำท่วมเป็นระยะเวลาสั้น ๆ ในช่วงเวลาที่มีฝนตกชุก ดินบนหนาไม่เกิน 10 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินร่วนสีพื้นของดินเป็นสีน้ำตาลปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัด ระดับความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 4.5-4.6 ดินล่างมีเนื้อดินร่วนปนดินเหนียว สีพื้นของดินเป็นสีน้ำตาลปนเหลือง ปฏิกริยาของดินเป็นกรดจัด ระดับความเป็นกรดต่างของดินระหว่าง 4.6-4.7

3) ดินชุดสายบุรี ดินหน่วยนี้จัดอยู่ในกลุ่มดินหลักประเภทดินโลว์-ฮิวมิกเกรย์ (low Humic Gray) หรือดินพาเลอคูลท์ส เนื้อละเอียดถึงปานกลาง (fine-loamy mixed Paleaquits) ดินหน่วยนี้เกิดจากการทับถมของตะกอนลุ่มน้ำบริเวณลุ่มน้ำ สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะค่อนข้างเรียบ มีความลาดชัน 1-3% ดินชุดนี้ลึกมาก มีการระบายน้ำค่อนข้างเร็ว น้ำสามารถซึมซาบผ่านดินได้ดีปานกลาง มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้า ระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 1 เมตร เกือบตลอดปี โดยเฉพาะบริเวณที่อยู่บนลุ่มน้ำ แต่บริเวณที่ต่ำกว่าลุ่มน้ำ อาจจะมีระดับน้ำใต้ดินตื้นในฤดูฝน และถ้าฝนตกหนักอาจเกิดน้ำท่วมในช่วงเวลาสั้น ๆ ดินบนหนาไม่เกิน 25 เซนติเมตร มีเนื้อดินร่วนของทรายปนทรายแป้ง หรือทรายปนดินเหนียว มีพื้นเป็นสีเข้มของน้ำตาลปนเทา ถึงสีน้ำตาล ในบางแห่งอาจจะพบจุดประตามรอบรากพืชบ้างเล็กน้อย ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัด ระดับความเป็นกรดต่างของดินระหว่าง 4.5-5.5 ดินล่าง มีเนื้อดินร่วนเหนียว ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง หรือดินร่วน สีพื้นของดินเป็นสีน้ำตาล สีเหลือง หรือสีเหลืองแกมสีน้ำตาล ที่ความลึกต่ำกว่า 50 เซนติเมตรลงไป ดินมีสีพื้นเป็นสีเทาและมีจุดประสีเหลือง สีน้ำตาลและสีแดงปะปนอยู่ในชั้นดิน ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัด ระดับความเป็นกรดต่างของดินระหว่าง 4.5-5.0

4) ชุดดินธัญบุรี พบในพื้นที่ราบน้ำท่วมในฤดูฝนสภาพพื้นที่ราบเรียบ เป็นดินลึก การระบายน้ำเร็ว ความสามารถในการอุ้มน้ำสูง ดินมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านไปได้ช้า ดินบนลึก 25-40 ซม. มีลักษณะเป็นดินเหนียว มีสีพื้นเป็นสีเทาเข้มถึงสีดำ มีจุดประสีน้ำตาลแก่และสีแดงปนเหลือง ปฏิกริยาของดินเป็นกรดจัด มีค่าของความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 4.5 - 5.0 ส่วนดินชั้นล่างเป็นดินเหนียว มีสีพื้นเป็นสีน้ำตาลปนเทา มีจุดประสีเหลืองปนน้ำตาล และสีเหลืองของกำมะถัน (แคทเคลย์) จะพบในระดับความลึก 40 ถึง 100 ซม. ในดินชั้นนี้จะพบสารพวก

เหล็กออกไซด์จับตัวกันเป็นรูปหลอด มีลักษณะค่อนข้างแข็ง ปฏิกิริยาของดินเป็นกรดจัดมาก มีค่าของความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 4.0 - 4.5

ดินชุดธัญบุรีเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงต่ำเช่นเดียวกับดินชุดรังสิต มีลักษณะและคุณสมบัติเหมือนกับดินชุดรังสิต แต่ในดินชั้นล่างของดินธัญบุรีไม่มีจุดประสี สีแดง และมักจะพบในระดับค่อนข้างต่ำกว่าดินชุดรังสิต โดยทั่วไป ใช้ปลูกข้าวแบบนาหว่าน นอกจากพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับคลองชลประทานจะปลูกข้าวแบบนาดำ ผลผลิตที่ได้ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากดินเป็นกรดจัด

ตารางผนวกที่ 2 พันธุ์ไม้ชั้นแรก ป่าเต็งรังและที่ระดับความสูงจากน้ำทะเล 520 – 541 เมตร
(แปลงวิจัยที่ DDF1)

รหัส	ชื่อ	ชื่อวิทยาศาสตร์
1	เต็ง/ แะ	<i>Shorea obtusa</i> Wall
2	เก็ม	<i>Canarium subulatum</i>
3	เหมือดโคน	<i>M. Scutellatum</i>
4	รัง/เปา	<i>Shorea siamensis</i> Mig. (Dipterocarpaceae)
5	เหียง	<i>D. obtusifolius</i> Teijsm.ex Mig
6	แดง	<i>Xylia xylocarpa</i> var. <i>kernii</i> ,
7	เปา/รัง	<i>S. siamensis</i> (Dipterocarpaceae)
8	มะนะ	<i>Terminalia chebula</i> Retz. Syn.
9	อีกลาง	<i>Gluta usitata</i> (Anacardiaceae),
10	ยางขาว	<i>Dipterocarpus alatus</i> Roxb
11	เปลือกผ้อย	-
12	ห้าควาย	<i>Syzygium albiflorum</i>
13	มะนะ(ตมอ)	<i>Terminalia chebula</i> Retz. Syn.
14	กอมัน	<i>Lithocarpus elegans</i>
15	ห้าควาย	<i>Syzygium albiflorum</i>
16	เนื้อเหนียว	<i>Lophopetalum wallichii</i> Kurz
17	ไข่น้ำ	<i>Vitex glabrata</i> R. Br.
18	แสลงใจ	<i>Strychnos nux-vomica</i> (Strychnaceae)
19	ตุ้มควาย	<i>Anthocephalus chinensis</i>
20	ตีนนก	<i>Vitex limoniifolia</i>
21	ตะมอทอง	-
22	มะขามป้อม	<i>Phyllanthus emblica</i> ,
23	อีกลาง	<i>Holigama longitolia</i> (Anacardiaceae),
24	ห้าดง	<i>Syzygium clauiflorum</i>
25	แข่งกวาง	<i>Wendlandia tinctoria</i>
26	จีเดียม	-

ตารางผนวกที่ 3 ไม้ขึ้นรองแปลงวิจัย ในป่าเต็งรังแควะ (แปลงวิจัยที่ DDF1)

ลำดับ	ชื่อ	ชื่อวิทยาศาสตร์
1	รัง / เปา	<i>S. siamensis</i> (Dipterocarpaceae)
2	เหียง	<i>D. obtusifolius</i> .
3	เหมือดโคน	<i>M. Scutellatum</i>
4	มะกั้ม	<i>Canarium subulatum</i>
5	ฮักหลวง	<i>Gluta usitata</i> (Anacardiaceae).
6	แดง	<i>Xylia xylocarpa</i> var. <i>kernii</i> .
7	เต็ง/ แวะ	<i>Shorea obtusa</i> Wall
8	จืดำ	<i>Micromelum</i> sp.
9	มะนะ	<i>Terminalia chebula</i> Retz. Syn.
10	เหียง	<i>D. obtusifolius</i> ,
11	เหมือด	<i>M. Scutellatum</i>

ตารางผนวกที่ 4 พันธุ์ไม้คลุมดินและในป่าเต็งรังแคว (แปลงวิจัยที่ DDF1)

ลำดับที่	ชื่อ	ชื่อวิทยาศาสตร์
1	หญ้าลิปภา	<i>Lygondium flexuosum</i> Sw.
2	หญ้าคมบาง	<i>scleria</i> sp.
3	ข้าวเม่านก	<i>Tadehagi triquetrum</i> (L.) Ohaki
4	หญ้าถอดปล้อง	<i>Equisetum debile</i>
5	ตีนตุ้ง	<i>Cary copteris floribunds</i>
6	ถั่วแปบ	<i>Dolichos lablab</i>
7	ขมิ้นต้น	<i>C. roscoeana</i>
8	นมวัว	<i>Fissistigma latifolium</i> Merr.
9	หญ้าสามคม	<i>scleria</i> sp.
10	ยอหิน	<i>Morinda angustifolia</i>
11	ผักกาดขี้หมา	<i>Crassocephalum crepidiodes</i>
12	หญ้าคา	<i>Imperato cylindrico</i> Beauv
13	เฟิร์นตีนตุ๊กแก	ไม่สามารถระบุชนิดพันธุ์ได้
14	น้ำนมขาว	ไม่สามารถระบุชนิดพันธุ์ได้
15	หญ้าปากควาย	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> L.D. Beam
16	ว่านนกคุ้ม	<i>Molinario latifolia</i> Herb.ex Kurz
17	แส้คอแดง	<i>Entada prusaetha</i> DC
18	อาวขาว / ขมิ้นชัน	<i>Costus speciosus</i> (Koen) J.E. Smith
19	หญ้าขน	ไม่สามารถระบุชนิดพันธุ์ได้
20	กระเจียวขาว	<i>Curcuma parviflora</i> Wall
21	ตีนตุ้ง	<i>Cary copteris Floribunds</i>
22	คล้าใบยาว	ไม่สามารถระบุชนิดพันธุ์ได้
23	ลูกใต้ใบ	ไม่สามารถระบุชนิดพันธุ์ได้
24	อังกาบเมือง	<i>Barleria cristata</i>
25	ใบเล็ก	ไม่สามารถระบุชนิดพันธุ์ได้
26	ว่านช้าง	<i>Eulophia macrobulbon</i>
27	ปี่ครี	<i>Dalergia velutrina</i> Benth.
28	ปรง	<i>Phoenix loureiri</i>
29	หญ้าสาบเสือ	<i>Chromolaena oclorta</i>

ตารางผนวกที่ 5 พันธุ์ไม้ชั้นแรก ในป่าเต็งรังพัฒนาที่ระดับความสูงจากน้ำทะเล
390 – 393 เมตร (แปลงวิจัยที่ DDFC)

รหัส	ชื่อ	ชื่อวิทยาศาสตร์
01	พลวง / ตึง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.
02	เหียง	<i>D. obtusifolius</i> ,
03	จืดดำ	<i>Micromelum</i> sp.
04	เหมือดโคน	<i>M. Scutellatum</i>
05	มะมัน	<i>Irvingia malayana</i>
06	ขะเจ๊ะ	<i>Millettia kangensis</i> Craib
07	มะมัน	<i>Irvingia malayana</i>
08	ตีนนก	<i>V. pinnata</i> ,
09	ส้มป่อย	<i>Garcinia cowa</i> Roxb.
10	รกฟ้า	<i>Terminalia alata</i> Heyne ex Roth
11	เต็ง / แะ	<i>Shorea obtusa</i> ,
12	มะเก็ม	<i>Canarium subulatum</i>
13	เกิดแดง	<i>Dalbergia oliveri</i>
14	แสลงใจ	<i>Strychnos nux-vomica</i> (Strychnaceae),
15	เปลือกฝอย	-
16	ขี้ถ้าย	<i>Wasura robusta</i> Roxb.
17	ไทร	<i>Ficus altissima</i>
18	นมวัว	<i>Cyathostemma micranthum</i> (A.DC.)j.sinel
19	นางแย้ม	<i>Clerodendrum viscosum</i> Vent.
20	สะก๊วย	<i>Morinda tomentosa</i> Heyne ex Roth
21	มะดุกดำ	<i>Xanthophyllum virens</i> Roxb
22	โศค	<i>Schleichera oleosa</i> Merr.
23	คำมอกหลวง	<i>Gardenia xylocarpa</i> Craib
24	มะเคาะป่า	-
25	ขี้เหล็กหลวง	<i>Casia siamea</i> Lamk.
26	นมวัว	<i>Cyathostemma micranthum</i> (A.DC.)j.sinel
27	มะเฒ่าสาย	<i>Antidesma acidum</i>
28	ติ้วขน	<i>Cratoxylum formosum</i> (Jack)

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

รหัส	ชื่อ	ชื่อวิทยาศาสตร์
29	แข่งกวาง	<i>Wendlandia tinctoria</i> A.DC.
30	กาวดูก	-
31	ส้มเห็ด	-
32	มะปิ่น	<i>Aegle marmelos</i>
33	หาด	<i>Artocarpus lakoocha</i>
34	ดงดำ	<i>Alstonia scholaris</i> R. Br.
35	มะเคาะน้ำ	-
36	มะกิม	<i>Canarium subulatum</i>
37	รกฟ้า	<i>Terminalia alata</i> Heyne ex Roth
38	พฤษ	<i>Albizia lebbek</i> ,
39	ส้มป่อย	<i>Garcinia cowa</i> Roxb
40	ตุ้ม	<i>M. hirsuta</i> (Rubiaceae),
41	รัง / เปา	<i>S. siamensis</i> (Dipterocarpaceae)
42	ฮักหลวง	<i>Gluta usitata</i> (Anacardiaceae),
43	เข็มป่า	<i>Pavetta tomentosa</i> Roxb.ex Sm
44	สีเสื่อหลวง	<i>Casearia grewiaefolia</i> Vent.
45	สมอ/ มะนะ	<i>Terminalia chebula</i> Retz. Syn.
46	โพธิ์	<i>Ficus religiosa</i> Bodhi tree.
47	เป่าหลวง	<i>Croton oblongifolius</i>

ตารางผนวกที่ 6 ไม้ชั้นรอง ป่าเต็งรังพัฒนา (แปลงวิจัยที่ DDFC)

ลำดับ	ชื่อ	ชื่อวิทยาศาสตร์
1	จืดดำ	<i>Micromelum</i> sp.
2	เหียง	<i>D. obtusifolius</i> .
3	ตึง/พลวง	<i>D. tuberculatus</i>
4	แฉะ/เต็ง	<i>Shorea obtusa</i> ,
5	ฮักหลวง	<i>Gluta usitata</i> (Anacardiaceae),
6	เปา/รัง	<i>S. siamensis</i> (Dipterocarpaceae)
7	ต้นเต้ม	<i>M. Scutellatum</i>
8	มะกั้ม	<i>Canarium subulatum</i>

ตารางผนวกที่ 7 ไม้คลุมดินในป่าเต็งรังแคว (แปลงวิจัยที่ DDFC)

ลำดับที่	ชื่อ	ชื่อวิทยาศาสตร์
1	หญ้าลิปนา	<i>Lygondium flexuosum</i> Sw.
2	หญ้ามอบาง	<i>scleria</i> sp.
3	หญ้าปากควาย	<i>Dactyloctenium aegytrium</i> L.D. Beam
4	หญ้าถอดปล้อง	<i>Equisetum debile</i>
5	หญ้าตีนนก	<i>Eleusine indica</i>
6	ยอหิน	<i>Morinda angustifolia</i>
7	ขมิ้นดิน	<i>C.roscoeana</i>
8	นมวัว	<i>Fissistigma latifolium</i> Merr.
9	หญ้าสามคม	<i>scleria</i> sp.
10	ว่านนกคุ้ม	<i>Molinario latifolia</i> Herb.ex Kurz
11	แล้งคอแดง	<i>Entada prusaetha</i> DC
12	ตีนตุ้ง	<i>Cary copteris Floribunds</i>
13	ถั่วแปบ	<i>Dolichos lablab</i>
14	ยอหิน	<i>Morinda angustifolia</i>
15	ผักกาดขี้หมา	<i>Crassocephalum crepidiodes</i>
16	อวข้าว	<i>Costus specious</i> (Koen) J.E. Smith
17	ข้าวเม่านก	<i>Tadehagi triquetrum</i> (L.) Ohahi
18	หญ้าคา	<i>Imperato cylindrico</i> Beauv
19	เฟิร์นตีนตุ๊กแก	ไม่สามารถระบุชนิดพันธุ์ได้
20	ตีนตุ้ง	<i>Cary copteris Floribunds</i>
21	คล้าใบยาว	ไม่สามารถระบุชนิดพันธุ์ได้
22	กระเจียวขาว	<i>Curcuma paruiiflora</i> Wall
23	ลูกใต้ใบ	ไม่สามารถระบุชนิดพันธุ์ได้
24	อังกาบเมือง	<i>Barleria cristata</i>
25	ว่านอึ้ง	<i>Eulophia macrobulbon</i>
26	หนามแท่ง	<i>Harrisonia perforata</i>
27	กาเครือ	<i>Millettia auriculata</i> Bak. Var extensa Benth
28	มะนาวป่า	-

ตารางผนวกที่ 8 พันธุ์ไม้ชั้นแรก ในป่าเบญจพรรณที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล
720 เมตร (แปลงวิจัยที่ MDF1)

รหัส	ชื่อ	ชื่อวิทยาศาสตร์
01	ตะแบกเลือด	<i>Terminalia mucronata</i> Pierre ex Laness
02	เหียง	<i>D. obtusifolius</i> ,
03	สักทอง	<i>Tectona grandis</i> ,
04	จ้าว	<i>Bombax anceps pierre</i>
05	ตะแบกเกียบ	<i>L. cochinchinensis</i> var. ovalifolia
06	ลั่น	<i>Dillenia aurea</i> var. aurea
07	โศค	<i>Schleichera oleosa</i> merr
08	อ้อยช้าง	<i>Lannea coromandelica</i> (Anacardiaceae),
09	ประดู่เลือด	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> ,
10	ตุ่มเหลือง	<i>M. hirsuta</i> (Rubiaceae),
11	แดง	<i>Xylia xylocarpa</i> var. <i>kerrii</i> (Leguminosae),
12	จ้าว	<i>Bombax ceiba</i> ,
13	ปอมีน	<i>Colona floribunda</i>
14	กระแจะ	<i>Ochna integerrima</i> merr.
15	มะนะ	<i>Terminalia chebula</i> Retz. Syn.
16	รกฟ้า	<i>Terminalia alata</i>
17	อ้อยช้าง	<i>Lannea coromandelica</i> (Anacardiaceae),
18	ชอเลี่ยน	<i>Gmelina arborea</i> ,
19	มะกั้ม	<i>Canarium subulatum</i>
20	เต็ง/ แะ	<i>Shorea obtusa</i> ,
21	รัง	<i>S. siamensis</i> (Dipterocarpaceae)
22	ตุ่มเหลือง	<i>M. hirsuta</i> (Rubiaceae),
23	เก็ดแดง	<i>Dalbergia oliveri</i>
24	ปีบ	<i>Millingtonia hortensis</i> (Bignoniaceae),
25	มะคังดง	<i>Ostodes paniculata</i>
26	แดง	<i>Xylia xylocarpa</i> var. <i>kerrii</i> (Leguminosae),
27	ช่างหัวหมู	<i>Milusa velutina</i>
28	มะแฟน	<i>Protium serratum</i> (Burseraceae),

ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ)

รหัส	ชื่อ	ชื่อวิทยาศาสตร์
29	ปอผี	<i>Colona floribunda</i>
30	แข่งกวาว	<i>Wendlandia tinctoria</i>
31	เหมือดโคน	<i>M. Scutellatum</i>
32	จ้าว	<i>Bombax anceps pierre</i>
33	ตีนนก	<i>V. pinnata.</i>
34	สะก๊วย	<i>Morinda tomentosa Heyne ex Roth</i>
35	ตัวขน	<i>Cratoxylum cochinchinense</i>
36	ชื้อาย	<i>Wasura robusta Roxb</i>
37	เมาสาย	<i>Lyonia ovalifolia</i>
38	สมอ/ มะนัะ	<i>Terminalia chebula Retz. Syn.</i>
39	ยมหิน	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>
40	มะโจก	<i>Schleicheraoleosa</i>
41	ป้าง	<i>Dalbergia cana</i>
42	กระแจะ	<i>Ochna integerrima Merr</i>
43	ตัวแดง	<i>cratoxylum cochinchinense (Lour.)Bl.</i>
44	ตองหอม	<i>Phoebe lanceolata</i>
45	มะเกวน	<i>Flacourtia indica</i>

ตารางผนวกที่ 9 ไม้ชั้นล่าง แปลงวิจัย ในป่าเบญจพรรณ (แปลงวิจัยที่ MDF1)

รหัส	ชื่อ	ชื่อวิทยาศาสตร์
1	ตะแบกเกียบ	<i>L. cochinchinensis</i> var. <i>ovalifolia</i>
2	มะกึ่ม	<i>Canarium subulatum</i>
3	ลำนำ	<i>Dillenia aurea</i> var. <i>aurea</i>
4	ชอเลี่ยน	<i>Gmelina arborea</i> ,
5	ตีนนก	<i>V. pinnata</i> ,
6	ตะแบกเลือด	<i>T. mucronata</i> ,
7	แดง	<i>Xylia xylocarpa</i> var. <i>kerrii</i> (Leguminosae),
8	ลัก	<i>Tectona grandis</i> ,
9	ตุ้มเหลือง	<i>M. hirsuta</i> (Rubiaceae),
10	เก็ดแดง	<i>Dalbergia oliveri</i>
11	จ้าว	<i>Bombax ceiba</i> ,
12	ตีนนก	<i>V. pinnata</i> ,
13	ข่อยช้าง	<i>Lannea coromandelica</i> (Anacardiaceae),
14	ประดู่	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> ,
15	ติ้ว	<i>Cratoxylum cochinchinense</i>
16	รกฟ้า	<i>Terminalia alata</i>
17	เหียง	<i>D. obtusifolius</i> ,
18	มะเกาน	<i>Flacourtia inddica</i>

ตารางผนวกที่ 10 ไม้คลุมดิน ป่าเบญจพรรณ (แปลงวิจัยที่ MDF1)

ลำดับ	ชื่อ	ชื่อวิทยาศาสตร์
1	ติงเหว้า	<i>Tacca intergrifolia</i> . Ker - Gawl
2	เฟิร์นตีนตุ๊กแก	ไม่สามารถระบุชนิดพันธุ์ได้
3	มะลิดิน	<i>Geophila repens</i>
4	เครือตีนตั้ง	<i>Cary copteris Floribunds</i>
5	ขมิ้นดิน	<i>C.roscoeana</i>
6	ผักปราบ	<i>Commeliana</i> sp.
7	กล้วยไม้ดิน	<i>Habenaria dentata</i>
8	พลูป่า	ไม่สามารถระบุชนิดพันธุ์ได้
9	อังกาบเมือง	<i>Barleria cristata</i> Linn.
10	บุกป่า	<i>Amorphophallus</i> sp.
11	หนามแท่ง	<i>Harrisonia perforata</i>
12	เครือขี้	<i>Dalergia velutrina</i> Benth.
13	เครือขอนแก่น	<i>Congea tomentosa</i> Roxb.
14	สะบ้า	<i>Entada pursaetha</i> DC.
15	หนามแดง	<i>Thunbergia hossei</i> Clarke
16	กลอย	<i>Dioscorea gispida</i> Dennst.
17	ว่านนกคุ้ม	<i>Molinario latifolia</i> Herb.ex Kurz
18	ผักกาดขี้หมา	<i>Blumea fistubsa</i> kurz
19	ผักเผ็ด	<i>Spilonthes acumella</i> Murr.

ตารางผนวกที่ 11 พันธุ์ไม้ชั้นแรก ในป่าเบญจพรรณชั้น ที่ระดับความสูงจากน้ำทะเล 620 - 638 เมตร

(แปลงวิจัยที่ MMDF1)

รหัส	ชื่อ	ชื่อวิทยาศาสตร์
01	เพกา	<i>Oroxylum indicum</i> (L.) Vrant
02	มะหิมน้ำ	<i>Irvingia malayana</i>
03	เปล้าหลวง	<i>Croton oblongifolius</i>
04	ยางปาย	<i>Colona flagrocarpa</i> (Tiliaceae),
05	ชะเง้อ	<i>Millettia</i> spp.,
06	มะโจก	<i>Schleichera oleosa</i>
07	ปี่โพง	<i>Dalbergia cana</i>
08	มะมื่น	<i>Irvingia malayana</i>
09	มะกายขัด	<i>Mallotus philippensis</i>
10	เมาสาย	<i>Antidesma acidum</i>
12	แดง	<i>Xylia xylocarpa</i> var. <i>kerrii</i> (Leguminosae),
13	สัก	<i>Tectona grandis</i> ,
14	เดียม	<i>Bischofia javanica</i>
15	เล้า	<i>Lagerstromia tomentosa</i> Presl
16	เหิน	<i>Terminalia belerica</i> roxb.
17	ตีนเป็ด	<i>Alstonia scholaris</i> R. Br.
18	สมอภินาก	<i>Terminalia belerica</i> roxb.
19	ข้อเสียน	<i>Gmelina arborea</i> ,
20	ปอมีน	<i>B. mollis</i> (Tiliaceae),
21	ช่างหัวหมู	<i>Miliusa velutina</i> , Hoo. f. & t homs.
22	มะแฟน	<i>Protium serratum</i> (Burseraceae),
23	จิวป่า	<i>Bombax valetonii</i> Hochr.
25	ดาเลื่อป่า	<i>Morinda Coreia</i> Ham.
26	หนามหัน	<i>Acacia comosa</i> Gagnep
27	ดงดำ	<i>Alstonia scholaris</i> R Br
28	เปล้าหลวง	<i>Croton oblongifolius</i>
29	ชะเง้อ, ปี่จั่น	<i>Millettia</i> spp.,
30	มะดุก	<i>Xanthophyllum virens</i> Roxb

ตารางผนวกที่ 11 (ต่อ)

รหัส	ชื่อ	ชื่อวิทยาศาสตร์
31	ตีนจ้ำ	<i>Ardisia polycephala</i> Wall.
32	อ้อยช้าง, กูก	<i>Lannea coromandelica</i> (Anacardiaceae),
33	ยางนา	<i>Dipterocarpus alata</i>
34	หัลไฮ	-
35	ดงดำ	<i>Alphonsea boniana</i>
36	แคทราย	<i>S. neuranthum</i> ,
37	เด็ม	<i>Bischofia Javanica</i> Blume
38	ปีบ	<i>Millingtonia hortensis</i> (Bignoniaceae),
39	ประดู่	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> , Kurz.
40	แสงใจ	<i>Strychnos nux-vomica</i> (Strychnaceae)
41	ช่อย	<i>Streblus asper</i> var. <i>asper</i>
42	นมวัว	<i>Cyathostemma micranthum</i> (A.DC) J. sinel
43	ประดู่	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> ,
44	กระดังงาป่า	<i>Cananga latatifolia</i>
45	ตุ้มคำ	<i>A.phanamixis polystachya</i>
46	มะกายขัด	<i>Mallotus philippensis</i>
47	มะกอกหลวง	<i>Choerospondias axillaris</i>
48	โมกหลวง	<i>Holarrhena pubescens</i> Wall.ex G.Don
49	ก่อ	<i>Quercus semiserrata</i>
50	ยางพาย	<i>Polyalthia uiridis</i>
51	ต้นตัง	-

ตารางผนวกที่ 12 พันธุ์ไม้ชั้นรองป่าเบญจพรรณขึ้น (แปลงวิจัยที่ MMDF1)

รหัส	ชื่อ	ชื่อวิทยาศาสตร์
01	ไผ่	<i>Vietnamosasa ciliata</i> ,
02	เป่าหลวง	<i>Croton oblongifolius</i>
03	มะปิ่นน้ำ	<i>Irvingia malayana</i>
04	เพกา	<i>Oroxylum indicum</i> (L.) Vrn
05	แดง	<i>Xylia xylocarpa</i> var. <i>kernii</i> (Leguminosae),
06	ตาเสือป่า	<i>Morinda Coreia</i> Ham.
07	เมาสาย	<i>Antidesma acidum</i>
08	มะกายขัด	<i>Mallotus philippensis</i> Muell.Arg.
09	ปีโพง	<i>Dalbergia cana</i>
10	แหน	<i>Terminalia belerica</i> roxb.
11	สัก	<i>Tectona grandis</i> ,
12	ปอหมื่น	<i>B. mollis</i> (Tiliaceae),
13	อ้อยช้าง	<i>Lannea coromandelica</i> (Anacardiaceae),
14	ยางนา	<i>Dipterocarpus alata</i>
15	ตีนเป็ด	<i>Alstonia scholaris</i> R. Br.
16	ชอเลี้ยว	<i>Gmelina arborea</i> ,
17	ปวยเลียด	<i>T. mucronata</i> ,
18	แคทราย	<i>S. neuranthum</i> ,
19	ประดู่	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> , Kurz.
20	ช่างหัวหมู	<i>Millettia velutina</i> , Hoo. f. & t homs.
21	จัวป่า	<i>Bombax valetonii</i> Hochr.

ตารางผนวกที่ 13 ไม้คลุมดิน ในป่าเบญจพรรณขึ้น (แปลงวิจัยที่ MMDF1)

ลำดับที่	ชื่อ	ชื่อวิทยาศาสตร์
1	เขมหลวง	<i>Themeda arundinacea</i>
2	หญ้าไผ่	ไม่สามารถระบุชนิดพันธุ์ได้
3	อังกาบเมือง	<i>Barleria cristata</i> Linn.
4	กล้วยไม้ดิน	<i>Habenaria dentata</i>
5	หญ้าสามคม	<i>scleria</i> sp.
6	เครือคันทา	<i>Cayratia trifolia</i> (L .)Domin
7	พลูป่า	ไม่สามารถระบุชนิดพันธุ์ได้
8	ติงเหว้า	<i>Tacca intergrifolia</i> Ker-Gawl.
9	ผักปราบ	<i>Commeliana</i> sp.
10	รางจืด	<i>Thunbergia grandiflora</i>
11	มะลิดิน	<i>Geophila repens</i>
12	ตีนตุ๊ก	<i>Cary copters Floribunds</i>
13	เฟิร์นตีนตุ๊กแก	ไม่สามารถระบุชนิดพันธุ์ได้
14	กกสามเหลี่ยมเล็ก	<i>Cypures pilosus</i> Vabl.
15	เครือปี่	<i>Dalergia velutrina</i> Benth.
16	เครือขอนแก่น	<i>Congea tomenosa</i> Roxb.
17	สะบ้า	<i>Entada pursaetha</i> DC.
18	หนามแดง	<i>Thunbergia hossei</i> Clarke
19	กลอย	<i>Dioscorea gispida</i> Dennst.
20	กระเจียวขาว	<i>Curcuma paruiiflora</i> Wall
21	กระเจียวบัว	<i>Curcuma sparganifolia</i> Gagnep.
22	สาบเสือ	<i>Chrumulaena oclorta</i>