รายงานผลการวิจัย
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง

ศักยภาพการป้องกันการแตกกระจายของเม็ดดินและการชะล้างพังทลายของป่าเสื่อมโทรม ป่าปลูกและสวนไม้ผล เพื่อประเมินมูลค่าการสูญเสียธาตุอาหารและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของพื้นที่โครงการอุทยานเกษตรฟาร์ม มหาวิทยาลัยแม่โจ้

Potential of CP-index on soil erosion and fertility erosion protection including economic analysis return of the Multi Agricultural Area Maejo University

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2544-2545
จำนวน 120,780 บาท

ผู้วิจัย ผศ. ดร. อรทัย มิ่งธิพล

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์
วันที่ 25 เมษายน 2548

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัยจากงบประมาณปี 2544 – 2545 โดยสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ และความเห็นชอบของคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้โอกาสผู้วิจัย จึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัย

สารบัญ

สารบัญภาพ

สารบัญตาราง

สารบัญภาพ (ต่อ)

สารบัญภาพ (ต่อ)

ศักยภาพการป้องกันการแตกกระจายของเม็ดดินและการชะล้างพังทลายของป่าเสื่อมโทรม ป่าปลูกและสวนไม้ผล เพื่อประเมินมูลค่าการสูญเสียธาตุอาหารและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของพื้นที่โครงการอุทยานเกษตรและฟาร์ม มหาวิทยาลัยแม่โจ้

Potential of CP-index on soil erosion and fertility erosion protection including economic analysis return of the Multi Agricultural Area Maejo University

ผศ. ดร. อรทัย มิ่งธิพล

ภาควิชาภูมิทัศน์ และอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

คณะผลิตกรรมการเกษตร

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

พื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้เป็นพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กที่มีความสำคัญในฐานะเป็นแหล่งต้นน้ำลำธารที่หล่อเลี้ยงชุมชนในพื้นที่เพื่อการอุปโภค-บริโภค และเกษตรกรรม เนื่องจากการใช้ประโยชน์ที่ดินที่หลากหลายในพื้นที่ลุ่มน้ำ จึงเกิดปัญหาการสูญเสียหน้าดินและความอุดมสมบูรณ์ของดินจากการชะล้างพังทลายที่แตกต่างกัน ดังนั้น การศึกษาการชะล้างพังทลายของดินและการสูญเสียธาตุอาหารตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้จึงถูกวิจัยขึ้น เพื่อค้นหาเหตุผลภายใต้ความแตกต่างกันกล่าว และนำไปสู่แนวทางการป้องกันการสูญเสียหน้าดินและธาตุอาหารในดินจากการชะล้างพังทลาย

การศึกษาวิจัย ดำเนินการตั้งแต่ เดือน มิถุนายน ปี พ.ศ. 2544 ถึงเดือน กันยายน ปี พ.ศ. 2546 โดยกำหนดพื้นที่หลายแหล่งที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันเป็นพื้นที่ เป็นพื้นที่ศึกษา ได้แก่ พื้นที่ป่าเบญจพรรณ พื้นที่ป่าเต็งรังแคระ พื้นที่ ป่าเต็งรังรุ่นสอง พื้นที่ป่าปลูก และพื้นที่สวนมะม่วง ข้อมูลได้จากแปลงทดลองขนาด 4x20 เมตร จำนวน 2 แปลง และแปลงขนาด 2x4 เมตร จำนวน 1 แปลง ในทุกพื้นที่ตัวอย่าง เพื่อเก็บปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินและปริมาณตะกอน ไปวิเคราะห์หาปริมาณการสูญเสียหน้าดินและธาตุอาหาร

ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำฝนรายวัน (daily rainfall) มีผลทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินได้สูงในทุกพื้นที่ศึกษา แต่ปริมาณน้ำฝนรายวัน (daily rainfall) ไม่มีผลต่อการเกิดตะกอนในพื้นที่ ในขณะเดียวกันค่าพลังงานของฝนที่มีความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลา 30 นาที (I_{30-max}) กลับมีผลต่อการเกิดการพัดพาตะกอนออกจากพื้นที่ศึกษา เมื่อศึกษาอัตราการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ศึกษาทั้ง 5 พื้นที่ พบว่า พื้นที่ป่าเบญจพรรณมีอัตราการชะล้างพังทลายสูงสุด รองลงมาได้แก่พื้นที่ป่าเต็งรังรุ่นสอง

พื้นที่ป่าเต็งรังแคระ พื้นที่ป่าปลูก และสวนมะม่วง คิดเป็น 3.147, 2.537, 1.647, 1.184 และ 0.328 ตันต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ และพื้นที่ศึกษาที่มีอัตราการสูญเสียธาตุอาหารออกจากพื้นที่ต่ำสุด ได้แก่ พื้นที่สวนมะม่วง คิดเป็น การสูญเสียธาตุอาหารไนโตรเจน (N) 0.425, ฟอสฟอรัส (P) 0.094, โปรแตสเซียม (K) 0.157, แคลเซียม (Ca) 0.464,และแมกนีเซียม (Mg) 0.025 กิโลกรัมต่อปี, ส่วนพื้นที่ที่มีการสูญเสียปริมาณธาตุอาหารสูงสุด ได้แก่ พื้นที่ป่าเบญจพรรณ คิดเป็น การสูญเสียธาตุอาหารไนโตรเจน (N) 6.757, ฟอสฟอรัส (P) 0.2265, โปรแตสเซียม (K) 0.8119, แคลเซียม (Ca) 0.8418,และแมกนีเซียม (Mg) 0.597 กิโลกรัมต่อปี

ผลการศึกษาอัตราการชะล้างพังทลายของดินและการสูญเสียธาตุอาหารในพื้นที่ ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้ สรุปได้ว่า พื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินโดยรวมประมาณ 645.45 ตันต่อปี ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณที่ค่อนข้างสูงแต่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ และ พื้นที่ที่มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินสูงสุด ได้แก่ พื้นที่ป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ เนื่องจากระดับความลาดชันที่มากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพื้นที่ที่มีอัตราการชะล้างพังทลายต่ำสุด ได้แก่ พื้นที่สวนไม้ผลและป่าเบญจพรรณ เนื่องจากระดับความลาดชันที่น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อศึกษาอัตราการสูญเสียธาตุอาหาร สรุปได้ว่า พื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้มีอัตราการสูญเสียธาตุอาหาร คิดเป็นมูลค่าเชิงเศรษฐกิจที่สูญเสียไปประมาณ 31,770 บาทต่อปี

Abstract

Huai Jo Low-Hill Watershed is one of several small watersheds that locate on San Sai Mountain Range surrounding Chiangmai Basin. The low-hill watershed at Huai Jo is rather small but it is the very important source of upstream for local consumption and farming. Various land uses on low-hill watershed result in soil surface erosion, nutrient is absent from land surfaces, violent runoff and the trees are deficiently absorbing water.

The study was conducted during June 2001 to September 2003 in five locations of different forest types and cropping, namely; mixed deciduous forest, dry dipterocarp forest, secondary dry dipterocarp forest, planted forest and mango orchard. In each forest type, 2 plots of 4 x 20 m and one plot of 2 x 4 m was set-up in order to study the volume of runoff and sediment for data analysis on rainfall factor that causes soil surface erosion.

It was found that high runoff on each site was related to daily rainfall but daily rainfall did not produce runoff sediment. However, the consecutive 30 minutes maximum rainfall intensity ($I_{30\text{-}max}$) created soil erosion. In the findings of 5 locations indicated that mixed deciduous forest had the highest on-site erosion rate, followed by secondary dry dipterocarp forest, primary dry dipterocarp forest, planted forest and mango orchard at 3.147, 2.537, 1.647, 1.184 and 0.328 ton per rai per year respectively. Low nutrient losses were found in mango orchard namely: Nitrogen(N) at 0.425, Phosphorus(P) at 0.094,Potassium(K) at 0.157, Calcium(Ca) at 0.464 and Magnesium(Mg) at 0.025 kg/year. High nutrient losses were found in mixed deciduous forest namely; Nitrogen(N) at 6.757, Phosphorus(P) at 0.2265 ,Potassium(K) at 0.8119, Calcium(Ca) at 0.8418 and Magnesium(Mg) at 0.597 kg/year.

In conclusion, Huai Jo low-hill watershed erodes soil surface about 645.45 tons per year, which is considerably high but acceptable. High erosion rate is recorded in dry dipterocarp forest and mixed deciduous forest due to the slope level is higher than 35 percents. On the other hand, low erosion rate occurs in mango orchard and mixed deciduous forest due to the degree of slope is lower than 5 percents. Finally, the nutrient loss study can be summarized that nutrient losses of Huai Jo Low-Hill Watershed is the cost in term of economic value about 31,770 baht year.

บทที่ 1.ความนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ห้วยโจ้เป็นลุ่มน้ำเชิงเขาขนาดเล็ก ที่ตั้งอยู่บริเวณของภูเขาส่วนนอกของแนวภูเขาสูงของเทือกเขาขุนตาล ซึ่งอยู่ทางทิศตะวันออกของแอ่งสะสมตะกอนเชียงใหม่ ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 17.58 ตารางกิโลเมตร ในเขตพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติสันทราย ภายใต้โครงการอนุรักษ์ศึกษาและพัฒนาป่าไม้ ป่าบ้านโปง ตามแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงให้อนุรักษ์ป่าบ้านโปงเป็นป่าต้นน้ำลำธารของห้วยโจ้ โดยมีพระราชกระแสรับสั่งต่อมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เมื่อวันที่ 2 มีนาคม 2521 ให้หาลู่ทางอนุรักษ์และพัฒนาพื้นที่ป่าต้นน้ำห้วยโจ้และพื้นที่ป่าใกล้เคียง ตลอดจนการพัฒนาแหล่งน้ำ เพื่อการเพาะปลูกในฤดูแล้ง จัดการส่งเสริมอาชีพและการบริการให้คำแนะนำด้านการเพาะปลูก และให้ความรู้แก่ราษฎรให้รู้คุณค่าทรัพยากรป่าไม้ จากพระราชกระแสดังกล่าวจึงเกิดโครงการสนองแนวพระราชดำริ โดยการสนับสนุนของกรมป่าไม้ ได้มอบพื้นที่ป่าบริเวณใต้อ่างเก็บน้ำห้วยโจ้ เนื้อที่ 3,686 ไร่ และพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมเนื้อที่ 907 ไร่ และพื้นที่ป่าธรรมชาติเหนืออ่างเก็บน้ำห้วยโจ้ให้แก่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ดูแลรับผิดชอบ เพื่อการอนุรักษ์และศึกษาวิจัยทางนิเวศวิทยา โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการศึกษาวิจัยทางธรรมชาติอย่างแท้จริง และมีเงื่อนไขให้การศึกษาวิจัยไม่รบกวนสภาพธรรมชาติหรือมีการรบกวนน้อยที่สุด เนื่องจากพื้นที่ป่าที่ปกคลุมลุ่มน้ำห้วยโจ้ส่วนใหญ่คือป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณบริเวณแอ่งที่ราบระหว่างหุบเขา โดยป่าทั้งสองประเภทต่างก็มีบทบาทสำคัญในการเก็บกักและชลอความเร็วของน้ำ การป้องกันการชะล้างพังทลายของหน้าดิน ตลอดจนความสำคัญทางเศรษฐกิจและความเป็นอยู่ของประชาชนชาวบ้านโปง ขณะที่พื้นที่ 907 ไร่ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่เคยถูกบุกรุกมาก่อน ปัจจุบันพื้นที่ดังกล่าวได้ถูกพัฒนาด้วยวิทยาการการเกษตรแผนใหม่ ขณะที่พื้นที่ป่าบางส่วนให้มีการฟื้นฟูด้วยธรรมชาติของมันเอง ดังนั้นการศึกษาศักยภาพการป้องกันการแตกกระจายของเม็ดดินและชะล้างพังทลายของป่าปลูกและสวนไม้ผล เป็นการศึกษาเพื่อนำผลการวิจัยมาสร้างแนวทางฟื้นฟูและพัฒนาพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมของลุ่มน้ำเชิงเขาภาคเหนือต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาศักยภาพในการป้องกันการชะล้างพังทลายและการพัดพาตะกอนของป่าฟื้นฟูตามธรรมชาติ ป่าปลูกและสวนผลไม้ในพื้นที่โครงการอทุยานเกษตรและฟาร์มมหาวิทยาลัย

1.2.2 **เพื่อศึกษาปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารที่เกิดขึ้นพร้อมกับการชะล้างพังทลายของหน้าดิน และนำข้อมูลดังกล่าวมาประเมินความสูญเสียและผลตอบแทนในรูปมูลค่าจริงทางเศรษฐกิจ**

1.2.3 **เพื่อนำผลการศึกษาทั้งหมดมาสร้างโมเดลที่เหมาะสมสำหรับการฟื้นฟูและพัฒนาพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมของลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้และลุ่มน้ำใกล้เคียง โดยพิจารณาที่ความสามารถในการลงทุนและความคุ้มทุนของหน่วยงานท้องถิ่นและเกษตรกรท้องถิ่นเป็นหลัก**

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

โครงการวางขอบเขตการศึกษาวิจัยครอบคลุมดังนี้

1.3.1 ขอบเขตเชิงพื้นที่ วางขอบเขตการศึกษาครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้ เนื้อที่ 17.58 ตารางกิโลเมตร ทั้งพื้นที่เหนืออ่างเก็บน้ำและใต้อ่างเก็บน้ำห้วยโจ้ รวมทั้งพื้นที่ป่าเต็งรังรุ่นสองในเขต 907 ไร่ จำแนกป่าไม้ออกเป็น 5 ประเภท ตามลักษณะโครงสร้างทางนิเวศ

1.3.2 ขอบเขตเชิงเนื้อหา

1) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายด้านภูมิกายภาพ น้ำฝน คุณสมบัติของดิน ชนิดพืชพรรณที่ปกคลุม และมาตรการอนุรักษ์
2) อัตราการชะล้างพังทลาย
3) ปริมาณการสูญเสียธาตุอาหาร
4) มูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐกิจจากปริมาณการสูญเสียธาตุอาหาร

1.4 วัน เวลา และสถานีศึกษาวิจัย

ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้ ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 17.58 ตารางกิโลเมตร ห่างจากมหาวิทยาลัยแม่โจ้ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 2 กิโลเมตร การศึกษาวิจัยใช้เวลาในการเก็บข้อมูลในพื้นที่ 2 ปี โดยเริ่มตั้งแต่เดือน เมษายน 2543 – เดือนเมษายน 2545 และการวิเคราะห์และผลิตรายงาน 2 ปี รวมระยะเวลาการทำงาน 4 ปี

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

ผลการวิจัยที่ได้ สามารถบ่งชี้ใช้ทราบถึงคุณค่าของป่าด้านการป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน เพื่อประยุกต์ใช้เป็นแนวทางการจัดการฟื้นฟูระบบนิเวศป่าโดยชุมชนมีส่วนร่วมสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้และลุ่มน้ำเชิงเขาภาคเหนือใกล้เคียงต่อไป

บทที่ 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การชะล้างพังทลายของดินนั้นเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่จะต้องอธิบายควบคู่ไปกับกระบวนการเกิดน้ำป่าหน้าดิน เริ่มจากการที่น้ำฝนตกลงมาและเป็นปัจจัยแรกที่ทำให้ดินพังทลาย และเป็นตัวการพัดพาให้ตะกอนเคลื่อนที่ไป ตะกอนเหล่านั้นประกอบดิน และธาตุอาหารอินทรียวัตถุ การพังทลายของดินเป็นเหตุให้เกิดการตกตะกอนในลำน้ำ เมื่อมีตะกอนมากขึ้นก็ทำให้ระดับน้ำในลำธารสูงขึ้น เกิดน้ำป่าทำความเสียหายแก่ชีวิตและทรัพย์ และเป็นสาเหตุให้เกิดการพังทลายของดินเป็นทอด ๆ สิ่งที่ถูกพัดพาเหล่านี้จะปรากฏให้เห็นในลำน้ำ ที่ราบลุ่มและพื้นที่สุดท้ายคือปากแม่น้ำ ดังนั้นการศึกษาในเรื่องการพังทลายของดินและตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำจึงเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการทรัพยากรลุ่มน้ำ ซึ่งต้องมีวิธีการศึกษาเฉพาะและต้องมีการสร้างอุปกรณ์การศึกษาที่มีประสิทธิภาพเพื่อการจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 กระบวนการชะล้างพังทลาย

การชะล้างพังทลายของดินหมายถึง กระบวนการทำลายและเคลื่อนย้ายอนุภาคดินและหินด้วยการกระทำของน้ำ ลมและแรงโน้มถ่วงของโลก (Satterlund, 1972) ตามธรรมชาติ ผืนดินมักจะปรับตัวให้อยู่สภาพสมดุลเสมอ ดังนั้นการพังทลายของดินมีปรากฏให้เห็นเสมอในธรรมชาติ แม้แต่ในสภาพพื้นที่ที่มีพืชปกคลุมอย่างสมบูรณ์ ขณะเดียวกัน การรบกวนผืนดิน ต้นไม้หรือพืชคลุมดิน ก็เป็นสาเหตุให้เกิดการพังทลายของดิน จากเหตุผลเช่นนี้จึงมีการแบ่งการพังทลายของดินที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์

ปัจจัยพื้นฐานที่มีผลต่ออัตราการชะล้างพังทลายของดิน เมื่อพิจารณาตามกระบวนการที่กล่าวมาโดยละเอียดที่ผ่านมา สามารถสรุปดังนี้

2.2.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างและการพัดพาดินตะกอน

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการพังทลายของดินและเกิดตะกอนในลุ่มน้ำใดก็ตามจะประกอบด้วยสภาพภูมิอากาศ สภาพอุทกวิทยา สภาพภูมิประเทศ ดินและสมรรถนะการพังทลายของดิน สภาพพืชพรรณ และกิจกรรมของมนุษย์

1) **อิทธิพลจากปัจจัยน้ำฝน** Wischmeier and Smith (1958) กล่าวว่าฝนเป็นตัวการสำคัญอย่างยิ่งต่อการชะล้างพังทลายของดิน เนื่องจากการชะล้างพังทลายของดินจะมีความสัมพันธ์กับพลังงานจลน์ของฝนที่มีความเข้มสูงสุดในช่วงเวลา 30 นาที (maximum 30 minute rainfall intensity) มากที่สุด พลังงานจลน์ของฝนพิจารณาจากความเร็วของเม็ดฝนและ

ปริมาณฝนที่ตก Satterlund (1972) สนับสนุนว่า ถ้าค่าความหนักเบาของฝนที่ 30 นาทีสูงสุดมีค่าน้อยมาก การพังทลายของดินจะไม่เกิดขึ้น และอัตราการพังทลายของดินมีค่าเกือบเป็นศูนย์

Wischmeier และคณะ (1958) ศึกษาพบว่าการสูญเสียดินที่เกิดขึ้นในระหว่างพายุฝนแต่ละครั้งนั้นไม่มีสหสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน หรือปริมาณสูงสุดในระยะเวลาที่ฝนตกต่างๆ แต่การสูญเสียดินมีสหสัมพันธ์กับพลังงานโมณมนตัมของฝนแต่ที่ดีที่สุดคือพลังงานจลน์ของฝนมีสหสัมพันธ์กับการสูญเสียดิน อย่างไรก็ตามยังมีความแปรปรวนอีกมากที่ไม่สามารถอธิบายได้จากสหสัมพันธ์ดังกล่าว หลังจากได้ใช้หลักของสมการการถดถอย (multiple regression) มาช่วยในการทดสอบ โดยนำเอาปัจจัยต่างๆ มารวมกัน และผลที่สุดพบว่ามาตรการที่ใช้ประเมินการสูญเสียดินที่ดีที่สุดคือมาตรการที่เกิดจากการผสมผสานกันหลายปัจจัย (compound parameter) ได้แก่ ผลคูณระหว่างพลังงานของฝนกับความแรงของฝนในระยะฝนตก 30 นาที ซึ่งหมายถึงความแรงของฝนเฉลี่ยสูงสุดในช่วงเวลา 30 นาที ในขณะที่มีพายุฝนเกิดขึ้น และพบว่าปริมาณการสูญเสียดินมีสหสัมพันธ์ดีที่สุดกับผลคูณระหว่างพลังงานจลน์ของฝนกับความแรงสูงสุดของฝนในช่วงเวลา 30 นาที

2) **อิทธิพลของน้ำไหลบ่าหน้าดิน** Killinc and Richardson (1973) สรุปผลการทดลองว่า น้ำไหลบ่าหน้าดินมากกว่า 1 นิ้วหรือ 25.4 มิลลิเมตรขึ้นไปจะสามารถพัดพาปริมาณตะกอนมากขึ้นจากปกติถึง 4 เท่า

3) **อิทธิพลของเปอร์เซ็นต์ความลาดชัน** ลักษณะภูมิประเทศที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อการชะล้างพังทลายของดินคือ ความลาดชันของพื้นที่ Zingg (1940) เป็นบุคคลแรกที่ทำการศึกษาความลาดชันต่อการชะล้างพังทลายของดิน พบว่าในพื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ดินจะพังทลายเพิ่มเป็นสองเท่าของเปอร์เซ็นต์ความลาดชันน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากความลาดชันมีอิทธิพลต่อความสามารถในการเคลื่อนย้ายตะกอนโดยน้ำไหลบ่าหน้าดิน

ตะกอนที่ถูกพัดพาจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการเคลื่อนที่ของน้ำไหลบ่าหน้าดินในที่ลาดชันมากกว่าในที่ราบ จากการศึกษาของ Einstien, (1968) และ Foster และ Meyer (1972) สรุปได้ว่า เมื่อพื้นที่มีความลาดชันมากขึ้น ความสามารถในการเคลื่อนย้ายพัดพาจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อัตราการพังทลายของดินขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างปริมาณตะกอนที่ถูกเคลื่อนย้ายและความสามารถในการพัดพาของน้ำ

4) **อิทธิพลของความยาวของความลาดชัน** Zingg (1940) และ Wischmeier และ Smith (1965) รายงานว่า ความยาวของความลาดชันมีอิทธิพลอย่างมากต่อ

การชะล้างพังทลายของดิน ปริมาณดินที่สูญเสียไปจากพื้นที่แปรผันโดยตรงกับกำลัง n ของความยาวของความลาดชัน ค่า n เปลี่ยนแปลงจาก 0 ถึง 0.9 ซึ่งขึ้นกับสภาพความแตกต่างของดินและสัดส่วนของการพังทลายของดินในร่องริ้วและระหว่างร่องริ้วเช่นเดียวกับการศึกษาของ Young และ Mutchler (1969) และ Foster และ Meyer (1972 และ 1975) ในเวลาต่อมา

5) อิทธิพลจากสมบัติของดิน ภายใต้สภาพการเคลื่อนที่ของน้ำ ลักษณะภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสภาพพืชพรรณที่เหมือนกัน ความแตกต่างของดินแต่ละชนิดมีอิทธิพลอย่างมากต่อความยากง่ายในการชะล้างพังทลายและสูญเสียดิน ปัจจัยหลักของดินที่มีอิทธิพลต่อการพังทลาย คือ ลักษณะของเนื้อดิน โครงสร้าง ความหนาแน่นของดิน และความสามารถในการซึมน้ำของดิน โดยปกติในที่มีความลาดชัน ดินเนื้อปานกลางจะถูกชะล้างพังทลายได้ง่ายกว่าดินทราย (Kilinc และ Chardson, 1973)

Middleton (1930) กำหนดดัชนีแสดงความยากง่ายต่อการพังทลายของดินโดยใช้ค่าอัตราส่วนการแตกกระจายของดิน (soil dispersion ratio) และค่าอัตราส่วนการพังทลายของดิน (soil erosion ratio) ซึ่งค่าอัตราส่วนทั้งสองนี้เป็นค่าที่แสดงถึงการพังทลายและการแตกกระจายของดิน คือ ถ้าค่าอัตราส่วนการแตกกระจายของดินมากกว่า 10 และค่าอัตราส่วนการพังทลายของดินมากกว่า 15 แสดงว่าดินนั้นพังทลายง่าย ถ้าน้อยกว่านี้ แสดงว่าดินนั้นพังทลายยาก หน่วยอนุรักษ์ดินของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA Soil Conservation Service) ได้กำหนดค่าสมรรถนะการพังทลายของดิน (soil erodibility factor , K) ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากแปลงทดลอง โดยกำหนดให้เป็นค่าที่แสดงอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่ทำให้ดินเกิดการพังทลายของดินอันเนื่องมาจากพลังน้ำฝนและน้ำไหลบ่าหน้าดิน (Wischmeier และคณะ, 1958) ค่า K นี้ เป็นค่าๆ หนึ่งในสมการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation) ซึ่งใช้ในการประมาณค่าการสูญเสียดินจากพื้นที่ที่ใช้ประโยชน์ด้านเกษตรกรรมและกำหนดแนวทางในการควบคุมการพังทลายของดิน

อิทธิพลของพืชคลุมดินและการจัดการพืชพรรณ พืชและสิ่งปกคลุมดินเป็นปัจจัยสำคัญในการป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน เนื่องจากสามารถป้องกันและลดแรงกระแทกของเม็ดฝน ชะลอการไหลของน้ำไหลบ่าหน้าดิน ซึ่งเป็นการลดแรงกระทำที่เป็นสาเหตุของการชะล้างพังทลายของดิน อนึ่ง สารเชื่อมที่เกิดจากการย่อยสลายใบไม้และสิ่งปกคลุมดิน ทำให้ดินจับกันเป็นก้อนดีขึ้นและเพิ่มปริมาณช่องว่างในดิน มีผลทำให้น้ำมีโอกาสไหลซึมลงสู่ชั้นดินที่ลึกลงไปได้มากขึ้น ตลอดจนช่วยทำให้กิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดินมีมากขึ้น

Schulz (1981) ให้คำนิยามของ C-factor ไว้ว่า เป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณดินที่สูญเสียจากพื้นที่มีการปกคลุมพืชพรรณและสิ่งคลุมดินต่างๆ กับปริมาณดินที่สูญเสียจากพื้นที่ปราศจากพืชหรือสิ่งคลุมดิน และมีการไถพรวนดินเป็นแนวตลอดตามแนวความลาดชันในเมื่อพื้นที่นั้นมีระดับของความลาดชันและความยาวของความลาดชันอันเดียวกันเช่นเดียวกับ Schwab และคณะ (1966) , Morgan (1981) และนิพนธ์ (2527) สรุปบทบาทของพืชที่มีต่อการควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน คือพืชคลุมดินช่วยรองรับเม็ดฝนที่ตกลงมาเป็นการลดพลังงานที่เม็ดฝนกระทบหน้าดินโดยตรงและส่วนต่างๆ ของพืชที่ช่วยเพิ่มการซึมซาบน้ำ (infiltration) ลดการไหลบ่าหน้าดิน เพิ่มการสูญเสียน้ำในดินโดยการคายน้ำ เพิ่มอินทรียวัตถุในดิน และช่วยลดอัตราความเร็วของการไหลบ่าหน้าดิน

Wischmeier (1975) ได้จำแนกอิทธิพลของพืชพรรณ และสิ่งคลุมดินในการป้องกันการพังทลายของดิน ออกเป็น 3 ส่วนคือ อิทธิพลจากส่วนของเรือนยอดต้นไม้ อิทธิพลจากสิ่งคลุมดินหรือพืชชั้นล่าง และอิทธิพลจากการเพาะปลูกหรือเศษเหลือจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน ค่าอิทธิพลต่างๆ ดังกล่าวรวมกันจะคิดเป็นค่าประสิทธิภาพการควบคุมการพังทลายของดินโดยพืชคลุมดิน (crop management factor) หรือ C-factors ในสมการการสูญเสียดินสากล ซึ่งใช้สำหรับประเมินปริมาณการสูญเสียดินจากพื้นที่ใดๆ ได้

ค่าปัจจัย C จากงานวิจัยในอดีต Wischmeier (1975) กล่าวว่า ในสภาพป่าสมบูรณ์จะมีการคลุมดินของเรือนยอดเกือบร้อยเปอร์เซ็นต์ การสูญเสียตามธรรมชาติก็จะมีน้อยมาก จึงได้กำหนดค่า C ของป่าไม้เท่ากับ 0.001 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในประเทศไทยโดยคณะวนศาสตร์ ที่ทำการศึกษาทดลองหาค่า C ของป่าชนิดต่างๆ สำหรับป่าดิบเขาที่ขึ้นปกคลุมพื้นที่ต้นน้ำภาคเหนือของประเทศไทยนั้น การประเมินค่า C-factor ที่จะใช้ในสมการจากแปลงทดลองขนาดเล็ก (4x20 เมตร) บนพื้นที่ความลาดเทประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อดินประเภท sandy clay loam เช่นเดียวกันกับ ถวิล (2528) ได้ศึกษาค่า C ในสมการการสูญเสียดินสากลสำหรับป่าดิบเขาที่มีเปอร์เซ็นต์เรือนยอดปกคลุมในระดับต่างๆ กันในจังหวัดเชียงใหม่ ปรากฏว่าในป่าดิบเขาธรรมชาติมีค่า C เท่ากับ 0.0009 และในป่าดิบเขาที่มีเรือนยอดปกคลุมประมาณ 20-30, 40-50, 50-60, 60-70, 70-80, และ 80-90 เปอร์เซ็นต์ มีค่า C เท่ากับ 0.007, 0.0010, 0.0012, 0.0014, 0.0011 และ 0.0013 ตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ภายหลังจากการเปลี่ยนแปลงสภาพการปกคลุมของเรือนยอดต้นไม้ แล้วปล่อยให้พื้นดินฟื้นคืนสภาพตามธรรมชาติก็ได้ค่าแตกต่างกัน เช่นเดียวกันจึงสรุปว่า เรือนยอดต้นไม้ป่าดิบเขาไม่มีบทบาทต่อค่า C-factor มากนัก วรรณ (2528) ตรวจสอบประเมินค่า C-factor ของปอแก้วไทยต้นเขียว โดย

อาศัยสมการการสูญเสียดินสากลเป็นรายพายุฝน แล้วรวมเฉลี่ยเป็นรายปี มีค่า 0.31 ในขณะที่ สุรจิตต์ และคณะ (2525) คำนวณค่า C-factor ของข้าวไร่ โดยเก็บเศษพืชออกจากแปลง และทิ้งเศษไว้ในแปลง เท่ากับ 0.8, 0.62 และการปลูกข้าวไร่อย่างเดียวเท่ากับ 0.68 แต่ วาสุเทพ และคณะ (2530) ศึกษาในจังหวัดลำปาง ได้ค่า C-factor ของข้าวไร่ตามด้วยข้าวไร่ ทั้งเก็บออกนอกแปลง และทิ้งเศษพืชไว้ในแปลง ประมาณ 0.83, 0.42 ตามลำดับ แต่ถ้าปลูกข้าวไร่ตามด้วยถั่วเขียวจะได้ค่า C-factor เท่ากับ 0.72, 0.48 ตามลำดับ แต่เมื่อนำไปทำการศึกษาลักษณะเดียวกันในจังหวัดเชียงใหม่พบว่าได้ค่า C-factor เท่ากับ 0.76, 0.53, 0.64 และ 0.51 ตามลำดับ

อิทธิพลจากปัจจัยที่เกิดจากมาตรการอนุรักษ์ทั้งแบบวิธีกลและการปลูกพืชเพื่อควบคุมการพังทลายของดิน

Wischmeier (1978) รายงานผลการวิเคราะห์ปัจจัยการปฏิบัติการควบคุมการพังทลายของดินว่า สัดส่วนระหว่างปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงทดลองในสภาพพื้นที่ซึ่งทำการไถพรวนขึ้นลงตามความลาดชันนั้น มีค่าไม่เปลี่ยนแปลง แม้ว่าสมบัติอย่างอื่นในแปลงทดลอง เช่น ระบบการปรับปรุงบำรุงดิน การทิ้งเศษซากพืชเหลือไว้ในแปลงซึ่งจะมีส่วนช่วยในการควบคุมการสูญเสียดินก็ตาม นิพนธ์ (2527) แบ่งค่า P แบ่งออกเป็น 4 ระบบ คือ การทำการเกษตรกรตามแนวระดับ ควบคุมแนวการปลูกพืชและปรับพื้นที่ยกคันเป็นแนว การปลูกพืชสลับตามแนวระดับ และการทำคันดิน

Wischmeire และ Smith (1978) กล่าวว่า ดินป่าไม้ที่ปกคลุมด้วยปริมาณอินทรียวัตถุสูง ค่าอิทธิพลมาตรการที่ใช้ในการอนุรักษ์ดิน มีค่า 0.7 และ Arnoldus (1976) รายงานว่าพื้นที่ที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ใดๆ ในทุกระดับความลาดชันนั้นมีค่า P เท่ากับ 1

สำหรับในประเทศไทย ค่านี้ยังไม่มีมาตรฐานแน่นอน และการปฏิบัติกับกิจกรรมการใช้ที่ดินโดยมีวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำนั้นมีน้อยมากจนไม่สามารถแสดงขอบเขตได้ การทดลองในภาคสนามเพื่อหาค่า P-factor โดยกรมพัฒนาที่ดินได้ดำเนินการไปบ้างแล้ว และทำการรวบรวมโดยมนู (2529) ที่มีการนำเอาค่า P ของนักอนุรักษ์ดินและน้ำต่างประเทศและในประเทศมาใช้ตามความเหมาะสมของลักษณะพื้นที่

2.2 สภาพการพังทลายของดินที่เกิดขึ้นในพื้นที่เกษตรกรรม

สิ่งที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรนั้นมีความสัมพันธ์กับปัจจัยและเทคนิควิชาการหลายๆ สาขา และเป็นที่แน่นอนว่านักอนุรักษ์ดินจะต้องมีส่วนร่วม ภายใต้วัตถุประสงค์หลักคือการอนุรักษ์

ทรัพยากรดินให้คงไว้ซึ่งผลผลิตยาวนาน การจำแนกพื้นที่เกษตรของกรมพัฒนาที่ดิน (2526) เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์และประเมินการชะล้างพังทลายของดินในแต่ละระบบดังต่อไปนี้

1) ความประณีตในการทำการเกษตร ซึ่งเกี่ยวข้องกับวิธีการ ชนิดพืชและผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ โดยสามารถจำแนกได้ 2 ชนิด

: การเกษตรแบบประณีต (intensive agriculture) การทำการเกษตรแบบนี้เป็นการใช้พื้นที่ที่มีความเหมาะสม ตามสภาพพื้นที่และความอุดมสมบูรณ์ของดิน ผลผลิตมีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง ภายใต้การลงทุนสูงเช่นกัน กิจกรรมจะไม่เอื้ออำนวยให้เกิดปัจจัยการพังทลายของดินมากนัก เพราะปัจจัยการจัดการดินและคลุมดินของพืชดี

: การเกษตรแบบหยาบ (Extensive agriculture) พื้นที่การเกษตรแบบนี้มักจะปลูกพืชไร่ที่ลงทุนต่ำและการบำรุงรักษาก็ต่ำ ขณะเดียวกัน ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ก็ต่ำเช่นกัน และมักเกิดปัญหาการสูญเสียดินสูงมาก

2) ความแน่นอนในการใช้พื้นที่ จำแนกได้ 3 ประเภท

: การเกษตรกรรมถาวร (Permanent cultivation) เป็นการใช้พื้นที่มากกว่า 70 ปีขึ้นไป ปัญหาการพังทลายจากการใช้พื้นที่น้อยมาก เนื่องจากการใช้ประโยชน์มีมาตรการที่มีประสิทธิพลตามการพัฒนาการใช้

: การเกษตรกรรมกึ่งถาวร (Semi-permanent cultivation) เป็นการใช้ที่ดินในช่วงต่อเนื่องตั้งแต่ 30 - 70 ปี

: การเกษตรกรรมแบบไร่เลื่อนลอย (Shifting cultivation)คือพื้นเกษตรกรรมที่เกิดขึ้นในช่วง 30 ปี การเกษตรในระบบนี้ก่อให้เกิดปัญหาการพังทลายของดินมาก และไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ

2.3 การสูญเสียธาตุอาหารในดิน

การสูญเสียธาตุอาหารในดินโดยกระบวนการชะล้างหน้าดินนั้น Hudson (1971) เรียกว่าการชะล้างความอุดมสมบูรณ์ (Fertility erosion) ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้จากจำนวนหรือปริมาณผลผลิตที่ได้จากการเก็บเกี่ยวพืช ปริมาณธาตุอาหารจะถูกพัดพาไปในสภาพสารละลายและ/หรือสารแขวนลอย จากการวิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ของดินพบว่าในแปลงทุ่งหญ้าที่ไม่มีการพังทลายของดินจะมีไนโตรเจน 38 เท่าและอินทรียวัตถุ 2 เท่า ของแปลงที่มีการพังทลาย โดย Roose (1977) กล่าวว่าสภาพดินในเขตร้อน (tropical soil) ปริมาณธาตุอาหารในดินมีสูงใน

ระดับความลึกประมาณ 20 เซนติเมตร โดยเฉพาะพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งมีการสูญเสียธาตุอาหารรุนแรงหลังจากป่าไม้ถูกเปิดออก ยิ่งไปกว่านั้น Willrich และ Smith (1970) พบว่าการสูญเสียไนโตรเจนในรูปของ NH_4 - NO_2 และ NO_3 เมื่อตกตะกอนจะอยู่ในรูป NH_4 - N และ N ซึ่งมีความเข้มข้นระหว่าง 1 - 60 มิลลิกรัม/ ลิตร ซึ่ง Barrows และ Vilmer (1963) ศึกษาพบว่า ปริมาณไนโตรเจนที่สูญเสียจริงมีเพียง 42 ปอนด์ต่อเอเคอร์ อย่างไรก็ตาม ยังคงสูงกว่าธาตุอาหารตัวอื่นๆ ขณะที่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในน้ำไหลบ่าจะมีสูงกว่าดินที่ถูกพัดพา ซึ่งเมื่อพิจารณาจากค่า Enrichment ratio (ER) จะมีค่าแตกต่างกันตั้งแต่ 1.3 ถึง 3.3 ในดินแต่ละชนิด การประเมินค่าการสูญเสียธาตุอาหาร Das (1977) ในอินเดียมีปริมาณการสูญเสียในรูปไนโตรเจน 2.5 ล้านตันต่อปี ฟอสฟอรัส 1.5 ล้านตันและโปแตสเซียม 2.2 ล้านตัน ปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียต่อปีมีมากกว่าปริมาณปุ๋ยที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันทั่วประเทศ

2. 4 สมการการสูญเสียดินสากล

Smith และ Whitt (1947) ; Musgrace (1947) ; Van Bartelli (1956) และ Wischmeier และ Smith (1965) ได้ประมวลผลการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินเพื่อพัฒนาสมการ เพื่อใช้ในการประเมินการสูญเสียดิน เรียกว่า สมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation ,USLE) ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

$$A = RKLSCP \qquad \ldots(1)$$

เมื่อ A = ปริมาณดินที่สูญเสียต่อหน่วยพื้นที่ได้จากการคำนวณ

R = ปัจจัยน้ำฝน เป็นหน่วยของดัชนีการพังทลายที่เกิดจากฝนตกรายปีอย่างปกติ

K = ปัจจัยสมรรถนะการพังทลายของดิน เป็นอัตราส่วนต่อหน่วยของดัชนีการพังทลายในดินแต่ละชนิดที่ได้ทำการไถพรวนบนความลาดชัน 9 เปอร์เซ็นต์ และมีความยาว 72.6 ฟุต

L = ดัชนีความยาวของความลาดชัน เป็ฯอัตราส่วนของดินที่สูญเสียจากพื้นที่ที่มีความยาวของความลาดชัน 72.6 ฟุต จากความลาดชัน 9 เปอร์เซ็นต์

S = ดัชนีของความลาดชัน เป็นอัตราส่วนของดินที่สูญเสียจากพื้นที่ที่มีความลาดชัน 9 เปอร์เซ็นต์

C = ดัชนีการจัดการพืชพรรณ เป็นอัตราส่วนของดินที่สูญเสียจากพื้นที่ที่มีการจัดการและปลูกพืชโดยเฉพาะ ซึ่งทราบปัจจัย K เรียบร้อยแล้ว

P = ดัชนีสิ่งก่อสร้างเพื่อควบคุมการพังทลายของดิน เป็นอัตราส่วนของดินที่สูญเสียกับการสร้างแนวขอบเขา ปลูกพืชเป็นแนว หรือการทำเทอร์เรซปลูกเป็นแนวขนานตามแนวตอนบนและตอนล่างของความลาดชัน

นอกจากนั้นยังมีนักวิจัยหลายท่านได้พยายามคิดค้นสมการเพื่อพัฒนาการหาค่าการสูญเสียดินในแต่ละท้องถิ่นตามสภาพภูมิอากาศ และชามลาดชันที่ต่างกันภายใต้สภาพดินฟ้าอากาศและฝนประเภทต่าง ๆ รวมทั้งในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ต่างกัน

บทที่ 3. กระบวนการศึกษาวิจัย

3.1 กระบวนการวิจัย

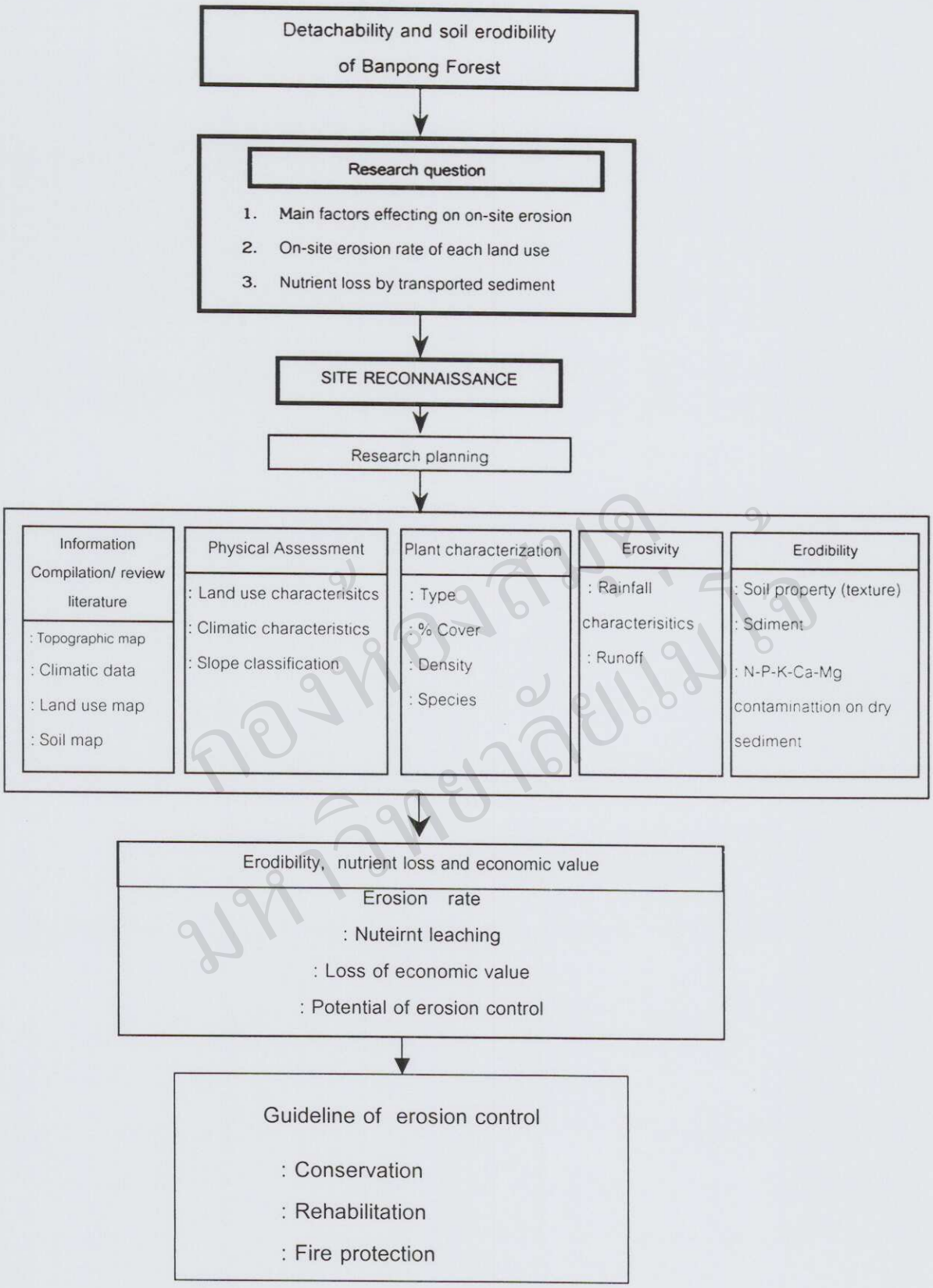
การกำหนดขั้นตอนและวิธีการศึกษาของงานวิจัยนี้ยึดถือวัตถุประสงค์ของการวิจัยเป็นแนวทางสำคัญ ซึ่งสามารถกำหนดแนวทางและขอบเขตการศึกษาได้ดังนี้ 1) ศึกษาศักยภาพทางกายภาพและทางนิเวศวิทยาของพื้นที่ศึกษาที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมเชิงการสูญเสียดิน 2) ศึกษาสมรรถนะและปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียดิน โดยมีขั้นตอนการศึกษาวิจัย ดังนี้

3.1.1 กำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาวิจัย การกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาวิจัย ด้วยแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ก่อนทำการวางแผนรวบรวมและจัดเก็บข้อมูลพื้นฐาน

3.1.2 การรวบรวมข้อมูล รวบรวมข้อมูลในอดีตและปัจจุบันสำรวจพื้นที่เบื้องต้น และแผนที่ลักษณะภูมิประเทศ ธรณีวิทยา ปฐพีวิทยา ข้อมูลภูมิอากาศและการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมทั้งงานศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีต

1) ข้อมูลภูมิอากาศ เนื่องจากไม่มีสถานีตรวจอากาศในพื้นที่ศึกษา ผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะสร้างสถานีตรวจวัดอากาศและติดตั้งเครื่องมือตรวจอากาศบริเวณแปลงเพาะชำกล้าไม้เก่า ของกรมป่าไม้ โดยมีเครื่องมือตรวจวัดอากาศดังนี้

(1) เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติ (recording rain guage) และเครื่องมือวัดน้ำฝนแบบมาตรฐาน (standard rain guage)



ภาพที่ 3.1 กรอบแนวคิดการศึกษาวิจัย

(2)เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิอากาศแบบธรรมดาและเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด (maximum-minimum thermometer)

(3) เทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะเปียกกระเปาะแห้ง (wet-dry thermometer) เพื่อวัดความชื้นสัมพัทธ์

(4) ถาดวัดการระเหยน้ำแบบ U.S. Class A Pan

3.1.3 การแปลข้อมูลจากแผนที่

ก่อนดำเนินการสำรวจพื้นที่ศึกษาเพื่อการวางแผนจัดเก็บข้อมูลภาคสนามและสร้างแปลงทดลอง จำเป็นต้องทำการแปลความหมายในแผนที่เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสำรวจ ได้แก่ ภาพถ่ายทางอากาศ แผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ธรณีวิทยาและแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์ลักษณะทางธรณีสัณฐาน ธรณีวิทยาและสภาพปฐพีวิทยา ซึ่งใช้ในการอธิบายลักษณะทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำต่อไป

3.1.4 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม การสำรวจภาคสนามนั้น ดำเนินการเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ที่ใช้ในข้อ 5.6.3 ซึ่งประกอบด้วยการศึกษาลักษณะทางกายภาพในพื้นที่ศึกษา ลักษณะทางธรณีสัณฐาน โครงสร้างทางธรณี ปฐพีวิทยาและการใช้ที่ดิน ตลอดจนกำหนดจุดสร้างแปลงศึกษาการชะล้างพังทลายของดิน และเลือกตำแหน่งที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ในการสร้างสถานีตรวจอากาศและติดตั้งเครื่องมือวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติ

3.2 การกำหนดตำแหน่งและสร้างแปลงศึกษา

การศึกษาอัตราการชะล้างพังทลายของดินและการสูญเสียธาตุอาหารในพื้นที่ ได้ทำการศึกษาจากลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันของลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้ ได้แก่ พื้นที่ป่าธรรมชาติ พื้นที่ป่ารุ่นสอง และพื้นที่วนเกษตร เป็นดัชนีในการศึกษาวิจัย โดยวิธีสร้างแปลงศึกษาในพื้นที่ตัวอย่างของแต่ละประเภทการใช้ที่ดิน เพื่อศึกษาอัตราการชะล้างหน้าดิน และการสูญเสียธาตุอาหารอันเนื่องมาจากน้ำไหลบ่าหน้าดิน วิธีนี้จะให้ผลด้านการประเมินค่าความคงทนของดินในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ โดยใช้ปริมาณตะกอนในแต่ละพื้นที่เป็นตัวบ่งชี้อัตราความคงทนของดินแล้วนำมาเปรียบเทียบกับแปลงตัวอย่างที่สร้างไว้ในทุก ๆ พื้นที่ศึกษา

บริเวณที่กำหนดตำแหน่งเป็นพื้นที่แปลงศึกษา ได้กำหนดไว้ 3 ลักษณะพื้นที่ด้วยกัน ได้แก่ 1) บริเวณพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ ซึ่งมีสภาพเป็นป่าธรรมชาติ ประกอบด้วยป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรังแคระ ได้กำหนดตำแหน่งสร้างแปลงศึกษาในบริเวณพื้นที่ป่าเบญจพรรณ จำนวน 1 แปลง และในบริเวณพื้นที่ป่าเต็งรังแคระ จำนวน 1 แปลง 2) บริเวณพื้นที่ป่า

เสื่อมโทรม หรือป่าเต็งรังรุ่นสอง ซึ่งอยู่ในความดูแลของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ และได้จัดให้เป็นพื้นที่ป่าปลูกทดแทน มีมาตรการในการควบคุมไฟป่า และทำขั้นบันไดดินในทุก ๆ ระยะ 20 เมตร ได้กำหนดตำแหน่งสร้างแปลงศึกษาในบริเวณพื้นที่ป่าเต็งรังรุ่นสองนี้ จำนวน 1 แปลง และในบริเวณพื้นที่ป่าปลูกทดแทนที่อยู่ใกล้เคียงอีก จำนวน 1 แปลง 3) บริเวณพื้นที่วนเกษตร ที่ทางมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เป็นผู้รับผิดชอบจัดให้เป็นพื้นที่เกษตรแผนใหม่มีการทดลองปลูกมะม่วง ลำไย ส้ม และไม้ผลอื่น ๆ ได้กำหนดตำแหน่งสร้างแปลงศึกษาในบริเวณพื้นที่สวนมะม่วง จำนวน 1 แปลง

พื้นที่ในการสร้างแปลงศึกษาควรมีลักษณะดังนี้ เป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันไม่น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นพื้นที่เรียบตามสภาพธรรมชาติ ไม่มีทางน้ำไหลเป็นร่องลึก หรือมีหินขนาดใหญ่โผล่ขึ้นมาเหนือผิวดิน ซึ่งอาจมีผลกระทบทำให้น้ำไหลบ่าหน้าดินเปลี่ยนทิศทางไม่เป็นไปตามธรรมชาติได้ และควรเป็นพื้นที่ลาดมีความกว้างพอสมควรและสามารถสร้างแปลงศึกษาที่มีขนาดไม่น้อยกว่า 80 ตารางเมตรได้ และที่สำคัญ คือ พืชพรรณที่ขึ้นในพื้นที่ต้องเป็นพืชพรรณตามธรรมชาติของพื้นที่ประเภทนั้น ๆ

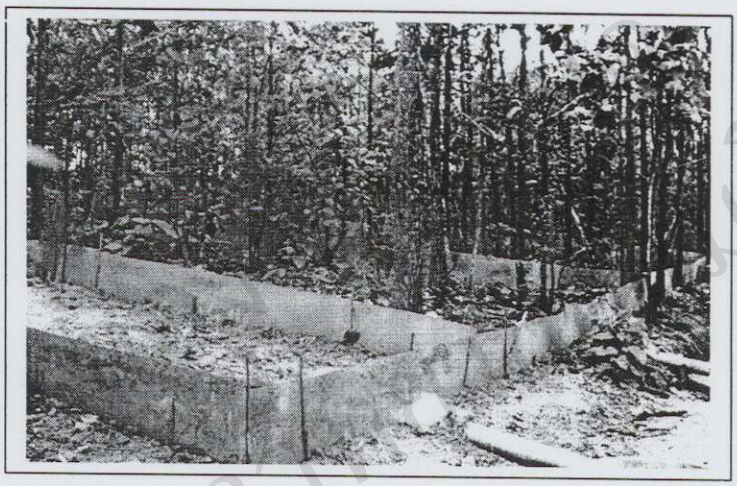
1) วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างแปลงศึกษา

- เทปวัดระยะ
- หมุดไม้
- เชือกฟาง
- สังกะสีแผ่นเรียบ
- ปูนซิเมนต์
- ทรายหยาบ
- ท่อคอนกรีตเทพื้น ขนาด ∅ 0.80 x 0.50 เมตร
- ท่อคอนกรีต ขนาด ∅ 0.80 x 0.50 เมตร
- ท่อคอนกรีต ขนาด ∅ 6 นิ้ว
- ท่อ PVC ขนาด ∅ 1 นิ้ว

2) ขนาดของแปลงศึกษาในพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 3.1 แสดงขนาดแปลงศึกษาการชะล้างพังทลายและการสูญเสียธาตุอาหาร

ประเภทการใช้ประโยชน์	ขนาดแปลง (เมตร)	จำนวน	ขนาดแปลง (เมตร)	จำนวน
1. ป่าเบญจพรรณ	4 x 20	2	2 x 4	1
2. ป่าเต็งรังแคระ	4 x 20	2	2 x 4	1
3. ป่าเต็งรังรุ่นสอง	4 x 20	2	2 x 4	1
4. ป่าปลูก	8 x 20	2	4 x 8	1
5. สวนมะม่วง	12 x 20	2	4 x 8	1



ภาพถ่ายที่ 3.2 แสดงลักษณะการสร้างแปลงศึกษา

ภาพที่ 3.3 แสดงลักษณะการวางท่อรับน้ำจากแปลงศึกษา

4) การสร้างแปลงศึกษา ควรดำเนินการดังนี้

- กำหนดตำแหน่งและขนาดแปลงศึกษาในพื้นที่ ให้มีขนาดตามที่กำหนดไว้ใน ตารางที่ 3.1
- ใช้เทปวัดระยะกำหนดขนาดแปลงศึกษา และปักหมุดเป็นระยะใช้เชือกฟางขึงเป็นแนวรอบขอบแปลง
- ขุดร่องแนวขอบรอบแปลงศึกษาให้มีความลึก และกว้างประมาณ 10 เซนติเมตร จากนั้นเทคอนกรีตลงในร่อง ใช้สังกะสีแผ่นเรียบวางในแนวยาวตั้งฉากกับพื้นที่ ต่อเนื่องกันตามรูปแปลงศึกษา ดังภาพที่ 3.3
- แนวระดับต่ำสุดของความลาดเทในแปลงศึกษา ให้ขุดหลุมฝังท่อคอนกรีตขนาด ϕ 0.80 x 0.50 เมตร ต่อกัน 2 ท่อ และปิดฝา ดังภาพที่ 3.4
- ปฏิบัติในลักษณะเดียวกัน จากข้อ 1 ถึง ข้อ 4. ในทุกพื้นที่ที่ต้องการศึกษา

3.2 การกำหนดตำแหน่งพื้นที่ศึกษาวิจัย

พื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้เป็นลุ่มน้ำเชิงเขาขนาดเล็ก ครอบคลุมพื้นที่โครงการบ้านโปงและอยู่ในเขตพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติสันทราย อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้เป็นพื้นที่อนุรักษ์เพื่อให้เป็นแหล่งต้นน้ำลำธารมีการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค และเพื่อการเกษตรกรรมของราษฎรในฤดูแล้ง พื้นที่ลุ่มน้ำครอบคลุมพื้นที่ป่าธรรมชาติที่อยู่ด้านทิศเหนือและด้านทิศใต้ของอ่างเก็บน้ำห้วยโจ้ ซึ่งมีเนื้อที่ประมาณ 3,686 ไร่ และพื้นที่วนเกษตรอีกประมาณ 907 ไร่ ซึ่งพื้นที่ป่าบริเวณลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้ประกอบด้วยป่าเต็งรังแคระ ป่าเต็งรังรุ่นสอง ป่าเบญจพรรณ ป่าเบญจพรรณชื้น ป่าปลูก พื้นที่สวนไม้ผล และที่อยู่อาศัยของราษฎร

ในปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้ค่อนข้างหลากหลาย ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1). พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ มีสภาพเป็นป่าธรรมชาติประกอบด้วยป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ

2). พื้นที่ป่าเสื่อมโทรมที่ได้รับมอบจากกรมป่าไม้ ทางมหาวิทยาลัยแม่โจ้ได้จัดเป็นพื้นที่ป่าปลูกทดแทน และมีมาตรการควบคุมไฟป่า

3). **พื้นที่วนเกษตร** ทางมหาวิทยาลัยแม่โจ้รับผิดชอบจัดเป็นพื้นที่เกษตรแผนใหม่ มีการทดลองปลูกไม้ผล ไม้ดอก - ไม้ประดับ และมีระบบการจัดการด้วยวิทยาการที่ทันสมัย

จากการสำรวจชนิดและพันธุ์ไม้ในบริเวณพื้นที่ป่าพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้ สามารถอธิบายรายละเอียดได้ ดังนี้

1). **ป่าเต็งรังแคระ** เป็นพื้นที่ป่าส่วนใหญ่ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 55 เปอร์เซ็นต์ เป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงประมาณ 32.5 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนพันธุ์ไม้ประมาณ 33 ชนิด มีความสูงตั้งแต่ 1.6 ถึง 24.0 เมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 2 ถึง 49 นิ้ว ชนิดพันธุ์ไม้เด่นที่พบ ได้แก่ เหียง (*D.obtusifolius*) มะเม่าสาย (*Antidesma acidum*) ฮักหลวง (*Gluta usitata (Anacardiaceae)*) จี้ดำ(*Micromelum sp.*) เปา(*S.siamensis (Dipterocarpaceae)*) เหมือนโคน (*M.Scutellatum*) เป็นต้น

สภาพทั่วไปของป่าเต็งรังแคระ อยู่บริเวณพื้นที่มีความลาดชันสูงถึงปานกลาง ในช่วงฤดูแล้งมักจะเกิดไฟไหม้ป่าอยู่เสมอ ๆ มีสาเหตุมาจากความประมาท หรือราษฎรที่เข้าไปหาของป่าและมีความเชื่อว่าผลผลิตจากป่าจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเกิดไฟไหม้พื้นที่ป่า ดังนั้นจึงมีผลทำให้ลูกไม้ป่าบริเวณพื้นที่ป่าเต็งรังถูกไฟไหม้ทำลายอยู่เสมอ มีผลให้อัตราการเจริญเติบโตของลูกไม้ลดลง และไม้พื้นล่างที่ปกคลุมพื้นดินไม่มีความหนาแน่นเพียงพอที่จะป้องกันผิวหน้าดินมิให้ถูกพัดพาออกจากพื้นที่โดยน้ำไหลบ่าหน้าดินได้ เป็นผลให้ผิวหน้าดินในบริเวณพื้นที่ป่าเต็งรังเกิดการชะล้างพังทลายอยู่เสมอ

2). ป่าเต็งรังรุ่นสอง พื้นที่ส่วนใหญ่กระจายครอบคลุมพื้นที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยแม่โจ้ (907 ไร่) เป็นพื้นที่มีความลาดชันสูงประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ มีมาตรการควบคุมไฟป่าและมีการสร้างขันบันไดดิน (banch terrace) ป้องกันการชะล้างพังทลายของหน้าดิน โดยสร้าง banch terrace ให้มีความกว้างประมาณ 3 เมตร จากส่วนที่สูงที่สุดของพื้นที่ทุก ๆ ระยะ 25 เมตร เพื่อลดอัตราการชะล้างพังทลายของหน้าดิน พันธุ์ไม้ส่วนใหญ่เป็นไม้ขนาดกลางและขนาดเล็ก มีลูกไม้เล็ก ๆ ขึ้นอย่างหนาแน่นในพื้นที่ พันธุ์ไม้ที่พบมีจำนวนประมาณ 13 ชนิด มีความสูงตั้งแต่ 1.50 ถึง 8.5 เมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 1 ถึง18 นิ้ว ชนิดพันธุ์ไม้เด่นที่พบ ได้แก่ เหียง(*D.obtusifolius*) ฮักหลวง (*Gluta usitata (Anacardiaceae)*) จี้ดำ (*Micromelum sp.*) มะเกิ้ม (*Carariun - subulatum*) กาวเครือ (*Millettia auriculata Bak. Varextnsa Benth)* และ รัง (*S.siamensis - (Dipterocarpaceae)*) เป็นต้น

3) ป่าเบญจพรรณและเบญจพรรณชื้น เป็นพื้นที่ป่าธรรมชาติพบอยู่ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้ ส่วนใหญ่อยู่บริเวณพื้นที่ราบเชิงเขา และพื้นที่ราบริมลำห้วย เนื่องจากพื้นที่บริเวณดังกล่าวมีความชื้นสูง เป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงประมาณ 25.5 เปอร์เซ็นต์ มีพันธุ์ไม้ขึ้นอย่างหนาแน่น เปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ไม้ที่พบมีจำนวน ประมาณ 17 ชนิด มีความสูงตั้งแต่ 2.0 ถึง 22.0 เมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 1 ถึง 18 นิ้ว ชนิดพันธุ์ไม้เด่นที่พบได้แก่ ตะแบกเลือด (*Lagertroemia mucronata*) เหียง (*D.obtusifolius*) รัง (*S.siamensis - (Dipterocarpaceae)*) สักทอง (*Tectona grandis*) แงะ (*Shorea obtusa*) เป็นต้น

4) ป่าปลูก เป็นพื้นที่ส่วนหนึ่งของพื้นที่ 907 ไร่ ของฟาร์มวนเกษตรของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เป็นพื้นที่มีความลาดชันไม่สูงมากนักประมาณ 11.5 เปอร์เซ็นต์ มีมาตรการในการดูแลรักษา ระยะปลูกพันธุ์ไม้ประมาณ 4 ถึง 6 เมตรต่อแถว พันธุ์ไม้ที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ ๆ ยางเหียง (Dipterocarpus obtusifolius Teijsm.ex Miq) ยางนา (Dipterocarpus alatus Roxb) สัก (Lagerstroemia - venusta Wall) ประดู่ (Pterocarpus macrocapus) ฯลฯ.มีความสูงตั้งแต่ 2.50 ถึง 4.00 เมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 2 ถึง 4 นิ้ว ไม้พื้นล่างส่วนใหญ่เป็นวัชพืชคลุมดิน ความหนาแน่นประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์

5) สวนมะม่วง เป็นพื้นที่ส่วนหนึ่งของพื้นที่ 907 ไร่ ของฟาร์มวนเกษตรของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เป็นพื้นที่มีความลาดชันไม่สูงมากนักประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ มีมาตรการในการดูแลรักษา ระยะปลูกพันธุ์ไม้ ประมาณ 3 ถึง 4 เมตรต่อแถว มะม่วงที่ปลูกเป็นพันธุ์โชคอนันท์ที่ให้ผลผลิตตลอดปี มีความสูงประมาณ 1.50 ถึง 2.50 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่มประมาณ 2.00 เมตร ทรงพุ่มค่อนข้างโปร่ง ไม้พื้นล่างส่วนใหญ่เป็นวัชพืชคลุมดิน มีความหนาแน่นประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ สภาพพื้นที่เป็นที่ราบมีความลาดชันไม่สูงมากนัก

3.3 การเก็บข้อมูลภาคสนาม

3.3.1 การเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอน

การเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยทำการจัดเก็บตัวอย่างตะกอนหลังฝนตกตลอดฤดูฝน โดยดำเนินการดังนี้

1) เก็บข้อมูลในช่วงเวลาหลังฝนตกทันทีหรือภายในระยะเวลา 6 ชั่วโมง หรือก่อนที่จะมีกลุ่มพายุฝนกลุ่มใหม่ตกลงมาในพื้นที่อีก

2) วัดความสูงขอ

งน้ำในถังรับน้ำ จดบันทึกไว้เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณของน้ำและตะกอน

3) กวนน้ำในถังให้ตะกอนผสมกับน้ำจนเข้ากัน แล้วตวงน้ำตัวอย่างจำนวน 1 ลิตร เพื่อหาปริมาณตะกอน

4) นำน้ำ 1 ลิตร ใส่ในภาชนะตวง แล้วเติม calcium chloride เพื่อเร่งการตกตะกอน

5) เขย่าส่วนผสมในภาชนะตวงแล้วทิ้งให้ตกตะกอนจนหมด

6) นำตัวอย่างน้ำจากแปลงศึกษามากรอง โดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 42

7) นำตะกอนตัวอย่างเข้าตู้อบในอุณหภูมิ 75 ถึง 80 องศา ใช้เวลาอบนาน 24 ชั่วโมง หรืออบจนแห้งสนิท แล้วนำตะกอนแห้งมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาความหนาแน่นของตะกอน มีหน่วยเป็น กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

8) นำค่าความหนาแน่นของตะกอนมาคำนวณ หาปริมาณความสูงของตะกอนต่อขนาดแปลงศึกษา

9) นำตัวอย่างตะกอนที่ได้ในแต่ละแปลงศึกษา มาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เพื่อหาปริมาณธาตุอาหาร (N,P,K,Ca,Mg) ในตะกอน

3.3.2 การวางแผนและจัดเก็บข้อมูลดิน การเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมีและการชะล้างพังทลาย โดยเลือกเก็บตัวอย่างดินตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน 1 ครั้ง จากพื้นที่ป่าฟื้นฟูตามธรรมชาติ สวนไม้ผลและแปลงเกษตรแบบผสมผสาน โดยทำการเก็บดิน 2 รูปแบบ คือ เก็บตัวอย่างดินไม่คงสภาพ (disturbed soil sampling) เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการ ได้แก่ อินทรียวัตถุ, ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัสและพอแตสเซียม และวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพบางประการ ได้แก่ เนื้อดิน,สี,และองค์ประกอบของดิน และการเก็บตัวอย่างแบบคงสภาพ (undisturbed soil sampling) เพื่อศึกษาความสามารถในการซึมซาบน้ำของดิน ตำแหน่งของจุดเก็บตัวอย่างดิน โดยเก็บบริเวณกึ่งกลางของความลึกของชั้นดิน (soil profile) จำนวนตัวอย่างในแต่ละจุด เก็บที่ระดับความลึกซึ่งเป็นตัวแทนที่ดีที่สุดของชั้นดินแต่ละชั้นในภาคตัดขวางของดินบริเวณนั้น

3.2.3 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

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

2) การวิเคราะห์สมบัติของดิน สมบัติทางเคมีของดินวิเคราะห์ที่ภาควิชาดินและปุ๋ย คณะผลิตกรรมทางเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สมบัติทางกายภาพของดิน วิเคราะห์ที่สาขาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ ภาควิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การศึกษาการชะล้างพังทลาย และการสูญเสียธาตุอาหารของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้ มีวิธีการศึกษาโดยสร้างแปลงศึกษาในแต่ละเขตการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้พื้นที่ตัวอย่าง 5 พื้นที่ ได้แก่ บริเวณพื้นที่ป่าเต็งรัง บริเวณพื้นที่ป่าเบญจพรรณ บริเวณพื้นที่ป่าเต็งรังรุ่นสอง บริเวณพื้นที่ป่าปลูก และบริเวณพื้นที่สวนมะม่วง ซึ่งค่าปริมาณตะกอนจากการชะล้างพังทลายที่ได้จากแปลงศึกษา เป็นค่าตัวแทนของการใช้ประโยชน์ที่ดินในลักษณะต่าง ๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำ และสามารถนำไปคำนวณหาอัตราการชะล้างพังทลายและการสูญเสียธาตุอาหารในพื้นที่ลุ่มน้ำต่อไป

ในการศึกษาครั้งนี้ สามารถแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลด้านสถิติ ออกเป็น 6 ส่วน คือ

1) การวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยน้ำฝน ที่ส่งผลกระทบต่อการสูญเสียดิน

2) การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านน้ำฝน ต่อปริมาณน้ำไหลบ่า หน้าดิน และต่อปริมาณการพัดพาตะกอน จากแปลงศึกษา

3) การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน ต่อปริมาณการ พัดพาตะกอน ออกจากแปลงศึกษา

4) การวิเคราะห์ข้อมูลการสูญเสียดินในแปลงศึกษา

5) การวิเคราะห์ข้อมูลการสูญเสียดินในพื้นที่ระดับลุ่มน้ำ

6) การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการประเมินมูลค่าการสูญเสียเชิงเศรษฐกิจ จากอัตราการสูญเสียดินในพื้นที่ระดับลุ่มน้ำ

3.5 การวิเคราะห์การชะล้างพังทลายและการพัดพาตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำ

วิธีการคำนวณปริมาณการสูญเสียดินบริเวณ ได้แบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นกริดและพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยครอบคลุมพื้นที่ 907 ไร่ ด้วยวิธีถ่วงน้ำหนักเชิงพื้นที่ (weighting area) โดยใช้โปรแกรม LANDCAD (Land computer aid design) ในการคำนวนและสร้างแผนที่เพื่อความถูกต้องในการประเมิน ทั้งนี้อยู่บนหลักวิเคราะห์โดยสมการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation) ดังนี้

$$A = RKLSCP \qquad \ldots (2)$$

เมื่อ A = ปริมาณดินที่สูญเสียจากพื้นที่รับน้ำ (ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี)

R = เป็นปัจจัยจากน้ำฝนที่ทำให้เกิดการสูญเสียดิน (ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี)

K = ปัจจัยจากความยาก - ง่าย ในการสูญเสียดิน

LS = ปัจจัยด้านสภาพความลาดชันของพื้นที่รับน้ำ

C = ปัจจัยด้านพืชพรรณที่ปกคลุมดิน

P = ปัจจัยด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ

การวิเคราะห์วิธีทั้งสองข้างต้น ใช้วิธีการคำนวณค่าปัจจัย 4 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยความยาก-ง่ายในการสูญเสียดิน (K-factor) ปัจจัยด้านสภาพความลาดชันของพื้นที่รับน้ำ (LS-factor) ปัจจัยพืชปกคลุมดินและการจัดการพืช (C-factor) และปัจจัยการปฏิบัติการควบคุมการพังทลายของดิน (P-factor) ปัจจัยดังค่าใช้วิธีการถ่วงน้ำหนักเชิงพื้นที่ ตามวิธีการของ William และ Berndt (1972)

3.5.1 การวิเคราะห์ค่า R (ค่าปัจจัยของน้ำฝนที่ทำให้การสูญเสียดิน)

การวิเคราะห์โดยใช้พลังจลน์ของฝนที่ทำให้เกิดการพังทลาย โดยอาศัยสมการตามรูปแบบของ Wischmeier และ Smith (1958) จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์ที่เกิดจากฝนและอัตราความหนักเบาของฝน ดังสมการ (3)

$$E_K = 210.3+89 \log I \qquad \ldots (3)$$

เมื่อ E_K = พลังงานจลน์ที่เกิดจากฝน (เมตร-ตันต่อเฮกตาร์)

I = ความหนักเบาของฝนที่ตกแต่ละช่วงเวลาซึ่งอ่านจากกราฟน้ำฝนที่ได้จากการบันทึกด้วยเครื่องวัดน้ำฝนอัตโนมัติ (เซนติเมตร ต่อวินาที)

ค่า E_K ที่คำนวนได้นี้เมื่อนำมาสัมพันธ์กับความเข้มข้นของฝนที่ตกสูงสุดในช่วงเวลา 30 นาที (maximum 30-minute rainfall intensity: $I_{30\text{-}max}$) ของฝนที่ตกในวันนั้นๆ จะได้พลังงาน

ทั้งหมดที่เกิดจากน้ำฝน จากนั้นแปลงค่าให้อยู่รูปของเปอร์เซ็นต์ จะได้สมการที่เรียกว่า rainfall factor (RFAC หรือ R) ดังสมการ (4)

$$R = [(\Sigma E_K)\ I_{30\text{-}max}] / 100 \qquad \ldots (4)$$

3.5.2 **การหาค่าปัจจัยด้านสภาพความลาดชันของพื้นที่รับน้ำ** (slope length and slope gradient factor, LS)

ลักษณะภูมิประเทศเปกษณะภูมิประเทศเปที่มีผลกระทบต่อการพังทลายของดิน เนื่องจากเป็นตัวช่วยส่งเสริมทำให้แรงดึงดูดของโลกมีบทบาทขึ้นในการทำให้ดินเกิดการพังทลาย ลักษณะสำคัญสองประการของภูมิประเทศ ได้แก่ ความชันและความยาวของความลาดเท เนื่องจากพื้นที่ที่มีความชันและความยาวความลาดเทมาก จะทวีความรุนแรงของน้ำที่ไหลบ่าและก่อให้เกิดการกัดกร่อนของผิวหน้าดินได้มากกว่า ขณะเดียวกันยังมีอิทธิพลต่อความสามารถในการเคลื่อนย้ายน้ำที่ไหลป่าหน้าดิน นอกจากนั้นความลาดชันที่เพิ่มขึ้นจะทำให้พลังงานของน้ำบ่าหน้าดินที่จะขัดถูให้ดินแตกกระจายเพิ่มพลังงานมากขึ้นด้วย เมื่ออัตราความหนักเบาของฝนมากกว่าอัตราการซึมน้ำได้ของดิน และพื้นที่มีความลาดชันมากขึ้น การเคลื่อนย้ายและพัดพาตะกอนจะเพิ่มขึ้นอย่างมาก

การคำนวณค่าปัจจัยความลาดชันและความยาวของพื้นที่ลาดชันมีขั้นตอนการคำนวณความยาวของความลาด โดยใช้โปรแกรม LANDCAD ในการแบ่งพื้นที่ออกเป็นกริดย่อยขนาด 10x10เมตร โดยเริ่มต้นจากการคำนวณระยะทางที่น้ำบ่าไหลหลากลงมาตามความลาดชันของพื้นที่ (L) ดังสมการ (5)

$$L = 0.5\ A_D/L_C \qquad \ldots (5)$$

เมื่อ A_D = พื้นที่กริดย่อย (ตารางกิโลเมตร)

L_C = ความยาวของลำน้ำหรือความลาดชันของพื้นที่ที่ต้องการคำนวณการสูญเสียดินจากการกัดชะและพัดพาโดยน้ำฝนละน้ำบ่าไหลหลากลงสู่ลำธาร (เมตร)

L = ความยาวของความลาดชัน (เมตร)

การคำนวณค่าความลาดชันของพื้นที่จากแผนที่ภูมิประเทศและการสำรวจภาคพื้นดินโดยสมการ (6)

$S = (L_{cj} + L_{cj}+1) \times 100/2\ A_j$ . . .(6)

S_j = ค่าเฉลี่ยของความลาดชันของพื้นที่ (ร้อยละ) ในระหว่างระดับความสูง j และ j +1

H = ความแตกต่างระหว่างเส้นระดับความสูงเท่า j และ +1

L_j = ความยาวของเส้นระดับความสูง j

A_j = พื้นที่ที่ระหว่างเส้นระดับความสูงเท่า j และ +1 (ตารางกิโลเมตร)

การคำนวณค่าความลาดชันเฉลี่ยของพื้นที่กริดย่อยดังในสมการ (7)

$$S = (\sum_{i=1}^{N} S_i A_i)/A_D \quad \ldots(7)$$

เมื่อ n = จำนวนพื้นที่ระหว่างเส้นระดับความสูงเท่า j และ j+1

การคำนวนค่าปัจจัยความลาดชันของพื้นที่ดังสมการ (8)

$$LS = 22.13\ (L/4.705)^m\ (0.0076+0.0053S+0.00076\ S^2) \quad \ldots(8)$$

เมื่อ L = ความยาวของพื้นที่ลาดชัน (เมตร)

m = 0.2 เมื่อความลาดชันของพื้นที่น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์

m = 0.3 เมื่อความลาดชันของพื้นที่มีค่าระหว่าง 1 ถึง 3 เปอร์เซ็นต์

m = 0.4 เมื่อความลาดชันของพื้นที่มีค่าระหว่าง 3 ถึง 4.5 เปอร์เซ็นต์

m = 0.5 เมื่อความลาดชันของพื้นที่มีค่าระหว่าง 5-12 เปอร์เซ็นต์

m = 0.6 เมื่อความลาดชันของพื้นที่มากกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป

3.5.3 การหาค่า K (ปัจจัยจากความยาก-ง่าย ในการสูญเสียดิน) การประเมินค่า K ที่ได้จากวัดปริมาณตะกอนจากแปลงทดลองทุกครั้งหลังฝนตก สำหรับแปลงตะกอนตรวจวัดความยากง่ายต่อการถูกชะล้างของดินมีขนาด 1x4 เมตร ซึ่งสร้างติดกับแปลงตะกอนศึกษาค่าปัจจัยพืชปกคลุมดิน ขนาด 20x4 เมตร (C-factor) ขอบแปลงทำด้วยแผ่นสังกะสีขนาดหนาปานกลาง เพื่อป้องกันน้ำจากภายนอกแปลงไหลเข้ามา โดยฝังแผ่นสังกะสีลงในดินความลึก 30 เซนติเมตร และสูงจากผิวดินประมาณ 30 เซนติเมตร ด้านปากแปลงอยู่ด้านล่างของความลาดชัน มีภาชนะคือถังน้ำมันขนาด 100 ลิตรรองรับน้ำตะกอนที่สามารถอ่านปริมาตรได้โดยการใช้ไม้บรรทัดขนาด 1.50 เมตร วัดความสูงของน้ำในถัง วิธีการปฏิบัติต่อผิวดิน คือ ถางพื้นที่ให้ปราศจากพืชปกคลุมและพรวนดินทุกครั้งหลังเก็บข้อมูล เพื่อรอรับพายุฝนที่จะตกใหม่อีกครั้ง วิธีการเก็บตะกอน คือเก็บตัว

อย่างน้ำจากถังรองรับน้ำจากแปลงตะกอน 1,000 ซีซี (1 ลิตร) หลังฝนตกทุกครั้ง ทำตัวอย่างน้ำให้ตกตะกอน กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 12 และนำตัวอย่างตะกอนไปอบแห้ง เพื่อชั่งน้ำหนักแห้งสุทธิของตะกอนที่เกิดจากพายุฝนแต่ละครั้ง

จากนั้นวิเคราะห์ค่า K ที่มีค่า E_K โดยการประยุกต์สมการของ Dangler และ El-Seaify (1976) เสนอไว้ดังนี้

$$K = A / ELSCP \qquad \ldots (8)$$

เมื่อ A = น้ำหนักแห้งของตะกอนที่วัดได้จากแปลงทดลองที่ไม่มีสิ่งปกคลุม (Erodibility plot) มีหน่วยเป็นตัน

E_K = พลังกัดชะของฝน มีหน่วยเป็นเมตร-ตันต่อเฮกตาร์

LS = ได้จากสมการที่ (7)

จากนั้น คำนวณค่า K ด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนักเชิงพื้นที่ ทั้งโดยวิธีการประเมินแบบลุ่มน้ำย่อยและแบบกริด ได้ค่า K จากของแปลงทดลอง ดังนี้

$$K = (\sum_{i=1}^{N} K_i A_i)/(\sum_{i=1}^{N} A_d) \qquad \ldots (9)$$

เมื่อ K = ปัจจัยแสดงสภาพพังทลายของดินในลุ่มน้ำ

K_i = ปัจจัยแสดงสภาพพังทลายของดินแต่ละชนิดในลุ่มน้ำ

A_D = พื้นที่การใช้ที่ดินแต่ละประเภทที่ปรากฏในลุ่มน้ำ

3.5.4 การวิเคราะห์ปัจจัยพืชคลุมดินและการจัดการพืช (Cropping management factor, c) จากแปลงทดลอง สำหรับแปลงตะกอนศึกษาพืชปกคลุมดิน (C-factor) มีขนาด 4x20 เมตร วิธีการสร้าง ลักษณะและวิธีการเก็บตะกอน กระทำการเช่นเดียวกับแปลงตรวจวัดความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดิน วิธีปฏิบัติต่อผิวดิน คือปล่อยให้พื้นที่อยู่ในสภาพธรรมชาติ

Dangler and El - Swaify (1976) เสนอการประมาณค่าปัจจัยพืชคลุมดินและการจัดพืช (C-factor) เมื่อพื้นที่นั้นมีระดับของความลาดชันและความยาวของความลาดชันเดียวกัน

$$C = A / (EKLSP) \qquad \ldots (10)$$

โดย A = น้ำหนักแห้งของตะกอนที่ได้จากแปลงทดลอง มีหน่วยเป็นเมตร-ตันต่อเฮกตาร์

E = เป็นค่าปัจจัยการชะล้างพังทลาย (erosivity factor) ที่คำนวณได้จากสม

การ มีหน่วยเป็นเมตร-ตันต่อเฮกตาร์

K = ปัจจัยความยากง่ายในการเกิดการพังทลายของดิน (K-Factor)

L = ปัจจัยความลาดชัน

S = ปัจจัยความยาวความลาดเท

P = ปัจจัยการปฏิบัติการอนุรักษ์ดินและน้ำ

จากนั้นคำนวณด้วยหลักการถ่วงน้ำหนักเชิงพื้นที่เช่นเดียวกับปัจจัยตัวอื่นๆ โดยแบ่งพื้นที่โครงการออกเป็นกริดและพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยดังสมการ (11)

$$C = (\sum_{I=1}^{N} C_i A_i)/\sum_{i=1}^{N} A_i \qquad ...(11)$$

โดย Ci = = ปัจจัยจากแต่ละชนิดพืชพรรณที่ปกคลุมดินของแต่ละพืชพรรณและแต่ละความลาดชันของพื้นที่

A_i = = พื้นที่ที่มีพืชพรรณหรือการใช้ที่ดินแต่ละประเภท (ตารางกิโลเมตร)

3.5.5 การคำนวณค่าปัจจัยการปฏิบัติการควบคุมการพังทลายของดิน (Conservation practice factor, P)

สำหรับในประเทศไทย ค่า P-factor ยังไม่มีมาตรฐานแน่นอน และการปฏิบัติกับกิจกรรมการใช้ที่ดินโดยมีวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำนั้นมีน้อยมากจนไม่สามารถแสดงขอบเขตได้ การทดลองในภาคสนามเพื่อหาค่า P-factor ของกรมพัฒนาที่ดินได้กระทำไปบ้างแล้ว และรวบรวมโดยมนู (2529) และมีการนำเอาค่า P ของนักอนุรักษ์ดินและน้ำต่างประเทศและในประเทศมาใช้ตามความเหมาะสมของลักษณะพื้นที่

จากนั้นคำนวณด้วยหลักการถ่วงน้ำหนักเชิงพื้นที่เช่นเดียวกับปัจจัยตัวอื่นๆ ดังสมการ (12)

$$P = (\sum_{I=1}^{N} P_i A_i) / \sum_{i=1}^{N} A_i \qquad ...(12)$$

เมื่อ P_i = ค่าปัจจัยการอนุรักษ์ดินและน้ำของแต่ละพืชพรรณและแต่ละความลาดชันของพื้นที่

A_i = พื้นที่ที่มีการอนุรักษ์ดินและน้ำ แต่ละรูปแบบ (ตารางกิโลเมตร)

3.5.6 การประเมินค่าอัตราส่วนการพัดพาตะกอนลงสู่อ่างเก็บน้ำห้วยโจ้ อัตราส่วนการพัดพาตะกอน (sediment delivery ratio; SDR) เป็นอัตราส่วนที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนทั้งหมดที่วัดได้ ณ จุดวัดในลำน้ำกับปริมาณการสูญเสียดินจากลุ่มน้ำที่อยู่เหนือจุดน้ำออก (outlet) ซึ่งเป็นปริมาณดินที่สูญเสียและถูกพัดออกจากพื้นที่ลุ่มน้ำ

สมการที่ใช้คำนวนอัตราส่วนการพัดพาตะกอน ดังสมการที่ 13

$$\log SDR = 1.8768 - 0.14191 \log (10\ A_D) \qquad \ldots (13)$$

โดยที่ SDR = อัตราส่วนการพัดพาตะกอนออกจากพื้นที่ มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

A_D = พื้นที่กริดย่อย (ตารางกิโลเมตร)

3.5.7 การวิเคราะห์ธาตุอาหารในตะกอนแขวนลอยและดินตะกอน หลังจากนำตะกอนที่ผ่านการอบแห้งและชั่งน้ำหลังแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการวิเคราะห์ธาตุอาหารที่ได้จากตะกอนแขวนลอยและดินตะกอนมาวิเคราะห์ธาตุอาหาร ดังนี้ ไนโตรเจน (N) โปรแทสเซียม (K) ฟอสฟอรัส (P) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) เพื่อประเมินการสูญเสียธาตุอาหารที่เกิดขึ้นพร้อมกับการชะล้างพังทลายหน้าดิน

3.5.8 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการประเมินมูลค่าการสูญเสียเชิงเศรษฐกิจ จากอัตราการสูญเสียดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ

1) การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างการชะล้างพังทลายต่อการสูญเสียธาตุอาหาร ในลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน โดยใช้สมการ regression analysis ในการวิเคราะห์จากตัวแทนปัจจัยที่ก่อให้เกิดอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลาย และจากตัวแทนการใช้ที่ดินทั้ง 5 พื้นที่

2) การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารจากการชะล้างในพื้นที่ลุ่มน้ำต่อการสูญเสียเชิงเศรษฐกิจ สามารถคำนวณได้จากสมการ regression analysis โดย นำค่าปริมาณตะกอนแห้งจากแปลงศึกษาตัวอย่าง ไปคำนวณเปรียบเทียบหาปริมาณตะกอนที่จะสูญเสียจากพื้นที่ลุ่มน้ำ จากนั้นนำตัวอย่างตะกอนแห้งที่ได้จากแปลงศึกษามาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ

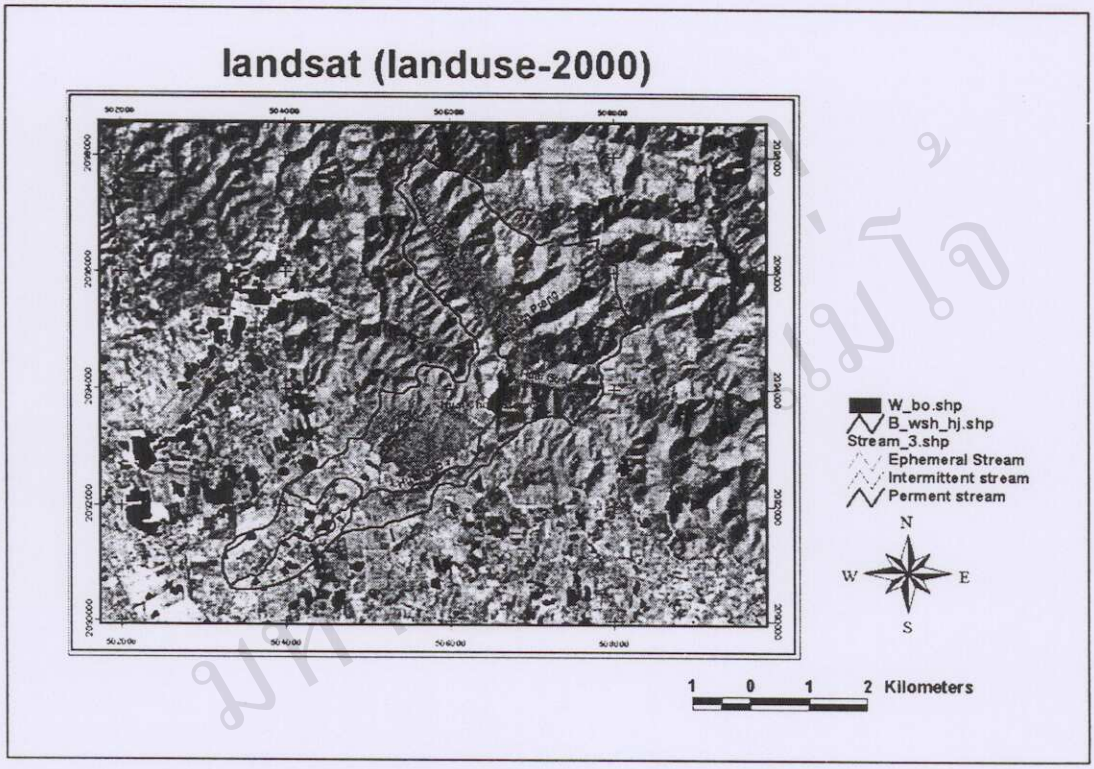
- นำข้อมูลปริมาณธาตุอาหารที่ได้จากการวิเคราะห์ มาคำนวณเปรียบเทียบหาปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารจากพื้นที่ลุ่มน้ำ ผลที่ได้จากการคำนวณ คือ ปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียจากพื้นที่ลุ่มน้ำที่เกิดจากการชะล้างพังทลาย

- ค่าปริมาณธาตุอาหารเหล่านี้ นำมาคิดเทียบกับราคาปุ๋ยที่จำหน่ายอยู่ในท้องตลาด จะได้มูลค่าเป็นอัตราการสูญเสียเชิงเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นจากการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ

บทที่ 4 พื้นที่ศึกษา

4.1 ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา

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



ภาพที่ 4.1 ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้

ที่มา: ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat (2542)

ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้อยู่ในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าสันทราย ภายใต้โครงการอนุรักษ์ศึกษาและพัฒนาป่าไม้ ป่าบ้านโปง ตามพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ให้อนุรักษ์ป่าต้นน้ำห้วยโจ้ โดยมีพระราชกระแสรับสั่งแก่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เมื่อวันที่ 2 มีนาคม 2521 ให้มหาวิทยาลัยศึกษาแนวทางวิชาการเพื่ออนุรักษ์ ศึกษาและพัฒนาพื้นที่ป่าต้นน้ำห้วยโจ้และพื้นที่ลุ่มน้ำใกล้เคียง ตลอดจนการพัฒนาแหล่งน้ำ โดยมีพระราชดำรัสให้สร้างอ่างเก็บน้ำห้วยโจ้ที่มีขนาด

ความจุ 1.2 ล้านลูกบาศก์เมตร เพื่อการเพาะปลูกในฤดูแล้งและส่งน้ำไปช่วยเหลือราษฎรในลุ่มน้ำห้วยฮักและลุ่มน้ำห้วยเฮี๋ยง รวมทั้งจัดการส่งเสริมอาชีพและการบริการให้คำแนะนำด้านการเพาะปลูก และให้ความรู้แก่ราษฎรให้รู้คุณค่าของทรัพยากรป่าไม้ จากโครงการพระราชดำริดังกล่าว โดยการสนับสนุนของกรมป่าไม้ ได้มอบพื้นที่ป่าบริเวณใต้อ่างเก็บน้ำห้วยโจ้ 3,686 ไร่ และพื้นที่ป่าเหนืออ่างเก็บน้ำห้วยโจ้ ให้แก่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ดูแลรับผิดชอบ เพื่อการอนุรักษ์และศึกษาวิจัยทางนิเวศวิทยา โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการศึกษาวิจัยทางธรรมชาติอย่างแท้จริง และมีเงื่อนไขว่า การศึกษาวิจัยนั้นต้องไม่รบกวนสภาพป่าธรรมชาติหรือให้เกิดน้อยที่สุด

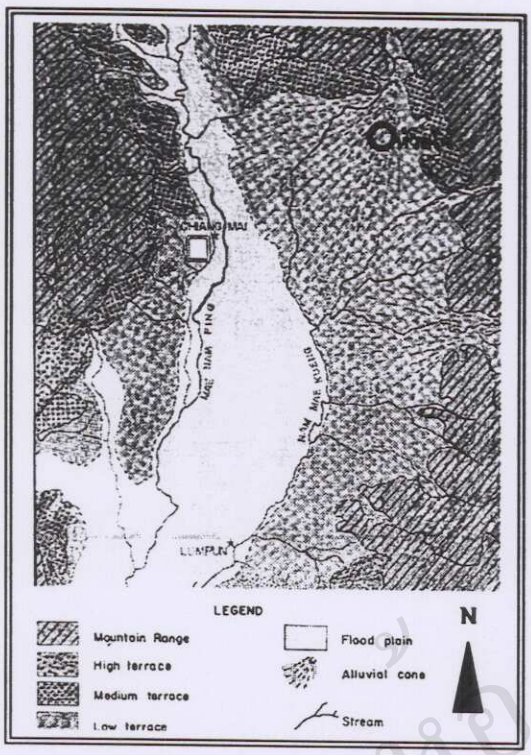
4.1.1 ลักษณะธรณีสัณฐาน

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

แอ่งสะสมตะกอนเชียงใหม่มีลักษณะเป็นแอ่งทรุด (graben) และแอ่งกึ่งทรุด (half graben) ที่เกิดจากรอยเลื่อนในแนวเหนือ-ใต้ และรอยเลื่อนในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ประกอบด้วยตะกอนขนาดกรวดและทรายยุคเทอร์เชียรี ซ้อนทับด้วยตะกอนน้ำพายุคควอเทอร์นารี ดังนั้นจึงพบตะกอนยุคเทอร์เชียรีรองรับอยู่ด้านล่างของตะกอนน้ำพา (ขนาดหยาบ) ยุคควอเทอร์นารีในพื้นที่สูง และตะกอนน้ำพา (ขนาดละเอียด) ยุคควอเทอร์นารีทับถมในบริเวณตะพักที่ต่ำและที่ราบน้ำท่วมถึง (Chuamthaison ,1971; Kaewnara,1985)

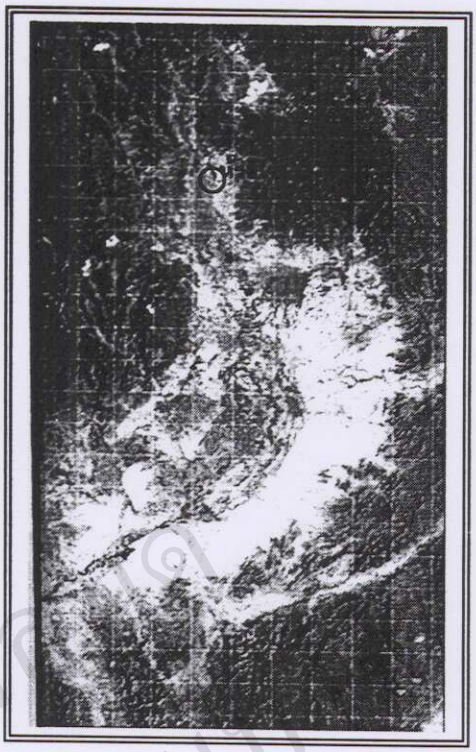
สภาพธรณีวิทยาบริเวณแอ่งสะสมตะกอนเชียงใหม่ ประกอบด้วยหินแกรนิตและหินไนส์ ซึ่งเป็นแกนหลักของเทือกเขาถนนธงชัยตะวันออก ด้านเทือกเขาขุนตาลประกอบด้วยหินแกรนิตและหินควอร์ตไซต์ เป็นแกนหลัก หินที่กระจายอยู่รอบนอกของเทือกเขาทั้งสองได้แก่ หินดินดาน หินทราย หินปูน ตะกอนบริเวณเชิงเขาและที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง ดังแสดงแผนที่ธรณีวิทยาบริเวณแอ่ง

สะสมตะกอนเชียงใหม่ในภาพที่ 4.2 และ 4.3 รายละเอียดของการลำดับชั้นหินตั้งแต่อายุมากที่สุดถึงน้อยมีดังนี้



ภาพที่ 4.2 ธรณีสัณฐานแอ่งเชียงใหม่

ที่มา : Chuamthaison (1971)



ภาพที่ 4.3 ภาพถ่ายดาวเทียม แอ่งเชียงใหม่

ที่มา : LANDSAT 3-4-5 (2540)

1) หินยุคพรีแคมเบรียน (Precambrian Rocks) หินยุคพรีแคมเบรียนปรากฏบริเวณยอดเขาทางทิศตะวันตกของแอ่งเชียงใหม่ หรือบริเวณแนวเทือกเขาที่เป็นแกนหลักของเทือกเขาถนนธงชัยตะวันออก ประกอบด้วย หินพาราไนส์ และ ออโธไนส์ เป็นส่วนใหญ่ บางบริเวณเป็นไบโอไทต์-ซิลลิมาไนต์ชีสต์ ไมกาชีสต์ และหินแคลค์ซิลิเกต

2) หินยุคออร์โดวิเชียน (Ordovician Rocks) หินยุคออร์โดวิเชียนปรากฏแทรกกระจายเฉพาะบางบริเวณของเทือกเขาถนนธงชัยตะวันออก ประกอบด้วนหินปูนสีเทาเข้ม

3) หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน (Silurian-Devonian Rocks) หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียนปรากฏแทรกกระจายเฉพาะบางบริเวณในแนวแกนของเทือกเขาถนนธงชัยตะวันออก แต่ปรากฏเป็นแกนหลักด้านทิศเหนือและด้านทิศใต้ของเทือกเขาขุนตาล ประกอบด้วยหินดินดาน หินควอรต์ไซต์ และหินโคลนปนกรวด

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

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

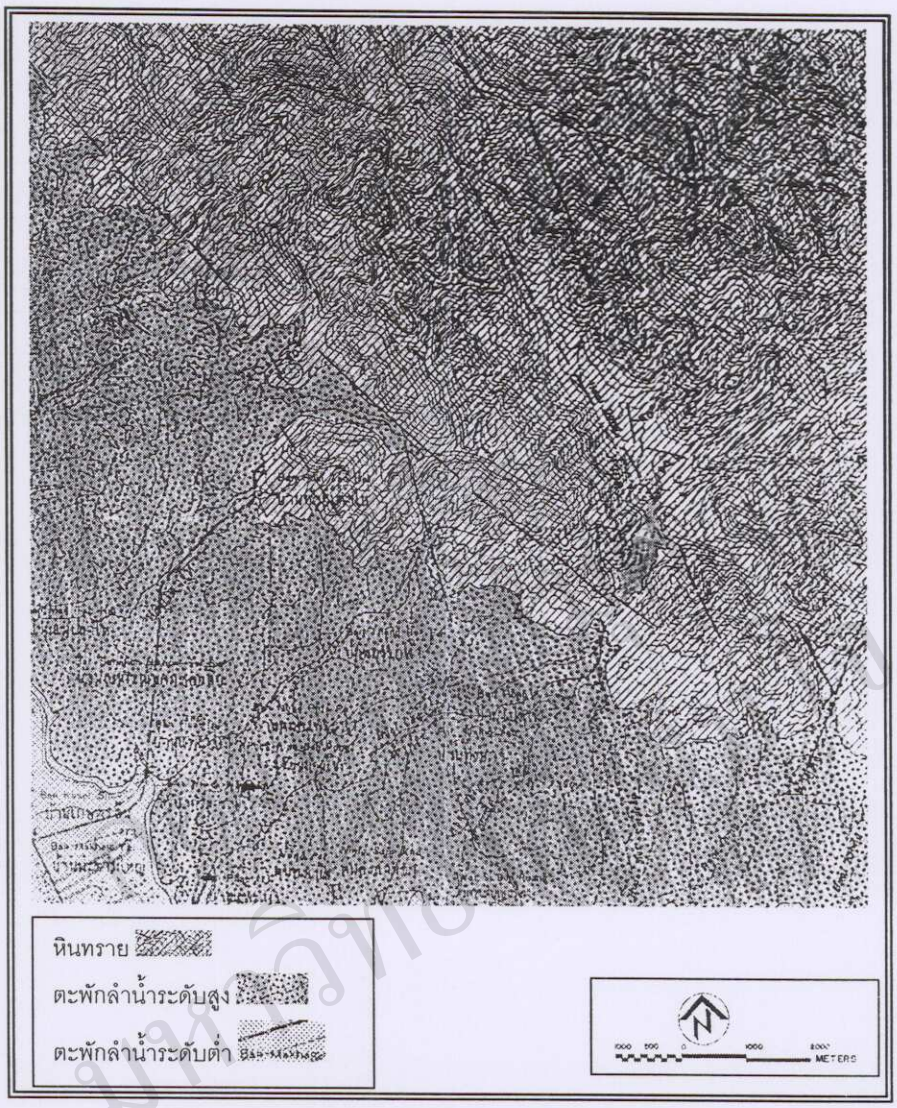
6) **ตะกอนยุคควอเทอร์นารี** (Quaternary Sediments) **ตะกอนยุคควอเทอร์นารีปรากฏกระจายบริเวณเชิงเขาขอบแอ่งเชียงใหม่ของเทือกเขาทั้งสองด้าน ประกอบด้วยก้อนหินมน กรวดมน ทรายหยาบ ทรายละเอียด และดินเหนียว ปะปนกันเป็นตะกอนที่ทับถมบริเวณเชิงเขา ตะพักลำน้ำระดับสูง และตะพักลำน้ำระดับต่ำ ต่อจากแนวตะพักลำน้ำ เป็นตะกอนยุคควอเทอร์นารีที่มีระดับสูงกว่าบริเวณน้ำท่วมถึง ประกอบด้วยทรายหยาบ ทรายละเอียดและตะกอนบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง ซึ่งประกอบด้วย ทรายละเอียดสลับชั้นกับดินเหนียว**

ธรณีวิทยาของลุ่มน้ำห้วยโจ้ประกอบด้วยหินทรายปนควอร์ตไซต์ (quartzitic sandstone) และหินทรายปนเฟลด์สปาร์ (feldspartic sandstone) แทรกสลับกับหินดินดานของหินชุดแม่ทายุคคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous Mae Tha Groups) ซ้อนทับอย่างไม่ต่อเนื่องบนหินดินดานยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน (Silurian - Devonian Shale) มีรอยเลื่อนทรุดตัว (block faults) ปรากฏในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้บริเวณปลายความลาดชันของภูเขา (ภาพที่ 4.4) หุบเขาเล็กๆ ในกลุ่มภูเขาส่วนนอกรอบเทือกเขาขุนตาลนี้มีห้วยต้นกอกซึ่งเกิดจากรอยเลื่อนและเป็นทางน้ำสาขาของห้วยโจ้วางตัวในแนวเฉียงเหนือของตะวันตกเฉียงเหนือและเฉียงใต้ของตะวันตกเฉียงใต้ (NNW-SSE) ซึ่งมีทิศทางในแนวเดียวกันกับรอยเลื่อนอื่นๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กวง ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Sukwattananunt และ Assuapatchara (1992) และ Hinthong (1993)

ธรณีสัณฐานบริเวณลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้ประกอบด้วยพื้นที่ภูเขา (mountaineous area) ตะพักลำน้ำระดับสูง (high terrace) ตะพักลำน้ำระดับต่ำ (low terrace) และ ที่ราบน้ำท่วมถึง (floodplain) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Thanadpipat และคณะ (1982) และ Thanadpipat และคณะ (1989) ดังรายละเอียด

1) ตะพักลำน้ำระดับสูง (high terrace) ตะพักลำน้ำระดับสูงปรากฏเป็นแนวยาวบริเวณขอบของแอ่งสะสมตะกอน ส่วนใหญ่ประกอบด้วยก้อนกรวด (gravel) และทราย (sand) มีขนาดไม่สม่ำเสมอ มีรูปร่าง ค่อนข้างกลม (subrounded) ถึงกลม (rounded) ก้อนหินมนใหญ่ (boulder) และก้อนกรวด (gravel) ซึ่งพัฒนามาจากการสลายตัวและการพังทลายของหินทราย

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



ภาพที่ 4.4 ลักษณะธรณีสัณฐานของลุ่มน้ำเชิงเขา ห้วยโจ้

ที่มา: กรมทรัพยากรธรณี (2538)

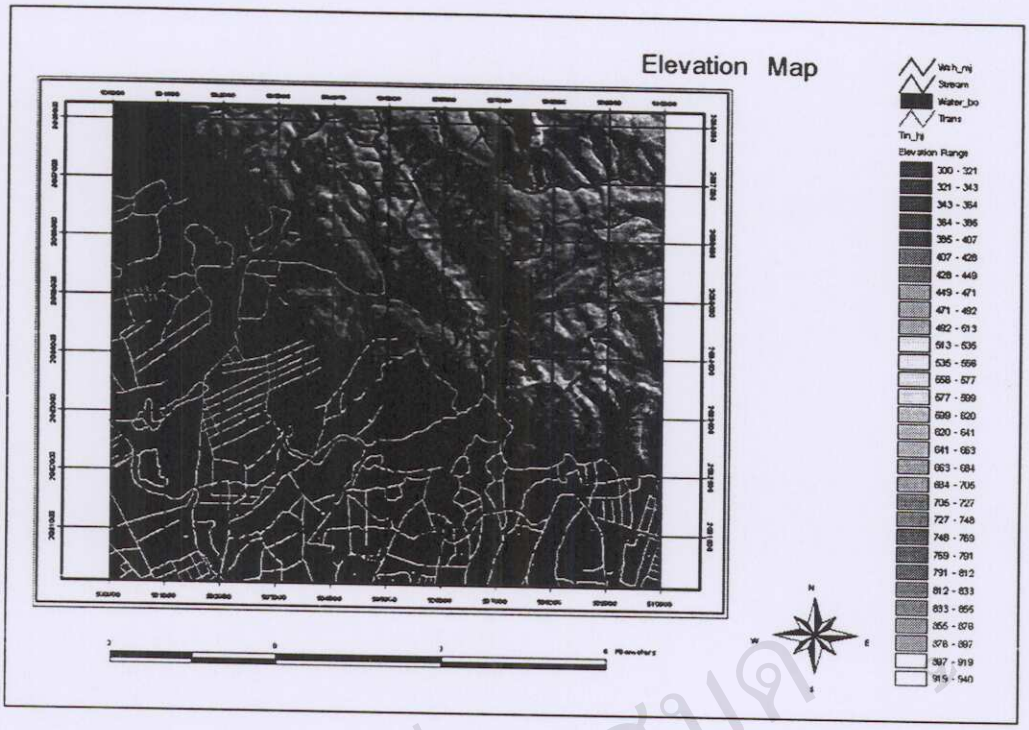
2) ตะพักลำน้ำระดับต่ำ (low terrace) ตะพักลำน้ำระดับต่ำปรากฏเป็นแนวยาวระหว่างตะพักลำน้ำระดับสูง (high terrace) และพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง ตะกอนหน่วยนี้มีขนาดอนุภาคละเอียดเป็นส่วนใหญ่ประกอบด้วยแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์ (Kaolinitic clay) แทรกด้วยทรายและก้อนกรวดรูปร่างของก้อนกรวดเป็นเหลี่ยม (angular) ถึงค่อนข้างเหลี่ยม (subangular) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแร่เขี้ยวหนุมาน (quartz)

3) ที่ราบน้ำท่วมถึง (floodplain) ที่ราบน้ำท่วมถึงเป็นพื้นที่ส่วนน้อยของพื้นที่ต่ำตอนล่างต่อจากตะพักลำน้ำระดับต่ำ (low terrace) เกิดขึ้นเนื่องจากสิ่งทับถมธารน้ำพา (fluvial deposition) โดยลำน้ำสายหลักของแอ่งสะสมตะกอนเชียงใหม่ (แม่น้ำปิง) ที่ราบน้ำท่วมถึงประกอบด้วยตะกอนน้ำพา (alluvial sediments) ซึ่งเป็นทรายละเอียดที่มีการคัดขนาดอย่างดีสลับชั้นกับดินเหนียวหนาประมาณ 2-3 เมตร ความหนาของการตกตะกอนนี้ประมาณ 4 เมตร

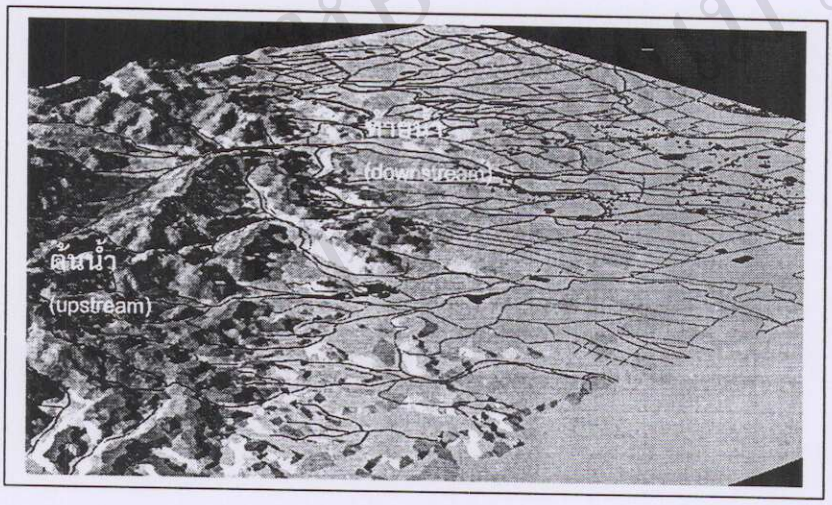
4.1.2 ลักษณะภูมิสัณฐานของลุ่มน้ำ

การศึกษาลักษณะภูมิสัณฐานของลุ่มน้ำโดยการตรวจวัดจากแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ประกอบด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำ ความลาดชันและความยาวของลำน้ำ ความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ ทิศด้านลาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ ความหนาแน่นของการระบายน้ำ รูปทรงและรูปร่างของลำน้ำ โดยสรุปได้ว่า ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้มีรูปร่างเรียวยาวและหักงอคล้ายบูเมอแรง 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

เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้ มีลักษณะเฉพาะซึ่งแตกต่างจากพื้นที่ลุ่มน้ำที่สูงตอนบนและลุ่มน้ำที่สูงตอนกลาง กล่าวคือ ลุ่มน้ำเชิงเขาเป็นพื้นที่รับน้ำที่อยู่ในกลุ่มภูเขารอบนอกของแนวเทือกเขา จึงมีความสูงและความลาดชันไม่มาก มักปกคลุมด้วยป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ มีลำธารสายสั้นๆ ระบายน้ำลงสู่ที่ราบน้ำท่วมถึงอย่างรวดเร็ว จึงเป็นสาเหตุของการเกิดอุทกภัยในฤดูฝน และมักขาดแคลนน้ำในฤดูแล้ง ลักษณะภูมิสัณฐานที่สำคัญอีกลักษณะหนึ่งของลุ่มน้ำเชิงเขาคือ มักมีที่ราบระหว่างหุบเขาแคบๆ ซึ่งมีความกว้างประมาณ 200 - 500 เมตร ที่ราบบริเวณนี้เป็นพื้นที่สะสมตะกอน เนื่องจากที่ราบนี้ต่อเนื่องจากลาดเขาและสันเขา มีความลาดชันมากกว่าเมื่อฝนตกลงมามากกว่าความสามารถในการซึมซาบน้ำของดินบริเวณลาดเขาและสันเขา จึงเกิดน้ำไหลบ่าเหนือดินลงสู่บริเวณที่ราบระหว่างหุบเขา ปริมาณน้ำนี้จะถูกกักเก็บไว้โดยตะกอนบริเวณที่ราบ และจะระบายสู่ลำธารอย่างช้าๆ ซึ่งจะแสดงผลการวิเคราะห์อย่างละเอียดในผลการศึกษาด้านกราฟน้ำท่า ลักษณะภูมิสัณฐานซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขานี้แสดงในแผนที่แสดงความลาดชันของลุ่มน้ำในภาพที่ 4.5 และแสดงภาพตัดขวางของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยโจ้ ในภาพที่ 4.7- 4.8

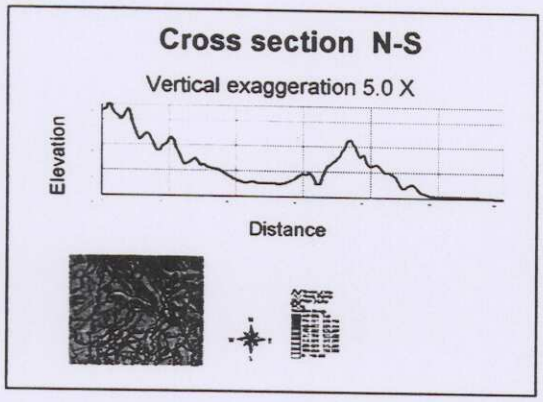


ภาพที่ 4.5 ลักษณะภูมิประเทศ ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้

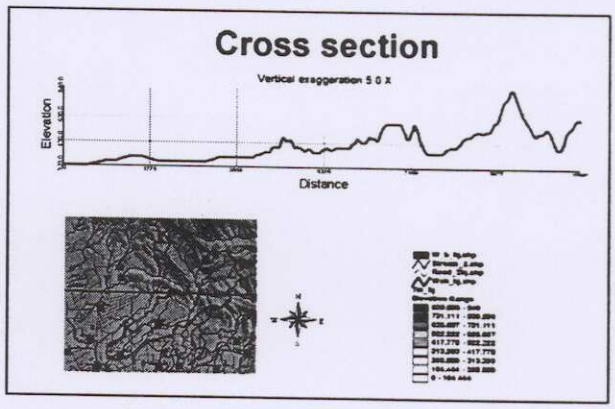


ภาพที่ 4.6 ภาพสามมิติ ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้

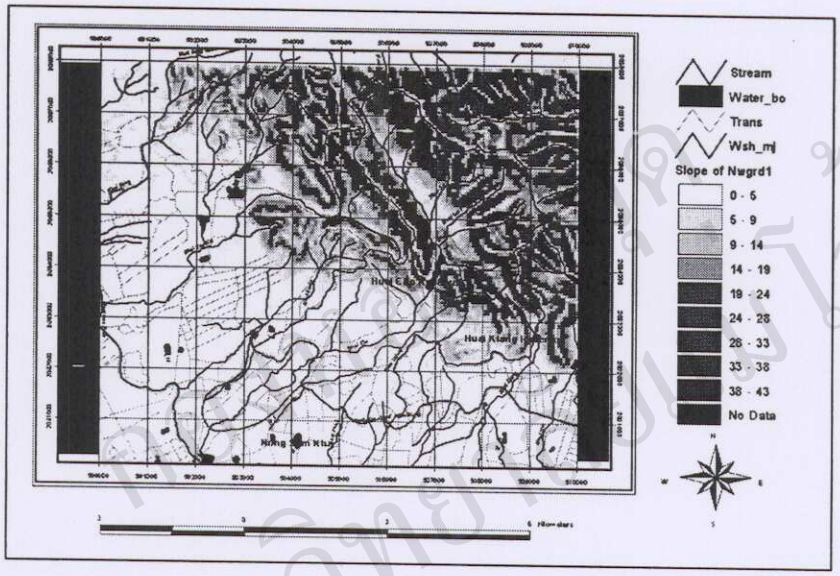
ความสูงเฉลี่ยของลุ่มน้ำห้วยโจ้ 450 เมตรจากระดับน้ำ ณ ช่วงระดับความสูง 375 - 872 m MSL ความลาดชันสูงสุดในพื้นที่ 43% โดยมีความลาดชันเฉลี่ยทั้งพื้นที่ 17.5 เปอร์เซ็นต์ ระบบการระบายน้ำ (drainage pattern) ดีกว่าตอนล่าง สำหรับความหนาแน่นในการระบายน้ำ 1,024 ต่อตารางกิโลเมตร ความแตกต่างของระดับความสูงระหว่างต้นน้ำและปลายน้ำมีมาก ขณะที่จุดกึ่งกลางลุ่มน้ำอยู่ ณ ระดับ 450 เมตร จากระดับน้ำทะเล



ภาพที่ 4.7 ก ตัดขวางแนวเหนือ – ใต้



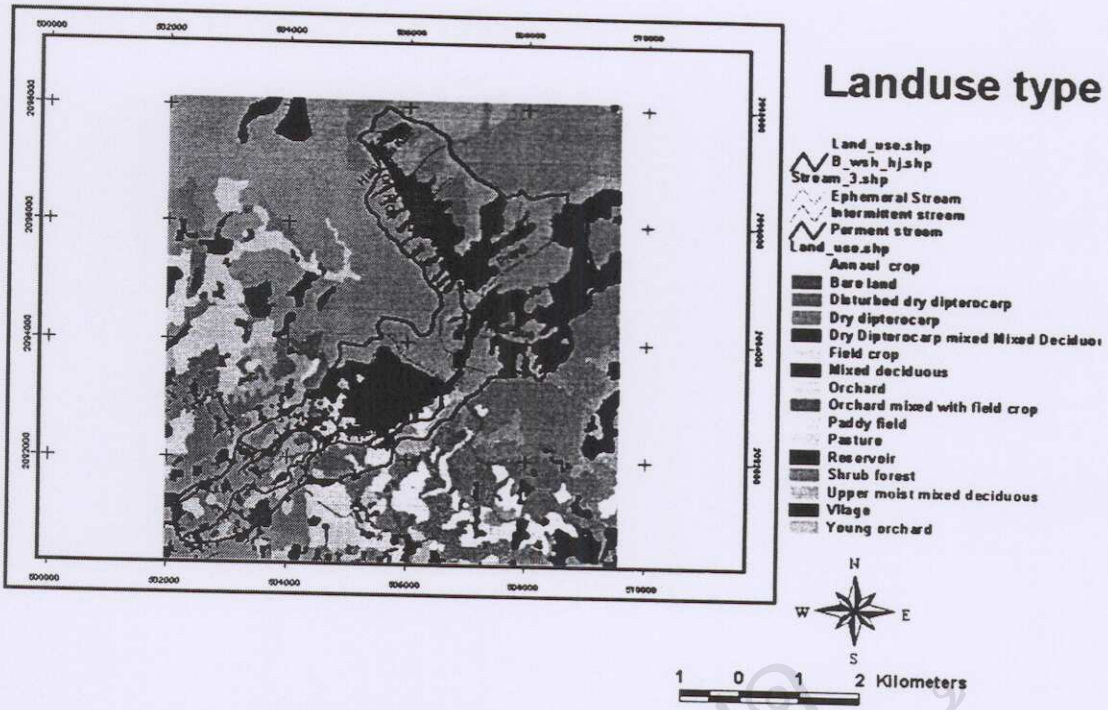
ภาพที่ 4.7 ข ตัดขวางแนวตะวันออก - ตะวันตก



ภาพที่ 4.8 ลักษณะความลาดชันของลุ่มน้ำ

4.1.3 การใช้ประโยชน์ที่ดินและพืชพรรณในพื้นที่ลุ่มน้ำ

จากการสำรวจพื้นที่และการแปลภาพถ่ายทางอากาศ เพื่อศึกษาสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำห้วยโจ้ พื้นที่ลุ่มน้ำห้วยโจ้ตอนบนเหนืออ่างเก็บน้ำห้วยโจ้ปกคลุมด้วยป่าธรรมชาติ 70 เปอร์เซ็นต์ บริเวณตอนล่างของพื้นที่ลุ่มน้ำมีสภาพภูมิประเทศค่อนข้างราบจึงมีการใช้ที่ดินหลายประเภทได้แก่ สวนผลไม้ ทุ่งนา และที่อยู่อาศัย (บ้านโป่ง) พื้นที่สวนผลไม้นั้นเป็นแนวยาวแคบๆ ตลอดแนวห้วยโจ้ตอนล่าง ทุ่งนากระจายบริเวณพื้นที่ราบตอนล่าง พื้นที่ชุมชนและสวนผลไม้พบในบริเวณบ้านปง (ภาพที่ 4.9 และ ตารางที่ 4.3) ผลการศึกษาชนิดและพรรณไม้ในป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณใกล้เคียงกับการศึกษาพันธุกรรมพืชโดยโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช อันเนื่องมาจากพระราชดำริรายละเอียดของสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (2543) ดังรายละเอียดต่อไปนี้



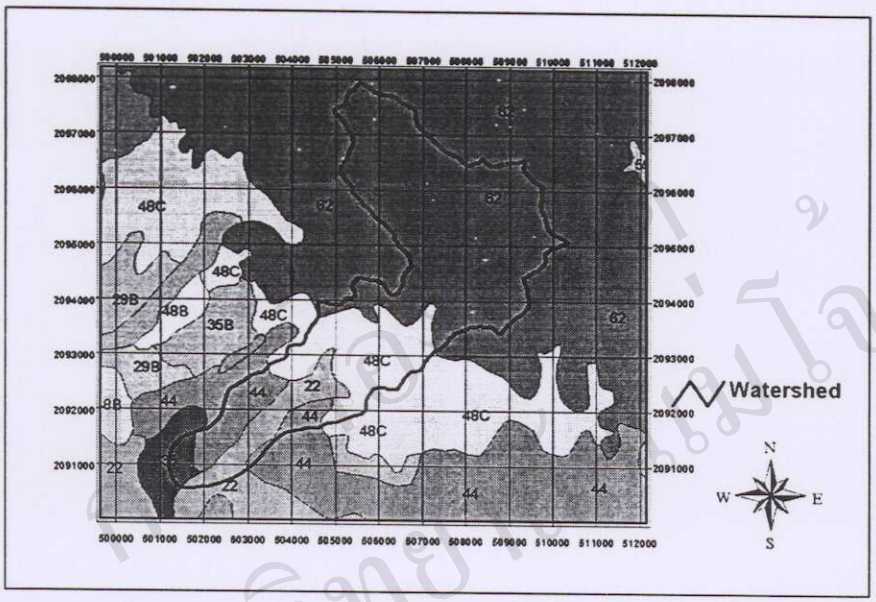
ภาพที่ 4.9 การใช้ประโยชน์ที่ดินและพืชพรรณในพื้นที่ลุ่มน้ำ

ตารางที่ 4.1 ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำห้วยโจ้

Land use type	Area (km^2)	Percentage of cover area
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
สวนไม้ผล และสวนผสม (Orchard)	1.50	5.7
นาข้าว พืชไร่และพืชผัก (Paddy field mixed with cash crop)	1.005	14.0
หมู่บ้านและอาคารสิ่งก่อสร้าง (Human settlement)	2.425	8.5
รวมพื้นที่ (Total area)	17.58	100

4.1.4 ลักษณะปฐพีลุ่มน้ำ

ผลการสำรวจดินบริเวณลุ่มน้ำห้วยโจ้สามารถจำแนกดินในระดับชุดดินประกอบด้วย ชุดดินรือเซาะ (Ruso series) ชุดดินสายบุรี (Sai Buri) และ ชุดดินธัญบุรี (Thanyaburi Series) ซึ่งเกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินประเภทหินทราย และหินควอร์ตไซต์ พบชุดดินรือเซาะบริเวณเชิงเขาและตะพักลำน้ำระดับสูง และบริเวณตะพักลำน้ำระดับสูง และพบชุดดินสายบุรีและชุดดินธัญบุรีพบบริเวณตะพักลำน้ำระดับต่ำ ส่วนพื้นที่สูงไม่สามารถจำแนกชุดดินได้ เป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง (slope complex) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการสำรวจดินโดยกรมพัฒนาที่ดิน เมื่อ พ.ศ. 2528 ดังมีรายละเอียดของแต่ละชุดดินแสดงในภาคผนวกที่ 1 (ภาพที่ 4.10 และตารางที่ 4.4)



ภาพที่ 4.11 แผนที่ชุดดินของลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2539)

ตารางที่ 4.2 ชุดดินที่ปรากฏในพื้นที่ลุ่มน้ำ

ชุดดิน	ชื่อชุดดิน	กลุ่มดิน	เนื้อดิน
62	ดินภูเขา	Slope complex	-
48C	รือเซาะ (Ruso)	Paleustults	Clayey skeletal, mixed, Kaolinitic
22	ธัญบุรี (Thanyaburi)	Typic Ochraqualfs	Coarse loamy
44	คล้ายดินชุดสายบุรี	Ustoxic Quartzips	Sandy, siliceous

ผลจากการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างดินใน 3 ระดับ คือ ระดับความลึกที่ 0 – 10, 10 – 20, 20 – 30 เซนติเมตร ของแปลงศึกษาวิจัย ทั้ง 5 พื้นที่ พบว่า

1. ลักษณะเนื้อดินของป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง เป็นเนื้อดินชนิดเดียวกัน คือ ดินร่วนทราย (sandy loam) ต่างกับเนื้อดินของป่าเต็งรังรุ่น 2 ซึ่งเป็นเนื้อดินชนิดดินร่วน (loam) และพื้นที่ป่าปลูกกับสวนมะม่วงเป็นดินร่วนทราย (sandy loam) ในระดับดินบน และเป็นดินทรายร่วน (loam sandy) ในระดับดินล่าง

2. ค่าความเป็นกรด – ด่าง ของดินทั้ง 5 พื้นที่ มีค่าที่ใกล้เคียงกัน คือ อยู่ในระดับ 5.1 – 5.9

3. ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) เฉลี่ยในดินของพื้นที่ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรังแคระ ป่าเต็งรังรุ่น 2 ป่าปลูก และสวนมะม่วง มีเปอร์เซ็นต์ที่ใกล้เคียงกัน คือ 1.96, 1.69, 1.39, 1.12 และ 0.99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

4. ดินที่มีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนรวมสูงสุด ได้แก่ ดินบริเวณพื้นที่ป่าเต็งรังแคระ เท่ากับ 0.122 เปอร์เซ็นต์ ส่วนดินที่มีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนรวมต่ำสุด ได้แก่ ดินบริเวณพื้นที่ป่าเบญจพรรณ เท่ากับ 0.052 เปอร์เซ็นต์

5. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์พบสูงสุดในดินบริเวณพื้นที่ป่าเต็งรังแคระ เท่ากับ 40.85 ppm. รองลงมาได้แก่ดินพื้นที่ป่าเต็งรังรุ่น 2 เท่ากับ 33.33 ppm และดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์พบต่ำที่สุด คือดินพื้นที่ป่าปลูก เท่ากับ 7.96 ppm

6. ปริมาณโปแตสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้พบสูงสุดในบริเวณดินพื้นที่สวนมะม่วง เท่ากับ 185 ppm รองลงมาคือดินพื้นที่ป่าเต็งรังแคระ เท่ากับ 127 ppm และดินป่าเบญจพรรณ เท่ากับ 116 ppm ส่วนดินในพื้นที่ป่าเต็งรังรุ่น 2 และป่าปลูก ตรวจพบได้น้อยมากจนไม่สามารถอ่านค่าได้ ในส่วนของพื้นที่ป่าเต็งรังแคระและสวนมะม่วง ก็จะตรวจพบปริมาณโปแตสเซียมได้ในดินชั้นบนเท่านั้น ส่วนในดินชั้นล่างจะพบได้น้อยมากจนไม่สามารถอ่านค่าได้เช่นกัน

7. ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้พบสูงสุดในดินพื้นที่ป่าเบญจพรรณ เท่ากับ 733 ppm รองลงมาคือดินพื้นที่ป่าปลูก เท่ากับ 705 ppm และที่พบได้ต่ำสุด คือดินป่าเต็งรังรุ่น 2 เท่ากับ 104 ppm

8. ปริมาณแมกนีซียมที่แลกเปลี่ยนได้พบสูงสุดในดินพื้นที่ป่าเบญจพรรณ เท่ากับ 117 ppm รองลงมาคือดินพื้นที่ป่าเต็งรังแคระ เท่ากับ 110 ppm และพบได้ต่ำสุด คือดินพื้นที่ป่าเต็งรังรุ่น 2 เท่ากับ 32 ppm

ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อดิน และปริมาณธาตุอาหาร จะเห็นได้ว่าดินที่มีคุณสมบัติทางเคมี และมีความอุดมสมบูรณ์สูงสุด ในพื้นที่ป่าทั้ง 5 พื้นที่ ได้แก่ ดินป่าเบญจพรรณ ส่วนดินที่มีปริมาณธาตุอาหารและความอุดมสมบูรณ์ต่ำสุด ได้แก่ ดินป่าเต็งรังรุ่นสอง ดังตาราง

ตารางที่ 4.3 แสดงลักษณะเนื้อดินและปริมาณธาตุอาหารจากแปลงทดลอง

พื้นที่ทดลอง	%Slope	ความลึก(ซม.)	เนื้อดิน	ทั้งหมด(%)			ที่เป็นประโยชน์	ที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm.)		
				pH	OM	N	P	K	Ca	Mg
1.ป่าเบญจพรรณ	25.5	ระดับ 0-10	Sandy loam	5.4	2.85	0.052	14.51	116	733	117
		ระดับ 10-20	Sandy loam	6.1	1.93	0.035	9.67	108	375	77
		ระดับ 20-30	Sandy loam	5.7	1.11	0.052	3.03	19	156	45
2.ป่าเต็งรังแคระ	32.5	ระดับ 0-10	Sandy loam	5.1	3.1	0.122	40.85	127	562	110
		ระดับ 10-20	Sandy loam	5.1	1.16	0.07	35.55	T	40	20
		ระดับ 20-30	Sandy loam	5.3	0.83	0.052	36.13	T	92	22
3.ป่าเต็งรังรุ่น2	29	ระดับ 0-10	Loam	5.2	1.58	0.087	33.33	T	104	32
		ระดับ 10-20	Loam	5.1	1.42	0.07	33.92	T	92	18
		ระดับ 20-30	Loam	4.9	1.18	0.087	19.21	T	T	5.31
4.ป่าปลูก	11.5	ระดับ 0-10	Sandy loam	5.6	1.58	0.07	7.96	T	705	63
		ระดับ 10-20	Loam sandy	5.7	1.25	0.07	9.92	T	659	63
		ระดับ 20-30	Loam sandy	5.8	0.54	0.035	3.58	T	514	51
5.สวนมะม่วง	10	ระดับ 0-10	Sandy loam	5.9	1.63	0.105	21.04	185	325	85
		ระดับ 10-20	Sandy loam	5.8	0.81	0.07	11.05	50	48	24
		ระดับ 20-30	Loam sandy	5.7	0.53	0.07	5.21	T	T	T

Trace = น้อยมากจนไม่สามารถตรวจวัดได้

4.2 ลักษณะภูมิอากาศ

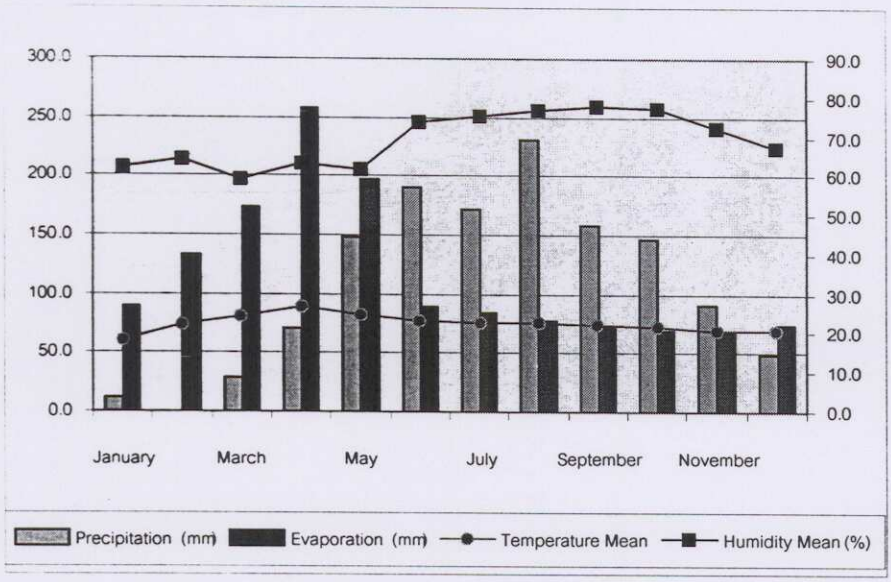
จากข้อมูลลักษณะอากาศในรอบ 34 ปี ของสถานีอุตุนิยมวิทยาเชียงใหม่(สถานีอากาศเกษตรแม่โจ้) ซึ่งตั้งอยู่ในตำแหน่งพิกัดที่ 18.55.00 N, 99.00.00 E, สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 316.53 MSL. จากปี 2512 ถึง 2545 พบว่า เดือนที่มีอุณหภูมิสูงสุดคือเดือนพฤษภาคม เท่ากัน 41.6 องศา เดือนที่มีอุณหภูมิต่ำสุดคือเดือนมกราคม เท่ากับ 4.0 องศา มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุด เท่ากับ 31.8 และ 19.7 องศา ตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุด เท่ากับ 96 และ 46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เดือนที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดในรอบ 34 ปี ได้แก่เดือนกุมภาพันธ์ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย เท่ากับ 1106.2 มิลลิเมตรต่อปี เดือนที่มีปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดคือเดือนกรกฎาคม เท่ากับ 163.4 มิลลิเมตรต่อวัน และเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนรายวัน

เฉลี่ยต่ำสุด คือเดือนกุมภาพันธ์ เท่ากับ 15 มิลลิเมตรต่อวัน อัตราการระเหยของน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 4.5 มิลลิเมตรต่อวัน (หรือ 1,642.5 มิลลิเมตรต่อปี) เดือนที่มีปริมาณช่วงแสงสูงสุดคือเดือนพฤษภาคม เท่ากับ 12 ชั่วโมงต่อวัน และเดือนที่มีปริมาณช่วงแสงต่ำสุดคือเดือนกรกฎาคม เท่ากับ 3.6 ชั่วโมงต่อวัน ดังตารางที่ 4.7

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

ตารางที่ 4.4 ลักษณะอากาศ ลุ่มน้ำห้วยโจ้ ปี 2542 - 2544

เดือน	ปริมาณฝนรายเดือน (mm)	การระเหย (mm)	อุณหภูมิเฉลี่ย	ความชื้นสัมพันธ์ (%)	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	1,296.1	1,387.7			
เฉลี่ย			22.6	69.3	3.7



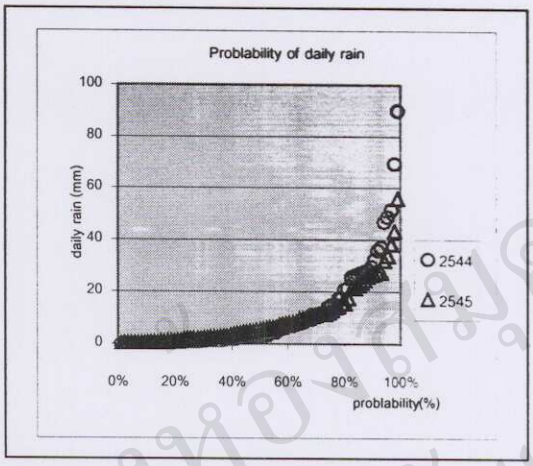
ภาพที่ 4.11 ลักษณะอากาศประจำถิ่นของลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้

เดือนมีนาคมและเมษายนเป็นช่วงเวลาที่ร้อนที่สุดของปี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีประมาณ 1296.1 มิลลิเมตร และมีปริมาณน้ำฝนสูงสุด 231.6 มิลลิเมตร ในเดือนสิงหาคม อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 18 ถึง 27 องศาเซลเซียสตลอดปี อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในเดือนเมษายน และอุณหภูมิต่ำสุดในเดือนมกราคม ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย มีค่าต่ำสุด 59.3 % ถึงค่าสูงสุด 78 % ในเดือนมีนาคม และกันยายนตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์และการคายระเหยมีความสัมพันธ์กันแบบผกผัน ความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำฝน

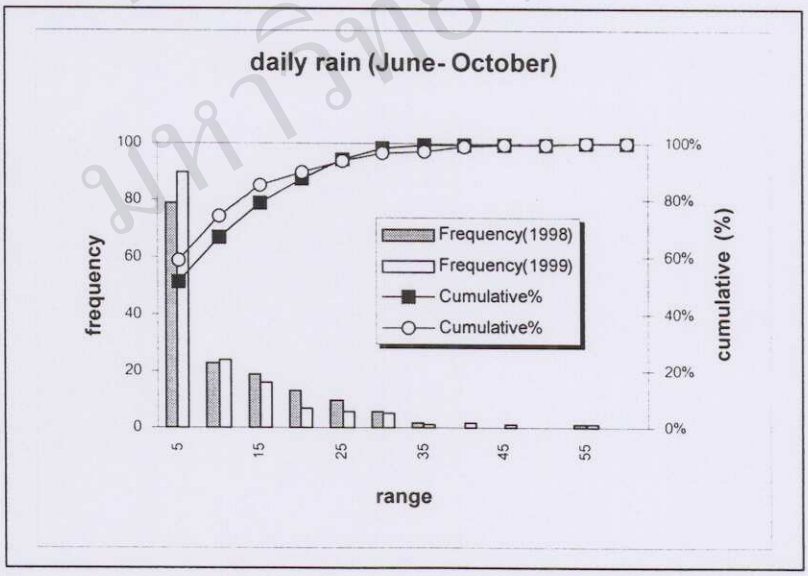
บทที่ 5 ผลการศึกษาวิจัย

5.1 ลักษณะของฝน

การวิเคราะห์พฤติกรรมของฝน (rainfall characteristics) โดยพิจารณาเฉพาะวันที่มีฝนตกฝนในเดือนมิถุนายน – ตุลาคม ช่วงแรก (ปี พ.ศ. 2541-2542 ก่อนมีคันหินกั้นน้ำ) และ ช่วงที่ 2 (พ.ศ. 2543 – 2545 มีคันหินกั้นน้ำ) พบว่า ลักษณะของฝนทั้งสองช่วงใกล้เคียงกัน ขณะที่ปี 2544 มีฝนตกนักและมีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด ดังภาพที่ 5.1ก-ข



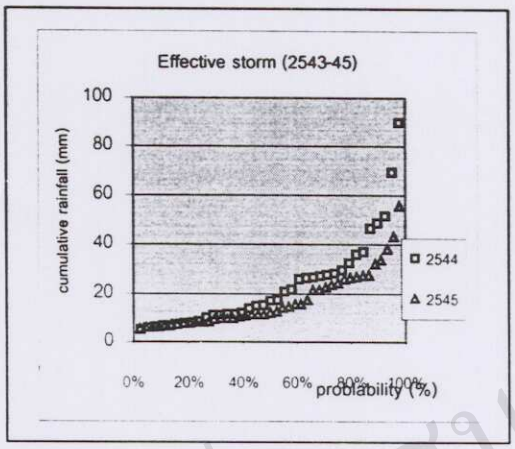
ภาพที่ 5.1 ก



ภาพที่ 5.1 ข

ภาพที่ 5.1 เปรียบเทียบลักษณะของฝน ระหว่าง ปี 2544 - 2545

ลักษณะความเข้มของฝนในเดือนมิถุนายน – ตุลาคม ตลอดช่วงการศึกษาวิจัยมีใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างช่วงก่อนและหลังมีคันหินชลอน้ำพบว่า ความเข้มข้นของฝนช่วงหลังมีสูงกว่า โดยเฉพาะวันที่ 22 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2543 (79 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง) ซึ่งทำให้พื้นที่บริเวณต้นน้ำห้วยต้นกอกและห้วยมะปรางเกิดแผ่นดินถล่มบริเวณร่องน้ำ ระยะทางยาวประมาณ 0.5 กิโลเมตร และ 1.5 กิโลเมตร ตามลำดับ (ภาพ ที่5.2)



<u>ภาพที่ 5.2</u> เปรียบเทียบความเข้มของฝนระหว่าง ปี 2544 - 2545

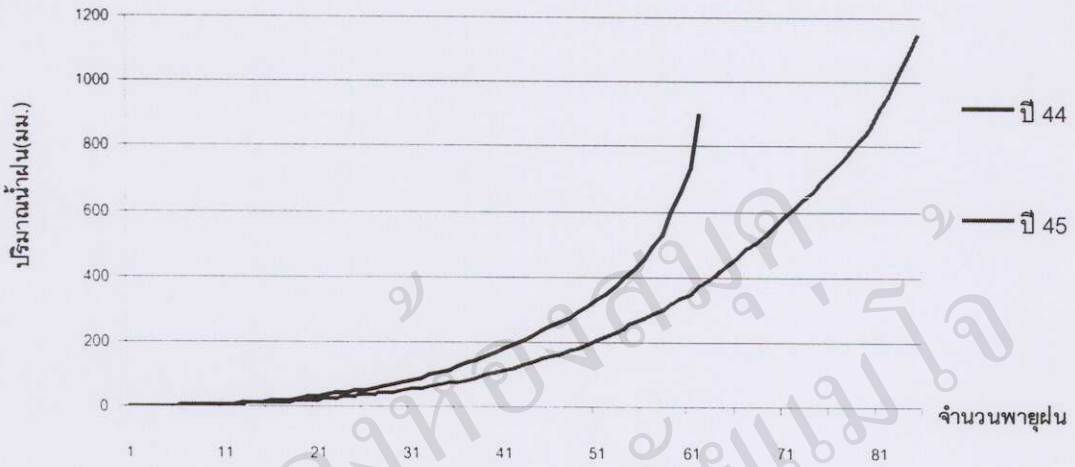
การศึกษาวิจัย ใช้ระยะเวลา 2 ปี ในการเก็บและรวบรวมข้อมูล เริ่มตั้งแต่ ปี 2544 ถึงปี 2545 ดังนั้นข้อมูลที่ได้จึงเป็นข้อมูลที่อยู่ในช่วงปี 2544 และปี 2545 เท่านั้น การศึกษาในครั้งนี้จะศึกษาถึงปัจจัยจากอิทธิพลของฝน ที่ส่งผลต่อการชะล้างพังทลายของดิน ดังนั้นการเก็บและรวบรวมข้อมูลส่วนใหญ่จึงมุ่งเน้นข้อมูลด้านพลังงานของฝน จากสถานีอุตุนิยมวิทยาเชียงใหม่ (สถานีอากาศเกษตร แม่โจ้) พบว่า ปริมาณน้ำฝนรวมปี 2544 และปี 2545 มีปริมาณเท่ากับ 928 และ 807 มิลลิเมตร ตามลำดับ สำหรับปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจอากาศย่อย อ่างเก็บน้ำห้วยโจ้ ใช้ข้อมูลในช่วงฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนกันยายน มีปริมาณน้ำฝนรวมในปี 2544 และปี 2545 เท่ากับ 894 และ 1,142 มิลลิเมตร ตามลำดับ

5.2.1 ปัจจัยน้ำฝนที่มีผลกระทบต่อการชะล้างพังทลายของดิน

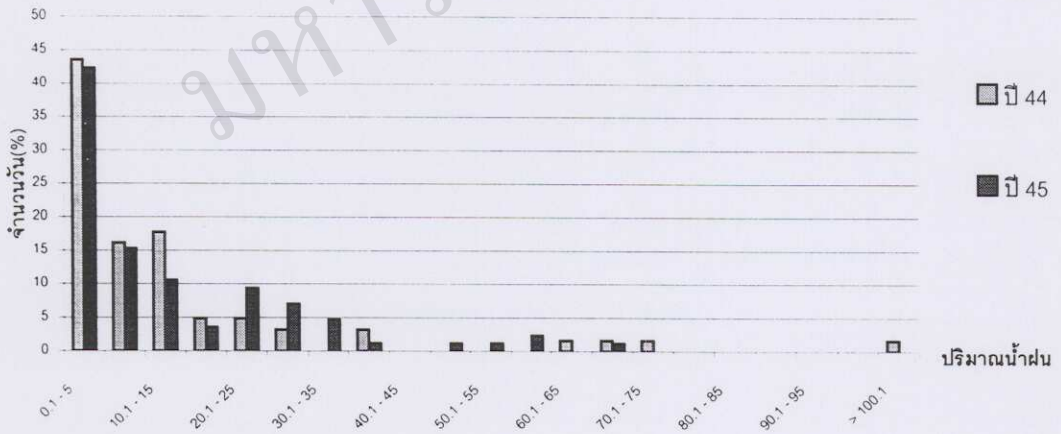
ผลการเปรียบเทียบปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่ศึกษาในช่วงระยะเวลา 2 ปี ซึ่งปัจจัยด้านน้ำฝนที่มีผลกระทบต่ออัตราการชะล้างพังทลายของดิน ได้แก่ 1) ปัจจัยด้านปริมาณน้ำฝนรายวัน 2) ปัจจัยด้านพลังงานของน้ำฝนที่มีความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลา 30 นาที ($I_{30\text{-}max}$), และ 3) ปัจจัยด้านพลังงานของน้ำฝนที่ทำให้เกิดการสูญเสียดิน (R-factor) โดยนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบ สามารถอธิบายรายละเอียด ดังนี้

1) จากข้อมูลค่าปัจจัยด้านปริมาณน้ำฝนรายวัน ระหว่าง ปี 2544 และปี 2545 พบว่า ปริมาณน้ำฝนรายวันสะสมและจำนวนพายุฝนที่เกิดขึ้นในปี 2544 จะมีจำนวนน้อยกว่าพายุฝนที่เกิดขึ้นในปี 2545 แต่จะมีอัตราการตกของน้ำฝนรายวันที่รุนแรงกว่า ดังภาพที่ 5.2

ปี 2544 และปี 2545 พบว่า อัตราการตกของฝนในช่วง มากกว่า 0.1 ถึง 5 มิลลิเมตรต่อวัน มีปริมาณความถี่ของวันที่ฝนตกมากที่สุด ส่วนปริมาณน้ำฝนรายวันที่ตกสูงที่สุดอยู่ในช่วงมากกว่า 100.1 มิลลิเมตรต่อวัน และจากการเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนรายวัน ในปี 2544 พบว่ามีจำนวนวันที่ฝนตกน้อยกว่าในปี 2545 คือ 62 และ 85 วัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 5.3



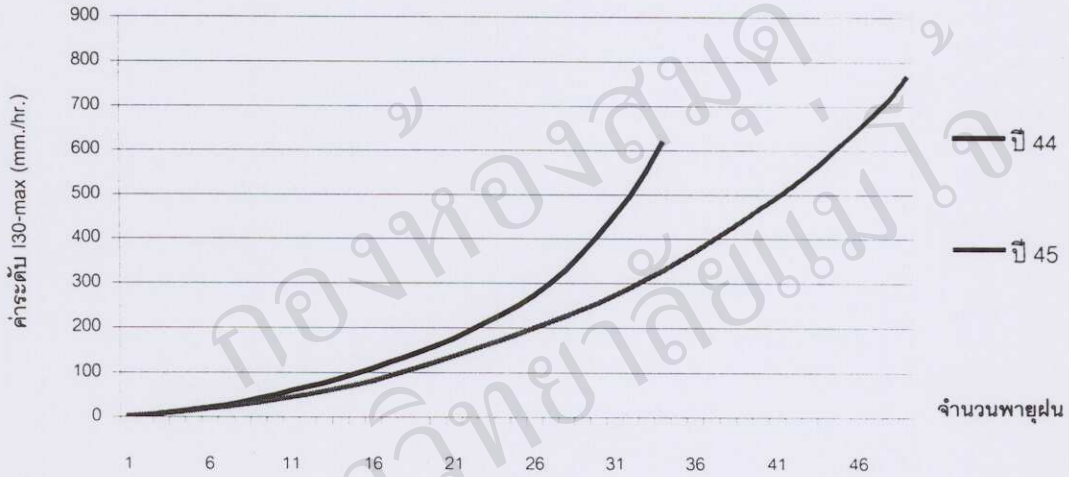
ภาพที่ 5.3 เปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนรายวัน (accumulative daily rainfall) สะสม



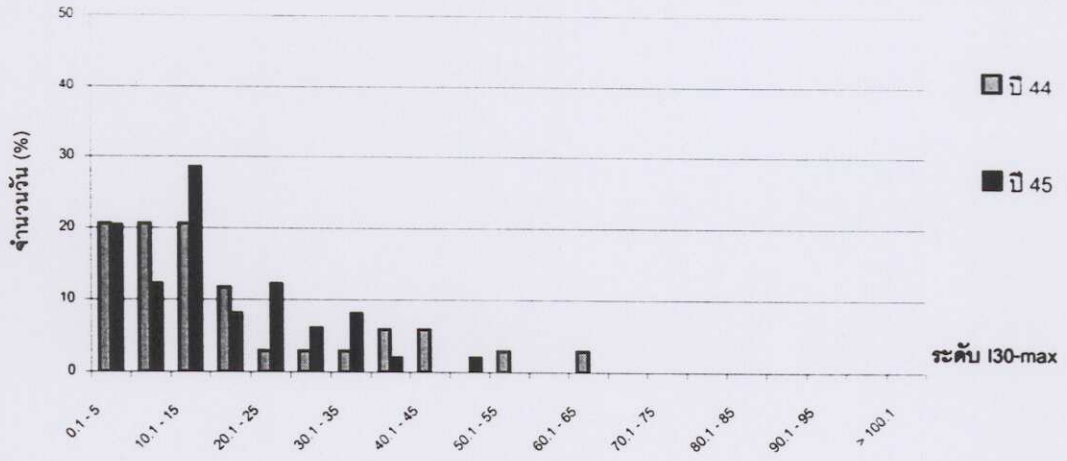
ภาพที่ 5.4 เปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนรายวัน (range: daily rainfall)

2) จากการเปรียบเทียบค่าพลังงานของน้ำฝนที่มีความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลา 30 นาที ($I_{30\text{-}max}$) พบว่า ปี 2544 เกิดพลังงาน $I_{30\text{-}max}$ น้อยกว่าปี 2545 หากเปรียบเทียบค่าพลังงาน $I_{30\text{-}max}$ ตามระดับความรุนแรง พบว่า ในปี 2544 เกิดค่าพลังงานที่รุนแรงมากกว่าในปี 2545 ซึ่งพิจารณาได้จากความลาดชันของเส้นกราฟ ที่แตกต่างกันในทั้ง 2 ปี โดยปี 2545 นั้น เส้นกราฟที่แสดงค่าพลังงาน $I_{30\text{-}max}$ มีความชันสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ต่างกับปี 2544 ที่เส้นกราฟจะค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้นในระดับสม่ำเสมอเป็นปกติ ดังภาพที่ 5.4

ค่าพลังงานของน้ำฝนที่มีความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลา 30 นาที ($I_{30\text{-}max}$) ในปี 2544 และปี 2545 ช่วงค่าพลังงาน $I_{30\text{-}max}$ ที่เกิดขึ้นและมีความเข้มข้นสูงสุดจะอยู่ในช่วง 0.1 ถึง 15 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ส่วนค่าพลังงาน $I_{30\text{-}max}$ ที่มีอัตราความรุนแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วง 60.1 ถึง 65 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง มีค่าน้อยมาก ดังภาพที่ 5.5



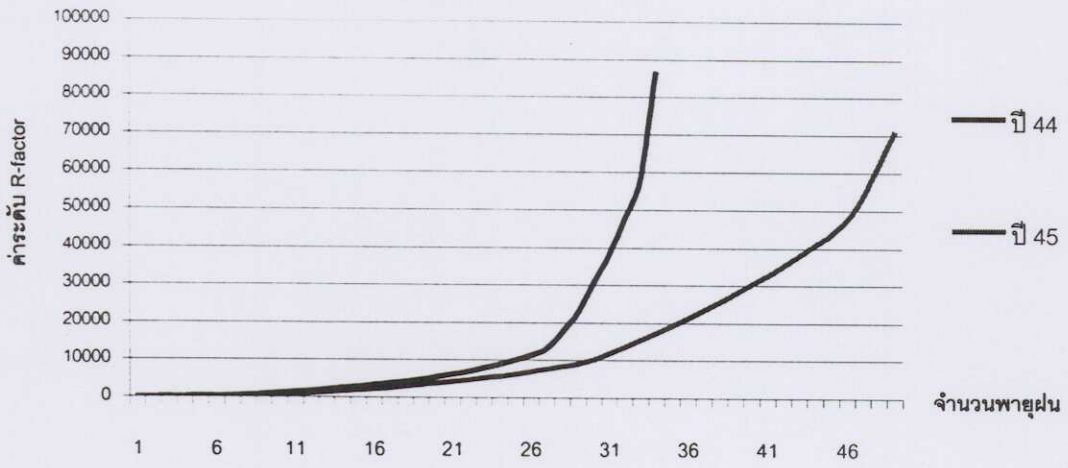
<u>ภาพที่ 5.5</u> เปรียบเทียบค่าพลังงานของน้ำฝนที่มีความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลา 30 นาที ($I_{30\text{-}max}$) สะสม



<u>ภาพที่ 5.6</u> เปรียบเทียบลำดับค่าพลังงานของน้ำฝนที่มีความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลา 30 นาที (range : $I_{30\text{-}max}$)

3) จากการเปรียบเทียบค่าพลังงานของน้ำฝนที่ทำให้เกิดการสูญเสียดิน (R-factor) ระหว่างปี 2544 และปี 2545 พบว่า ค่าพลังงานของฝน ไม่มีความสัมพันธ์กับค่าปริมาณน้ำฝนรายวัน แต่จะมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับค่าพลังงาน $I_{30\text{-}max}$ ที่เกิดขึ้น จากภาพที่ 5.6 พบว่า ค่าพลังงานของฝน สะสมของปี 2544 จะมีอัตราน้อยกว่าปี 2545 เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนการเกิดของพายุฝน ขณะเดียวกัน ค่าพลังงานของฝนของปี 2544 จะมีระดับที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีความรุนแรงมากกว่า พิจารณาจากเส้นกราฟที่มีความลาดชันสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่วนเส้นกราฟที่แสดงถึงค่าพลังงานของฝน ของปี 2545 มีการสะสมและเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ และมีระดับความรุนแรงสูงสุด ต่ำกว่าปี 2544

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพลังงานของน้ำฝนที่ทำให้เกิดการสูญเสียดิน (R-factor) ในปี 2544 และปี 2545 พบว่า พลังงานของน้ำฝนที่ทำให้เกิดการสูญเสียดิน ที่เกิดขึ้นและมีความถี่มากที่สุดจะอยู่ในช่วง มากกว่า 0.1 ถึง 500 ส่วนค่าพลังงานของฝน (R-factor) ที่เกิดขึ้นและมีความรุนแรงสูงสุด จะอยู่ในช่วง 9,000.1 ถึง 9,500 มีค่าน้อยมาก ดังภาพที่ 5.7



ภาพที่ 5.7 เปรียบเทียบพลังงานของน้ำฝนที่ทำให้เกิดการสูญเสียดิน (R-factor) สะสม

ภาพที่ 5.8 เปรียบเทียบลำดับค่าพลังงานของน้ำฝนที่ทำให้เกิดการสูญเสียดิน (range: R-factor)

5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยน้ำฝนต่อการชะล้างพังทลายของดิน

จากการศึกษาในลักษณะการใช้พื้นที่ที่แตกต่างกัน โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็น 5 ประเภท ดังตารางที่ 4.6 ซึ่งโดยใช้ปัจจัยด้านน้ำฝน ที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน ได้แก่ ค่าปริมาณน้ำฝนรายวัน (daily rainfall) ค่าพลังงานของฝนที่มีความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลา 30 นาที ($I_{30\text{-}max}$) และ ค่าพลังงานของน้ำฝนที่ก่อให้เกิดการสูญเสียดิน (R – factor) จากปัจจัยดังกล่าวนำค่าที่ได้มาหาค่าสหสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างปัจจัยทั้ง 3 ชนิด ต่อการเกิดปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (runoff) และปริมาณตะกอนที่ถูกพัดพาออกจากพื้นที่

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้แบ่งพื้นที่แปลงทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) แปลงศึกษาปัจจัยความยากง่ายในการสูญเสียดิน (K – factor) และ 2) แปลงศึกษาปัจจัยพืชพรรณปกคลุมดิน (C – factor) นำไปเปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านน้ำฝนทั้ง 3 ชนิด ที่เกิดขึ้นต่อการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินและการชะล้างตะกอนออกจากพื้นที่ของแต่ละแปลงศึกษาข้างต้น ซึ่งจากการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามและ การวิเคราะห์ข้อมูล ได้ผลการศึกษาดังนี้

5.2.1 ปัจจัยน้ำฝนทั้ง 3 ลักษณะ ที่ส่งผลต่อการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน (runoff) ในแปลงศึกษาปัจจัยความยากง่ายในการสูญเสียดิน (K – factor)

1) ปริมาณน้ำฝนรายวันมีอิทธิพลที่ทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินได้ในแปลงศึกษาทั้ง 5 พื้นที่ แต่ปี 2544 จะได้รับอิทธิพลน้อยกว่าในปี 2545 อาจเป็นเพราะปริมาณน้ำฝนที่ตกปี 2544 มีอัตราการตกน้อยกว่าปี 2545 อีกทั้งช่วงเวลาการตกของฝนรวมทั้งความสม่ำเสมอของฝนมีลักษณะยาวนานและสม่ำเสมอกว่าปี 2544 ซึ่งจากปัจจัยดังกล่าวส่งผลต่อปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินในแปลงศึกษาได้ ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายวัน(daily rainfall) ต่อปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (runoff) จากแปลงปัจจัยความยากง่ายในการสูญเสียดิน (K-factor)

พื้นที่	daily rainfall / runoff / ปี 2544	daily rainfall / runoff / ปี 2545
1.ป่าเบญจพรรณ	$r = 1.265(d)+3.7954, R^2=0.5665$	$r = 2.7172(d)+2.8757, R^2=0.6915$
2.ป่าเต็งรังแคระ	$r = 0.8831(d)+8.5226, R^2=0.8135$	$r = 3.0136(d)-35.806, R^2=0.8285$
3.ป่าเต็งรังรุ่น 2	$r = 1.3961(d)+27.55, R^2=0.6163$	$r = 3.4527(d)+7.8153, R^2=0.8293$
4.ป่าปลูก	$r = 0.381(d)+5.6188, R^2=0.7200$	$r = 0.7752(d)+2.7859, R^2=0.9206$
5.สวนมะม่วง	$r = 0.3443(d)+3.2393, R^2=0.6449$	$r = 0.5161(d)-0.4728, R^2=0.9183$

2) ค่าพลังงาน I_{30-max} ที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูฝนของทั้ง 2 ปี มีอิทธิพลที่จะทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน ในแปลงศึกษาได้ค่อนข้างน้อยมาก หากเปรียบเทียบอิทธิพลของค่าพลังงาน I_{30-max} ต่อการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน ระหว่างปี 2544 และปี 2545 พบว่า ปี 2544 ค่าพลังงาน I_{30-max} มีอิทธิพลทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินได้สูงกว่า ปี 2545 ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากค่าความรุนแรงของค่าพลังงาน I_{30-max} สะสม ของปี 2544 มีมากกว่า จึงมีผลทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินได้สูงกว่า ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานของฝนที่มีความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลา 30 นาที (I_{30-max}) ต่อปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (runoff) ในแปลงปัจจัยความยากง่ายในการสูญเสียดิน (K-factor)

พื้นที่	I_{30-max} / runoff / ปี 2544	I_{30-max} / runoff / ปี 2545
1. ป่าเบญจพรรณ	$r = 1.558(i)+33.112, R^2=0.2547$	$r = 3.4576(i)+35.17, R^2=0.4515$
2. ป่าเต็งรังแคระ	$r = 1.4067(i)+3.2336, R^2=0.549$	$r = 2.6742(i)-4.9368, R^2=0.2631$
3. ป่าเต็งรังรุ่น 2	$r = 2.5412(i)+12.24, R^2=0.544$	$r = 3.1118(i)+42.201, R^2=0.271$
4. ป่าปลูก	$r = 0.6624(i)+2.1273, R^2=0.579$	$r = 0.8341(i)+6.8531, R^2=0.419$
5. สวนมะม่วง	$r = 0.6403(i)-0.9542, R^2=0.5887$	$r = 0.5348(i)+2.7066, R^2=0.366$

3) ค่าพลังงาน R – factor มีอิทธิพลทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินในแปลงศึกษาทั้ง 5 พื้นที่ ได้ในระดับปานกลาง ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณน้ำฝนรายวัน คือ หากกลุ่มพายุฝนกลุ่มใด มีปริมาณน้ำฝนรายวันที่ตกในอัตราส่วนที่สูง ก็จะมีผลทำให้ค่าพลังงาน R – factor มีค่าสูงตามไปด้วย ซึ่งมีอิทธิพลทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินได้เช่นกัน ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานของน้ำฝนที่ทำให้เกิดการสูญเสียดิน (R – factor) ต่อปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (runoff) ในแปลงปัจจัยความยากง่ายในการสูญเสียดิน (K-factor)

พื้นที่	R – factor / runoff / ปี 2544	R – factor / runoff / ปี 2545
1. ป่าเบญจพรรณ	$r =0.0066(R)+51.489, R^2=0.5352$	$r =0.0172(R)+66.466, R^2=0.5166$
2. ป่าเต็งรังแคระ	$r =0.0045(R)+18.12, R^2=0.7521$	$r =0.0203(R)+3.1256, R^2=0.7034$
3. ป่าเต็งรังรุ่น 2	$r =0.007(R)+43.502, R^2=0.5356$	$r =0.0192(R)+61.698, R^2=0.481$
4. ป่าปลูก	$r =0.002(R)+9.6713, R^2=0.6828$	$r =0.0051(R)+12.243, R^2=0.7231$
5. สวนมะม่วง	$r =0.0018(R)+6.8689, R^2=0.5892$	$r =0.0034(R)+5.9214, R^2=0.6723$

5.2.2 ผลการศึกษาปัจจัยด้านน้ำฝนทั้ง 3 ชนิด ที่ส่งผลกระทบต่อการพัดพาตะกอน (sediment) ในแปลงศึกษาปัจจัยความยากง่ายในการสูญเสียดิน (K – factor)

1) ปริมาณน้ำฝนรายวันมีอิทธิพลที่ทำให้เกิดการชะล้างพัดพาตะกอนออกจากพื้นที่ได้ค่อนข้างน้อยมาก หรืออาจกล่าวได้ว่า ปริมาณน้ำฝนรายวันไม่มีผลต่อการพัดพาตะกอนออกจากพื้นที่ศึกษา ทั้ง 5 พื้นที่ ซึ่งเป็นไปในลักษณะเดียวกัน ทั้งปี 2544 และปี 2545 ดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายวัน (daily rainfall) ต่อการเกิดการชะล้างตะกอน (sediment) ในแปลงปัจจัยความยากง่ายในการสูญเสียดิน (K-factor)

พื้นที่	daily rainfall / sediment / ปี 2544	daily rainfall / sediment / ปี 2545
1. ป่าเบญจพรรณ	s =24.538(d)+41.251,R^2=0.41	s =61.59(d)+259.49,R^2=0.214
2. ป่าเต็งรังแคระ	s =2.122(d)+15.807,R^2=0.2286	s =11.196(d)-66.727,R^2=0.197
3. ป่าเต็งรังรุ่น 2	s =8.1871(d)+129.92,R^2=0.472	s =21.585(d)-98.075,R^2=0.261
4. ป่าปลูก	s =1.396(d)+30.53,R^2=0.3182	s =23.909(d)-186.98,R^2=0.101
5. สวนมะม่วง	s =2.5311(d)-5.374,R^2=0.4899	s =6.3646(d)-23.446,R^2=0.304

2) ค่าพลังงาน I_{30-max} มีอิทธิพลทำให้เกิดการชะล้างตะกอนของปี 2544 ได้สูงกว่าในปี 2545 ทั้ง 5 พื้นที่ และพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากพลังงาน I_{30-max} มากที่สุด คือพื้นที่ป่าเต็งรังรุ่นสอง พื้นที่ป่าปลูก พื้นที่สวนมะม่วง ซึ่งในปี 2544 จะได้รับอิทธิพลมากกว่าในปี 2545 อาจมีสาเหตุมาจากพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่มีการเปิดหน้าดินใหม่ และไม่มีพืชพรรณปกคลุมหน้าดิน จึงมีผลทำให้เกิดการชะล้างพัดพาตะกอนในพื้นที่ได้สูง ดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานของฝนที่มีความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลา 30 นาที (I_{30-max}) ต่อการเกิดการชะล้างตะกอน (sediment) ในแปลงปัจจัยความยากง่ายในการสูญเสียดิน (K-factor)

พื้นที่	I_{30-max} / sediment / ปี 2544	I_{30-max} / sediment / ปี 2545
1. ป่าเบญจพรรณ	s =64.896(i)-671.01,R^2=0.764	s =182.66(i)-2249.2,R^2=0.7599
2. ป่าเต็งรังแคระ	s =7.0302(i)-76.853,R^2=0.668	s =32.826(i)-420.68,R^2=0.6831
3. ป่าเต็งรังรุ่น 2	s =22.516(i)-126.63,R^2=0.952	s =57.418(i)-660.31,R^2=0.7459
4. ป่าปลูก	s =4.5211(i)-28.152,R^2=0.889	s =76.695(i)-1077.7,R^2=0.421
5. สวนมะม่วง	s =6.2988(i)-70.188,R^2=0.808	s =15.806(i)-166.2,R^2=0.7564

3) ปัจจัยค่าพลังงานของฝนที่ทำให้เกิดการสูญเสียดิน (R – factor) ต่อการเกิดการชะล้างตะกอน (sediment) ออกจากพื้นที่ ถ้าวิเคราะห์โดยภาพรวม พบว่าพลังงาน R – factor มีอิทธิพลต่อการเกิดการชะล้างตะกอนออกจากพื้นที่ศึกษาในระดับปานกลางถึงต่ำ และในปี 2544 ได้รับอิทธิพลน้อยกว่าในปี 2545 ซึ่งพลังงาน R – factor ที่กระทำต่อพื้นที่ศึกษาทั้ง 5 พื้นที่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน หรืออาจกล่าวได้ว่าอิทธิพลที่เกิดจากพลังงาน R – factor ทำให้เกิดการชะล้างตะกอนออกจากพื้นที่ได้แต่ค่อนข้างน้อย ดังตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานของน้ำฝนที่ทำให้เกิดการสูญเสียดิน (R – factor)ต่อการเกิดการชะล้างตะกอน (sediment) ในแปลงปัจจัยความยากง่ายในการสูญเสียดิน (K-factor)

พื้นที่	R – factor / sediment / ปี 2544	R – factor / sediment / ปี 2545
1. ป่าเบญจพรรณ	s =0.1557(R)+204.98,R^2=0.576	s =0.7915(R)-327.91,R^2=0.6605
2. ป่าเต็งรังแคระ	s =0.0147(R)+25.64,R^2=0.3826	s =0.1455(R)-82.876,R^2=0.6212
3. ป่าเต็งรังรุ่น 2	s =0.0492(R)+194.01,R^2=0.597	s =0.2634(R)-89.797,R^2=0.7264
4. ป่าปลูก	s =0.0087(R)+40.462,R^2=0.429	s =0.3455(R)-301.35,R^2=0.3956
5. สวนมะม่วง	s =0.0157(R)+12.785,R^2=0.657	s =0.0735(R)-11.557,R^2=0.7581

5.2.3 ปัจจัยด้านน้ำฝนทั้ง 3 ลักษณะ ที่ส่งผลต่อการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน (runoff) ในแปลงศึกษาปัจจัยพืชคลุมดิน (C – factor)

1) ปริมาณน้ำฝนรายวัน มีผลทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน ได้ค่อนข้างมากทั้ง 2 ปี และในเกือบทุกพื้นที่ โดยเฉพาะพื้นที่แปลงสวนมะม่วง ถ้าเปรียบเทียบอิทธิพลที่เกิดขึ้นจากค่าปริมาณน้ำฝนรายวันปี 2544 และปี 2545 จะเห็นได้ว่าปี 2544 พื้นที่ป่าเต็งรังแคระ และป่าเต็งรังรุ่นสอง จะเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินได้สูงกว่าปี 2545 เล็กน้อย แต่พื้นที่ป่าเบญจพรรณ ป่าปลูกและสวนมะม่วง ปี 2544 จะเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินได้น้อยกว่าปี 2545 เล็กน้อย ดังตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายวัน (daily rainfall) ต่อการเกิดปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (runoff) ในแปลงศึกษาปัจจัยพืชปกคลุมดิน (C-factor)

พื้นที่	daily rainfall / runoff / ปี 2544	daily rainfall / runoff / ปี 2545
1. ป่าเบญจพรรณ	r =0.2837(d)+4.7704,R^2=0.6663	r =0.563(d)+0.1157,R^2=0.8807
2. ป่าเต็งรังแคระ	r =0.1334(d)+2.1073,R^2=0.7912	r =0.3022(d)-0.6958,R^2=0.7302
3. ป่าเต็งรังรุ่น 2	r =0.2172(d)+0.6163,R^2=0.9324	r =0.2637(d)+2.0077,R^2=0.6945
4. ป่าปลูก	r =0.0677(d)+2.4451,R^2=0.5472	r =0.228(d)-0.3781,R^2=0.8427
5. สวนมะม่วง	r =0.0732(d)+1.4052,R^2=0.711	r =0.0683(d)+0.3083,R^2=0.8551

2) ค่าพลังงาน I_{30-max} มีผลทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินในพื้นที่ได้ แต่ค่อนข้างน้อย พื้นที่ป่าเต็งรังรุ่นสอง ป่าปลูก และสวนมะม่วง ค่าพลังงาน I_{30-max} มีอิทธิพลทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินปี 2544 ได้สูงกว่าปี 2545 ในขณะที่พื้นที่แปลงอื่น ๆ ค่าพลังงานของฝนไม่ส่งผลกระทบมากนัก ดังตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานของฝนที่มีความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลา 30 นาที (I_{30-max}) ต่อการเกิดปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (runoff) ในแปลงศึกษาปัจจัยพืชปกคลุมดิน (C-factor)

พื้นที่	I_{30-max} / runoff / ปี 2544	I_{30-max} / runoff / ปี 2545
1. ป่าเบญจพรรณ	$r = 0.457(i) + 2.9516, R^2 = 0.4601$	$r = 0.5562(i) + 4.7225, R^2 = 0.3467$
2. ป่าเต็งรังแคระ	$r = 0.2026(i) + 1.5248, R^2 = 0.486$	$r = 0.3877(i) - 0.2232, R^2 = 0.4655$
3. ป่าเต็งรังรุ่น 2	$r = 0.3404(i) - 0.5811, R^2 = 0.6082$	$r = 0.2875(i) + 3.6143, R^2 = 0.3328$
4. ป่าปลูก	$r = 0.1268(i) + 1.6816, R^2 = 0.530$	$r = 0.2388(i) + 1.2122, R^2 = 0.3726$
5. สวนมะม่วง	$r = 0.1241(i) + 0.8037, R^2 = 0.544$	$r = 0.0674(i) + 0.8697, R^2 = 0.3355$

3) ค่าพลังงานของฝนมีอิทธิพลที่ทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินในแปลง C-factor ได้ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างน้อย ยกเว้นในพื้นที่ป่าเต็งรังรุ่นสอง ปี 2544 ได้รับอิทธิพลจากพลังงาน R – factor สูงทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินได้ในปริมาณมาก ส่วนในพื้นที่อื่น ๆ จะได้รับอิทธิพลในระดับที่ใกล้เคียงกัน ถ้าดูจากภาพรวมแล้วจะพบว่าปี 2544 พื้นที่ศึกษาจะได้รับอิทธิพลจากพลังงาน R – factor ที่ทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินได้น้อยกว่าปี 2545 เล็กน้อย ดังตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานของน้ำฝนที่ทำให้เกิดการสูญเสียดิน (R – factor) ต่อการเกิดปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (runoff) ในแปลงศึกษาปัจจัยพืชปกคลุมดิน (C-factor)

พื้นที่	R – factor / runoff / ปี 2544	R – factor / runoff / ปี 2545
1. ป่าเบญจพรรณ	$r = 0.0007(R) + 3.6543, R^2 = 0.6683$	$r = 0.0034(R) + 8.2043, R^2 = 0.6144$
2. ป่าเต็งรังแคระ	$r = 0.0014(R) + 8.1211, R^2 = 0.5502$	$r = 0.0023(R) + 2.3521, R^2 = 0.7812$
3. ป่าเต็งรังรุ่น 2	$r = 0.0012(R) + 2.843, R^2 = 0.9277$	$r = 0.0016(R) + 5.8114, R^2 = 0.4792$
4. ป่าปลูก	$r = 0.0003(R) + 3.284, R^2 = 0.4974$	$r = 0.0015(R) + 2.6279, R^2 = 0.6913$
5. สวนมะม่วง	$r = 0.0004(R) + 2.2555, R^2 = 0.6054$	$r = 0.0004(R) + 1.2803, R^2 = 0.6086$

5.2.4 ปัจจัยน้ำฝนทั้ง 3 ลักษณะ ที่ส่งผลต่อการพัดพาตะกอน (sediment) ในแปลงศึกษาปัจจัยพืชคลุมดิน (C – factor)

1) ปริมาณน้ำฝนรายวันในแปลงปัจจัยพืชคลุมดิน (C – factor) มีอิทธิพลทำให้เกิดการชะล้างตะกอนในพื้นที่ค่อนข้างน้อยทั้งปี 2544 และปี 2545 แต่ถ้าเปรียบเทียบจากค่าสมการความสัมพันธ์ ระหว่าง ปัจจัยด้านปริมาณน้ำฝนรายวัน (daily rainfall) ต่อการเกิดการชะล้างตะกอน (sediment) จะเห็นได้ว่าภาพรวมของอิทธิพลจากปริมาณน้ำฝนรายวัน ในปี 2544 จะก่อให้เกิดการชะล้างตะกอนได้ต่ำกว่าในปี 2545 ดังตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายวัน (daily rainfall) ต่อการเกิดการชะล้างตะกอน (sediment) ในแปลงศึกษาปัจจัยพืชปกคลุมดิน (C-factor)

พื้นที่	daily rainfall / sediment / ปี 2544	daily rainfall / sediment / ปี 2545
1. ป่าเบญจพรรณ	s =2.9438(d)+2.9115,R^2=0.455	s =2.3747(d)+7.8206,R^2=0.198
2. ป่าเต็งรังแคระ	s =0.1978(d)+3.7599,R^2=0.2531	s =5.9731(d)-88.578,R^2=0.4807
3. ป่าเต็งรังรุ่น 2	s =0.9414(d)+8.1211,R^2=0.2516	s =6.074(d)-59.018,R^2=0.4836
4. ป่าปลูก	s =0.172(d)+2.6963,R^2=0.347	s =4.1498(d)-60.551,R^2=0.4858
5. สวนมะม่วง	s =0.2235(d)+1.4347,R^2=0.4851	s =0.4489(d)-2.0161,R^2=0.4116

2) ค่าพลังงาน I_{30-max} ในพื้นที่ป่าเบญจพรรณป่าปลูก และสวนมะม่วงปี 2544 มีอิทธิพลต่อการเกิดการชะล้างตะกอนค่อนข้างสูง แต่ในพื้นที่อื่น ๆ ค่าพลังงาน I_{30-max} มีผลต่อการเกิดการชะล้างตะกอนในปี 2544 ในระดับปานกลาง ขณะที่ปี 2545 พื้นที่ป่าเบญจพรรณและส่วนมะม่วง ได้รับอิทธิพลจากพลังงาน I_{30-max} และมีผลทำให้เกิดการชะล้างตะกอนได้ในระดับปานกลาง ส่วนในพื้นที่อื่น ๆ ได้รับอิทธิพลในระดับต่ำ ดังตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานของฝนที่มีความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลา 30 นาที (I_{30-max}) ต่อการเกิดการชะล้างตะกอน (sediment) ในแปลงศึกษาปัจจัยพืชปกคลุมดิน (C-factor)

พื้นที่	I_{30-max} / sediment / ปี 2544	I_{30-max} / sediment / ปี 2545
1. ป่าเบญจพรรณ	s =7.5792(i)-78.02,R^2=0.8034	s =6.9268(i)-66.517,R^2=0.6792
2. ป่าเต็งรังแคระ	s =0.6334(i)-4.3989,R^2=0.6917	s =8.5383(i)-93.678,R^2=0.3961
3. ป่าเต็งรังรุ่น 2	s =3.1107(i)-32.805,R^2=0.7318	s =9.2825(i)-75.047,R^2=0.442
4. ป่าปลูก	s =0.5204(i)-3.7329,R^2=0.8467	s =4.7315(i)-39.519,R^2=0.2547
5. สวนมะม่วง	s =0.5869(i)-4.9611,R^2=0.8911	s =0.8245(i)-6.1411,R^2=0.5599

3) ปัจจัยค่าพลังงานของฝนที่ทำให้เกิดการสูญเสียดิน (R – factor) ต่อการเกิดการชะล้างตะกอน (sediment) ที่เกิดขึ้นในปี 2544 มีค่าค่อนข้างต่ำ แสดงให้เห็นว่าพลังงานของฝนส่วนใหญ่ไม่ได้ทำให้เกิดการชะล้างตะกอนออกจากพื้นที่ ยกเว้นพื้นที่ป่าเบญจพรรณและสวนมะม่วง ซึ่งค่อนข้างจะได้รับอิทธิพลพอสมควร และในปี 2545 จะได้รับอิทธิพลที่สูงกว่าปี 2544 ดังตารางที่ 5.12

ตารางที่ 5.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานของน้ำฝนที่ทำให้เกิดการสูญเสียดิน (R – factor) ต่อการเกิดการชะล้างตะกอน (sediment) ในแปลงศึกษาปัจจัยพืชปกคลุมดิน (C-factor)

พื้นที่	R – factor / sediment / ปี 2544	R – factor / sediment / ปี 2545
1. ป่าเบญจพรรณ	s =0.0184(R)+23.361,R^2=0.6234	s =0.0281(R)+10.814,R^2=0.5163
2. ป่าเต็งรังแคระ	s =0.0012(R)+5.2079,R^2=0.335	s =0.055(R)-45.258,R^2=0.7613
3. ป่าเต็งรังรุ่น 2	s =0.0063(R)+13.251,R^2=0.3934	s =0.0507(R)-7.212,R^2=0.6213
4. ป่าปลูก	s =0.0011(R)+3.8501,R^2=0.4858	s =0.0339(R)-20.568,R^2=0.6059
5. สวนมะม่วง	s =0.0013(R)+3.2042,R^2=0.6072	s =0.0041(R)+1.3278,R^2=0.6398

5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (runoff) ต่อการพัดพาตะกอน (sediment)

แปลงศึกษาปัจจัยความยากง่ายในการสูญเสียดิน (K-factor) ในปี 2544 พบว่า ความสัมพันธ์ของปัจจัยทั้ง 2 เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ถ้ามีปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินมาก อัตราการพัดพาตะกอนออกจากพื้นที่ก็จะมีสูงตามไปด้วย โดยเฉพาะในพื้นที่ป่าเต็งรังรุ่นสอง ทั้งนี้ ก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ เป็นส่วนประกอบด้วย เช่น ความลาดชันของพื้นที่ ลักษณะเนื้อดิน ความพรุนของดิน และความสามารถในซึมน้ำของดิน เป็นต้น จากค่าสหสัมพันธ์ (ตารางที่ 5.13) หากเปรียบเทียบในภาพรวม พบว่า แปลงศึกษาปัจจัยความยากง่ายในการสูญเสียดิน (K-factor)มีผลต่ออัตราการพัดพาตะกอนได้สูงกว่าแปลงศึกษาปัจจัยพืชปกคลุมดิน (C-factor) ขณะเดียวกัน หากมีปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินในแปลงศึกษาปัจจัยพืชปกคลุมดิน (C-factor) ในปริมาณมาก ก็ย่อมเกิดการชะล้างพัดพาตะกอนออกจากพื้นที่ได้มากเช่นกัน ดังตารางที่ (5.14) ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า แปลงศึกษาปัจจัยความยากง่ายในการสูญเสียดิน (K-factor) เป็นแปลงที่มีความพร้อมที่จะถูกชะล้างตะกอนออกจากพื้นที่เมื่อได้รับอิทธิพลจากพลังงานของฝน ที่ทำให้เกิดการสูญเสียดินมากระทำก็จะทำให้เกิดการพัดพาตะกอนได้ โดยไม่จำเป็นที่จะต้องมีปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินปริมาณมาก

ตารางที่ 5.13 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (runoff) ต่อปริมาณการพัดพาตะกอน (sediment) จากแปลง K-factor และแปลง C-factor ของปี 2544

พื้นที่	K-factor	C-factor
1. ป่าเบญจพรรณ	s =15.661(r)-416.57,R^2=0.4719	s =7.1512(r)-4.7618,R^2=0.3244
2. ป่าเต็งรังแคระ	s =2.4072(r)-4.8166,R^2=0.282	s =1.3241(r)+1.5822,R^2=0.255
3. ป่าเต็งรังรุ่น 2	s =4.8536(r)+36.989,R^2=0.5253	s =4.8881(r)+1.6286,R^2=0.3433
4. ป่าปลูก	s =3.5145(r)+12.432,R^2=0.4066	s =1.8508(r)-0.4813,R^2=0.3368
5. สวนมะม่วง	s =5.7453(r)-7.9974,R^2=0.4639	s =2.642(r)-1.4104,R^2=0.5113

ตารางที่ 5.14 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (runoff) ต่อปริมาณการพัดพาตะกอน (sediment) จากแปลง K-factor และแปลง C-factor ของปี 2545

พื้นที่	K-factor	C-factor
1. ป่าเบญจพรรณ	s =19.725(r)-599.71,R^2=0.2346	s =4.3353(r)+5.4468,R^2=0.2374
2. ป่าเต็งรังแคระ	s =2.8284(r)+110.45,R^2=0.1379	s =20.05(r)-77.093,R^2=0.6776
3. ป่าเต็งรังรุ่น 2	s =4.7013(r)+17.255,R^2=0.1782	s =23.628(r)-110.92,R^2=0.7328
4. ป่าปลูก	s =32.57(r)-315.76,R^2=0.1229	s =19.016(r)-58.653,R^2=0.629
5. สวนมะม่วง	s =12.532(r)-20.466,R^2=0.3421	s =6.7166(r)-4.3689,R^2=0.5029

5.4 อิทธิพลของปัจจัยน้ำฝนต่อการสูญเสียธาตุอาหาร

จากการนำตัวอย่างตะกอนจากแปลงทดลองมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหาร ในแต่ละพื้นที่ สามารถสรุปได้ดังนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานของฝนที่มีความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลา 30 นาที ($I_{30\text{-}max}$) ที่จะทำให้เกิดการสูญเสียธาตุอาหารหลักทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P), โปแตสเซียม (K), แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) นั้น ในพื้นที่ป่าเบญจพรรณ ค่าพลังงาน $I_{30\text{-}max}$ ได้ส่งผลกระทบทำให้เกิดการชะล้างธาตุอาหารหลักทั้ง 5 ชนิด ค่อนข้างสูง เช่นเดียวกันในพื้นที่ป่าเต็งรังแคระ ขณะเดียวกันในพื้นที่ป่าเต็งรังรุ่น 2 ค่าพลังงาน $I_{30\text{-}max}$ กลับมีผลทำให้เกิดการชะล้างธาตุอาหารโปแตสเซียม (K) ต่ำ ส่วนธาตุอาหารอื่น ๆ อีก 4 ชนิด มีอัตราการชะล้างใกล้เคียงกับป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรังแคระ ส่วนในพื้นที่ป่าปลูก สาเหตุที่ทำให้ปริมาณการชะล้างธาตุอาหารแคลเซียม (Ca),และแมกนีเซียม (Mg) ต่ำอาจมาจากความเข้มข้นของแคลเซียม (Ca),และแมกนีเซียม (Mg) ในสภาพธรรมชาติของป่าเต็งรังรุ่น 2 และป่าปลูก มีต่ำอยู่แล้ว ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 5.15 และตารางที่ 5.16 - 5.19

ตารางที่ 5.15 ความสัมพันธ์ระหว่างความรุนแรงของฝนที่ทำให้เกิดการสูญเสียดินต่อปริมาณธาตุอาหาร จากแปลงทดลองป่าเบญจพรรณ

ธาตุอาหาร	แปลง K-factor	แปลง C-factor
N	N =0.0472(i)-0.2749,R^2=0.8491	N =0.0023(i)-0.0064,R^2=0.7509
P	P =0.0018(i)-0.0119,R^2=0.9084	P =9E-05(i)-0.0005,R^2=0.8393
K	K =0.0059(i)-0.0323,R^2=0.887	K =0.0003(i)-0.0008,R^2=0.8032
Ca	Ca =0.0712(i)-0.518,R^2=0.7871	Ca =0.0038(i)-0.0264,R^2=0.7101
Mg	Mg =0.005(i)-0.0375,R^2=0.7516	Mg =0.0003(i)-0.0018,R^2=0.6782

ตารางที่ 5.16 ความสัมพันธ์ระหว่างความรุนแรงของฝนที่ทำให้เกิดการสูญเสียดิน ต่อปริมาณธาตุอาหาร จากแปลงทดลองป่าเต็งรังแคระ

ธาตุอาหาร	แปลง K-factor	แปลง C-factor
N	N =0.0112(i)-0.0776,R^2=0.7285	N =0.0006(i)-0.0038,R^2=0.8406
P	P =0.007(i)-0.0039,R^2=0.7138	P =3E-05(i)-0.0002,R^2=0.8101
K	K =0.0009(i)-0.0022,R^2=0.6825	K =4E-05(i)+9E-05,R^2=0.7136
Ca	Ca =0.018(i)-0.1432,R^2=0.4151	Ca =0.0007(i)-0.0032,R^2=0.3568
Mg	Mg =0.007(i)-0.0041,R^2=0.6981	Mg =3E-05(i)-7E-05,R^2=0.7339

ตารางที่ 5.17 ความสัมพันธ์ระหว่างความรุนแรงของฝนที่ทำให้เกิดการสูญเสียดิน ต่อปริมาณธาตุอาหาร จากแปลงทดลองป่าเต็งรังรุ่นสอง

ธาตุอาหาร	แปลง K-factor	แปลง C-factor
N	N =0.0423(i)-0.2653,R^2=0.7073	N =0.0015(i)-0.0087,R^2=0.7969
P	P =0.0007(i)+0.0017,R^2=0.6554	P =3E-05(i)-8E-05,R^2=0.7471
K	K =0.002(i)+0.0298,R^2=0.1892	K =9E-05(i)+0.0009,R^2=0.1973
Ca	Ca =0.0532(i)-0.3012,R^2=0.8947	Ca =0.0019(i)-0.0108,R^2=0.9605
Mg	Mg =0.003(i)-0.0137,R^2=0.9905	Mg =0.0001(i)-0.0005,R^2=0.9614

ตารางที่ 5.18 ความสัมพันธ์ระหว่างความรุนแรงของฝนที่ทำให้เกิดการสูญเสียดิน ต่อปริมาณธาตุอาหาร จากแปลงทดลองป่าปลูก

ธาตุอาหาร	แปลง K-factor	แปลง C-factor
N	N =0.0077(i)-0.015,R^2=0.9695	N =0.0005(i)-5E-05,R^2=0.8214
P	P =0.0003(i)-0.0024,R^2=0.8852	P =2E-05(i)-0.0001,R^2=0.9565
K	K =0.0003(i)+0.004,R^2=0.6978	K =2E-05(i)+0.0004,R^2=0.4858
Ca	Ca =0.0033(i)-0.0057,R^2=0.5361	Ca =0.0003(i)-0.0002,R^2=0.4207
Mg	Mg =0.0003(i)-0.0008,R^2=0.4643	Mg =2E-05(i)-4E-05,R^2=0.3741

ตารางที่ 5.19 ความสัมพันธ์ระหว่างความรุนแรงของฝนที่ทำให้เกิดการสูญเสียดิน ต่อปริมาณธาตุอาหาร จากแปลงทดลองสวนมะม่วง

ธาตุอาหาร	แปลง K-factor	แปลง C-factor
N	N =0.0231(i)-0.1726,R^2=0.5911	N =0.0017(i)-0.0105,R^2=0.5761
P	P =0.0052(i)-0.0398,R^2=0.6494	P =0.0004(i)-0.0028,R^2=0.6516
K	K =0.056(i)-0.0083,R^2=0.3117	K =0.0004(i)+0.0025,R^2=0.224
Ca	Ca =0.0266(i)-0.2116,R^2=0.6271	Ca =0.0021(i)-0.0158,R^2=0.6376
Mg	Mg =0.0013(i)-0.0099,R^2=0.7332	Mg =0.0001(i)-0.0006,R^2=0.734

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณการพัดพาตะกอน (transported sediment) ต่อปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารจากแปลงศึกษาทั้ง 5 พื้นที่ พบว่า ปริมาณตะกอนมีผลต่อการเพิ่มปริมาณของธาตุอาหาร หากามีปริมาณตะกอนมาก ธาตุอาหารที่จะถูกชะล้างจะเจือปนในปริมาณมากเช่นกัน จากพื้นที่ศึกษาทั้ง 5 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ป่าเบญจพรรณ พื้นที่ป่าเต็งรังแคระ พื้นที่ป่าเต็งรังรุ่นสอง พื้นที่ป่าปลูก และพื้นที่สวนมะม่วง นั้น พบว่ามีเพียงพื้นที่ป่าเต็งรังรุ่นสองที่มีอัตราความเข้มข้นของโปแตสเซียม (K) ต่ำ เมื่อเทียบกับปริมาณตะกอน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะดินในสภาพธรรมชาติมีธาตุอาหารโปแตสเซียม ต่ำอยู่แล้ว ดังนั้นการที่จะถูกชะล้างออกมากับตะกอนจึงมีปริมาณต่ำมากตามไปด้วย ส่วนพื้นที่ป่าปลูกธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณตะกอนได้แก่ แมกนีเซียม (Mg) แต่ก็อยู่ในอัตราที่ไม่ได้ต่ำมากนัก เมื่อเทียบกับธาตุอาหารชนิดอื่น ๆ อันมีสาเหตุมาจากในสภาพธรรมชาติดินในพื้นที่ป่าปลูกมี

แมกนีเซียม (Mg) เจือปนอยู่ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นการถูกชะล้างออกจากพื้นที่จึงมีปริมาณน้อยมาก เช่นเดียวกันกับ พื้นที่สวนมะม่วง ที่มีปริมาณธาตุอาหารในอัตราส่วนที่ต่ำ เมื่อเทียบกับปริมาณตะกอน ได้แก่ โปแตสเซียม (K) ซึ่งในสภาพธรรมชาติ ปริมาณธาตุโปแตสเซียมมีแนวโน้มต่ำอยู่แล้ว ดังนั้นอัตราการถูกชะล้างออกมาพร้อมกับตะกอนจึงมีต่ำตามไปด้วย ดังตารางที่ 5.20 - 5.27

ตารางที่ 5.20 ความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนต่อปริมาณธาตุอาหาร จากแปลงทดลองป่าเบญจพรรณ

ธาตุอาหาร	แปลง K-factor	แปลง C-factor
N	N =0.0014(s)+0.0974,R^2=0.9904	N =0.0007(s)+0.0079,R^2=0.9946
P	P =5E-05(s)+0.004,R^2=0.9506	P =2E-05(s)+0.0002,R^2=0.9617
K	K =0.0002(s)+0.0176,R^2=0.9685	K =8E-05(s)+0.0012,R^2=0.9838
Ca	Ca =0.0021(s)-0.007,R^2=0.9972	Ca =0.0011(s)-0.005,R^2=0.9858
Mg	Mg =0.0002(s)-0.0035,R^2=0.9987	Mg =8E-05(s)-0.0004,R^2=0.9942

ตารางที่ 5.21 ความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนต่อปริมาณธาตุอาหาร จากแปลงทดลองป่า เต็งรังแคระ

ธาตุอาหาร	แปลง K-factor	แปลง C-factor
N	N =0.002(s)+0.033,R^2=0.9582	N =0.001(s)+0.0018,R^2=0.9094
P	P =0.0001(s)+0.0025,R^2=0.9666	P =6E-05(s)+0.0001,R^2=0.9279
K	K =0.0002(s)+0.0061,R^2=0.9728	K =8E-05(s)+0.0004,R^2=0.9533
Ca	Ca =0.0044(s)-0.0568,R^2=0.9847	Ca =0.0022(s)-0.0019,R^2=0.9493
Mg	Mg =0.0001(s)+0.0024,R^2=0.9693	Mg =6E-05(s)+0.0002,R^2=0.9371

ตารางที่ 5.22 ความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนต่อปริมาณธาตุอาหาร จากแปลงทดลองป่าเต็งรัง รุ่น สอง

ธาตุอาหาร	แปลง K-factor	แปลง C-factor
N	N =0.0021(s)-0.1284,R^2=0.8198	N =0.0009(s)-0.0008,R^2=0.7411
P	P =3E-05(s)+0.0048,R^2=0.6858	P =1E-05(s)+0.0002,R^2=0.6132
K	K =6E-05(s)+0.0523,R^2=0.0843	K =6E-05(s)+0.0012,R^2=0.2364
Ca	Ca =0.0026(s)-0.0955,R^2=0.9773	Ca =0.0012(s)-0.0021,R^2=0.97
Mg	Mg =0.0001(s)+0.0009,R^2=0.9868	Mg =7E-05(s)+3E-05,R^2=0.9877

ตารางที่ 5.23 ความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนต่อปริมาณธาตุอาหาร จากแปลงทดลองป่าปลูก

ธาตุอาหาร	แปลง K-factor	แปลง C-factor
N	N =0.0021(s)+0.0237,R^2=0.9208	N =0.0012(s)+0.001,R^2=0.917
P	P =0.0001(s)-0.011,R^2=0.9611	P =5E-05(s)-6E-05,R^2=0.9422
K	K =9E-05(s)+0.0062,R^2=0.5477	K =5E-05(s)+0.0004,R^2=0.53
Ca	Ca =0.0009(s)+0.0163,R^2=0.4327	Ca =0.0007(s)-0.0003,R^2=0.5736
Mg	Mg =8E-05(s)+0.0012,R^2=0.3701	Mg =6E-05(s)-6E-05,R^2=0.5335

ตารางที่ 5.24 ความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนต่อปริมาณธาตุอาหาร จากแปลงทดลองสวนมะม่วง

ธาตุอาหาร	แปลง K-factor	แปลง C-factor
N	N =0.0079(s)-0.0618,R^2=0.7098	N =0.0038(s)-0.005,R^2=0.667
P	P =0.0018(s)-0.0139,R^2=0.7662	P =0.0009(s)-0.0014,R^2=0.737
K	K =0.0015(s)+0.0444,R^2=0.2235	K =0.0007(s)+0.0047,R^2=0.2028
Ca	Ca =0.009(s)-0.0816,R^2=0.7464	Ca =0.0045(s)-0.0086,R^2=0.7192
Mg	Mg =0.0005(s)-0.0028,R^2=0.8423	Mg =0.0002(s)-0.0003,R^2=0.8209

ตารางที่ 5.25 ความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนต่อปริมาณธาตุอาหาร จากแปลงศึกษาป่าเต็งรัง รุ่นสอง

ธาตุอาหาร	แปลง K-factor	แปลง C-factor
N	N =0.0021(s)-0.1284,R^2=0.8198	N =0.0009(s)-0.0008,R^2=0.7411
P	P =3E-05(s)+0.0048,R^2=0.6858	P =1E-05(s)+0.0002,R^2=0.6132
K	K =6E-05(s)+0.0523,R^2=0.0843	K =6E-05(s)+0.0012,R^2=0.2364
Ca	Ca =0.0026(s)-0.0955,R^2=0.9773	Ca =0.0012(s)-0.0021,R^2=0.97
Mg	Mg =0.0001(s)+0.0009,R^2=0.9868	Mg =7E-05(s)+3E-05,R^2=0.9877

ตารางที่ 5.26 ความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนต่อปริมาณธาตุอาหาร จากแปลงศึกษาป่าปลูก

ธาตุอาหาร	แปลง K-factor	แปลง C-factor
N	N =0.0021(s)+0.0237,R^2=0.9208	N =0.0012(s)+0.001,R^2=0.917
P	P =0.0001(s)-0.011,R^2=0.9611	P =5E-05(s)-6E-05,R^2=0.9422
K	K =9E-05(s)+0.0062,R^2=0.5477	K =5E-05(s)+0.0004,R^2=0.53
Ca	Ca =0.0009(s)+0.0163,R^2=0.4327	Ca =0.0007(s)-0.0003,R^2=0.5736
Mg	Mg =8E-05(s)+0.0012,R^2=0.3701	Mg =6E-05(s)-6E-05,R^2=0.5335

ตารางที่ 5.27 ความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนต่อปริมาณธาตุอาหาร จากแปลงศึกษาสวนมะม่วง

ธาตุอาหาร	แปลง K-factor	แปลง C-factor
N	N =0.0079(s)-0.0618,R^2=0.7098	N =0.0038(s)-0.005,R^2=0.667
P	P =0.0018(s)-0.0139,R^2=0.7662	P =0.0009(s)-0.0014,R^2=0.737
K	K =0.0015(s)+0.0444,R^2=0.2235	K =0.0007(s)+0.0047,R^2=0.2028
Ca	Ca =0.009(s)-0.0816,R^2=0.7464	Ca =0.0045(s)-0.0086,R^2=0.7192
Mg	Mg =0.0005(s)-0.0028,R^2=0.8423	Mg =0.0002(s)-0.0003,R^2=0.8209

5.5 การสูญเสียดินในแปลงศึกษา

ผลการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินจากการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน โดยกำหนดแปลงศึกษาไว้ 5 พื้นที่ จากการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำและปริมาณตะกอนตัวอย่างจากแปลงศึกษา เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาประเมินหาปริมาณการชะล้างพังทลายของดินในแปลงศึกษาพบว่า แปลงพื้นที่ป่าเบญจพรรณมีอัตราการชะล้างพังทลายสูงที่สุด เท่ากับ 3.147 ตันต่อไร่ต่อปี รองลงมาได้แก่ แปลงพื้นที่ป่าเต็งรังรุ่นสอง ป่าเต็งรังแคระ ป่าปลูก และแปลงสวนมะม่วงซึ่งมีอัตราการชะล้าง เท่ากับ 2.537, 1.647, 1.184 และ 0.328 ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 1 - 2)

แปลงพื้นที่ป่าเบญจพรรณมีอัตราการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายสูงสุด อาจมีสาเหตุมาจากสภาพพื้นที่มีความลาดชันสูง (25.5 เปอร์เซ็นต์) อีกทั้งเนื้อดินค่อนข้างร่วนซุย มีปริมาณอินทรียวัตถุสูง นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน ระหว่างแปลงศึกษาทั้ง 5 พื้นที่ (ตารางที่ 4.17) จะเห็นได้ว่าแปลงพื้นที่ป่าเบญจพรรณมีปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินสูงสุด ซึ่งเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปริมาณการชะล้างพังทลายและการพัดพาตะกอนได้สูงกว่าแปลงพื้นที่อื่น ๆ ส่วนแปลงศึกษาที่มีอัตราการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายต่ำสุด ได้แก่ แปลงสวนมะม่วง อาจมีสาเหตุมาจากพื้นที่แปลงสวนมะม่วงมีสภาพความลาดชันต่ำ (10 เปอร์เซ็นต์) ทำให้อัตราความรุนแรงของน้ำไหลบ่าหน้าดินลดลง อีกทั้งเนื้อดินมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ ลักษณะชั้นดินเป็นดินตื้นน้อยกว่า 50 เซนติเมตร ความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ นอกจากนี้เนื้อดินยังมีการสะสมของอนุภาคดินเหนียวและก้อนกรวดจำพวกก้อนหิน เมื่อได้รับความชื้นจะยึดเกาะตัวกันได้ดี อีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่ออัตราการชะล้างพังทลายของดิน ได้แก่ การปกคลุมดินของวัชพืช เนื่องจากแปลงสวนมะม่วงมีพืชพื้นล่างขึ้นปกคลุมดินอย่างหนาแน่นประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ จึงมีผลช่วยชะลอการไหลบ่าของน้ำหน้าดินได้เป็นอย่างดี อีกทั้งการระบายน้ำของดินดีจึงมีผลทำให้การชะล้างพังทลายของหน้าดินในบริเวณแปลงสวนมะม่วงมีอัตราที่ต่ำกว่าแปลงศึกษาในพื้นที่อื่น ๆ

5.6 การชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ระดับลุ่มน้ำ

ผลการประเมินการชะล้างพังทลายและการสูญเสียดินในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยโจ้ (on – site erosion) โดยวิธีการประเมินแบบกริดย่อย พบว่า มีอัตราการชะล้างพังทลายของหน้าดินอยู่ประมาณ 0.00002 ถึง 0.42086 ตันต่อไร่ต่อปี และยังพบอีกว่าพื้นที่ที่มีอัตราการชะล้าง พังทลายสูงสุดเป็นพื้นที่ที่ปกคลุมไปด้วยป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ ซึ่งอยู่ในบริเวณที่มีความลาดชันสูงมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป ส่วนพื้นที่ที่มีอัตราการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายต่ำสุดได้แก่ บริเวณพื้นที่ป่าเบญจพรรณและสวนไม้ผลที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ลาดชันต่ำ ซึ่งมีค่าระดับความสูงอยู่ประมาณ 5

เปอร์เซ็นต์ และอยู่ตอนล่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ และปริมาณการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายโดยรวมของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยโจ้จะอยู่ประมาณ 645.44762 ตันต่อปี ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณที่ค่อนข้างสูงพอสมควร (ตารางผนวกที่ 6)

5.7 อัตราการชะล้างพังทลายของดินต่อปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารที่ถูกพัดพาออกจากพื้นที่ลุ่มน้ำ

จากผลการศึกษาอัตราการชะล้างพังทลายของหน้าดินในพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้ โดยแยกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน สามารถสรุปได้ว่า พื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้มีเนื้อที่ประมาณ 18 ตารางกิโลเมตร แบ่งออกเป็นพื้นที่ป่าเต็งรังประมาณ 9 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ป่าเบญจพรรณและป่าเบญจพรรณชื้นประมาณ 4 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ปลูกไม้ผลประมาณ 1.32 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ทำการเกษตรอื่น ๆ นาข้าว พืชผัก และไม้ดอกไม้ประดับประมาณ 3 ตารางกิโลเมตร ส่วนที่เหลือเป็นพื้นที่เพื่อการพักอาศัยของราษฎรในชุมชน

เมื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณการชะล้างพังทลายของหน้าดินต่อปริมาณธาตุอาหารที่ถูกชะล้างพัดพาออกมาพร้อมกับตะกอนจากพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยใช้ข้อมูลจากแปลงศึกษาตัวอย่างเป็นตัวประเมิน สามารถสรุปได้ว่า

1) ป่าเต็งรัง ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 9 ตารางกิโลเมตร มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินเท่ากับ 295 ตันต่อปี โดยประมาณ มีอัตราการสูญเสียธาตุอาหารเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณตะกอน คิดเป็น ไนโตรเจน (N) ทั้งหมด 115.3 กิโลกรัมต่อปี ฟอสฟอรัส (P) ที่เป็นประโยชน์ 7.37 กิโลกรัมต่อปี โปแตสเซียม (K) ที่แลกเปลี่ยนได้ 12.39 กิโลกรัมต่อปี แคลเซียม (Ca) ที่แลกเปลี่ยนได้ 175.48 กิโลกรัมต่อปี และแมกนีเซียม (Mg) ที่แลกเปลี่ยนได้ 7.96 กิโลกรัมต่อปี

2) ป่าเบญจพรรณ ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 3.80 ตารางกิโลเมตร มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินเท่ากับ 85.61 ตันต่อปี โดยประมาณ มีอัตราการสูญเสียธาตุอาหารเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณตะกอน คิดเป็น ไนโตรเจน (N) ทั้งหมด 175.65 กิโลกรัมต่อปี ฟอสฟอรัส (P) ที่เป็นประโยชน์ 6.163 กิโลกรัมต่อปี โปแตสเซียม (K) ที่แลกเปลี่ยนได้ 22.09 กิโลกรัมต่อปี แคลเซียม (Ca) ที่แลกเปลี่ยนได้ 228.98 กิโลกรัมต่อปี และแมกนีเซียม (Mg) ที่แลกเปลี่ยนได้ 16.26 กิโลกรัมต่อปี

3) สวนไม้ผล ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 1.32 ตารางกิโลเมตร มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินเท่ากับ 0.82 ตันต่อปี โดยประมาณ มีอัตราการสูญเสียธาตุอาหารเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณตะกอน คิดเป็น ไนโตรเจน (N) ทั้งหมด 1.07 กิโลกรัมต่อปี ฟอสฟอรัส (P) ที่เป็น

ประโยชน์ 0.26 กิโลกรัมต่อปี โปแตสเซียม (K) ที่แลกเปลี่ยนได้ 0.39 กิโลกรัมต่อปี แคลเซียม (Ca) ที่แลกเปลี่ยนได้ 0.16 กิโลกรัมต่อปี และแมกนีเซียม (Mg) ที่แลกเปลี่ยนได้ 0.06 กิโลกรัมต่อปี

จากปริมาณธาตุอาหารที่ถูกพัดพาออกจากพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยโจ้ที่เกิดจากการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ นำมาประเมินหามูลค่าการสูญเสียเชิงเศรษฐกิจโดยเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารต่อราคาปุ๋ยในท้องตลาดช่วงเดือนกันยายน 2546 โดยธาตุอาหารไนโตรเจน (N) ใช้เปรียบเทียบกับปุ๋ยยูเรีย ในราคา 410 บาทต่อกระสอบ ธาตุอาหารฟอสฟอรัส (P) ใช้เปรียบเทียบกับปุ๋ยทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต ในราคา 780 บาทต่อกระสอบ ธาตุอาหารโปแตสเซียม (K) ใช้เปรียบเทียบกับปุ๋ยโปแตสเซียมคลอไร ในราคา 420 บาทต่อกระสอบ ธาตุอาหารแคลเซียม (Ca) ใช้เปรียบเทียบกับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรด ในราคา 420 บาทต่อกระสอบ และธาตุอาหารแมกนีเซียม (Mg) ใช้เปรียบเทียบกับแมกนีเซียมซัลเฟต ในราคา 280 บาทต่อกระสอบ รวมมูลค่าการสูญเสียธาตุอาหารจากการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยโจ้ คิดเป็นมูลค่าประมาณ 31,770 บาทต่อปี (ตารางผนวกที่ 7)

5.8 สรุปและข้อเสนอแนะ

5.8.1 **สรุปผลการศึกษา** การศึกษาการชะล้างพังทลายและการสูญเสียธาตุอาหารในลักษณะการใช้ที่ดินที่แตกต่างกันของพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้ ได้กำหนดพื้นที่ที่จะทำการศึกษาไว้ 5 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ป่าเบญจพรรณ พื้นที่ป่าเต็งรังแคระ พื้นที่ป่าเต็งรังรุ่นสอง พื้นที่ป่าปลูก และพื้นที่สวนมะม่วง โดยศึกษาจากการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินและการพัดพาปริมาณตะกอนออกจากพื้นที่ศึกษา ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินและการพัดพาตะกอน ได้แก่ปัจจัยด้านน้ำฝน สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1) จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยด้านน้ำฝนทั้ง 3 ลักษณะ ได้แก่ ปัจจัยด้านน้ำฝนรายวัน (daily rainfall) ปัจจัยด้านพลังงานของฝนที่มีความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลา 30 นาที ($I_{30\text{-}max}$) และปัจจัยด้านพลังงานของน้ำฝนที่ทำให้เกิดการสูญเสียดิน (R – factor) ต่อการเกิดปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินพบว่า ปัจจัยด้านน้ำฝนรายวัน (daily rainfall) มีผลอย่างยิ่งต่อการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินและในทุกพื้นที่ศึกษาจะมีค่าระดับความเป็นไปได้ที่ใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างปี 2544 และปี 2545 จะเห็นได้ว่าในปี 2545 มีแนวโน้มที่จะเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินได้สูงกว่าในปี 2544 อาจเนื่องมาจากในปี 2545 มีอัตราการตกของน้ำฝนรายวัน (daily rainfall) ยาวนานกว่าและมีปริมาณน้ำฝนในแต่ละกลุ่มพายุฝน (rain storm) ที่สูงกว่าในปี 2544 จึงทำให้มีอัตราน้ำไหลบ่าหน้าดินได้สูงกว่า

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยด้านน้ำฝนทั้ง 3 ลักษณะ ที่ส่งผลต่อการเกิดการ ชะล้างพัดพาตะกอน (sediment) พบว่า ปัจจัยด้านพลังงานของฝนที่มีความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลา 30 นาที ($I_{30\text{-}max}$) มีผลต่อการเกิดการชะล้างตะกอนในพื้นที่ศึกษาทั้ง 5 พื้นที่ สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยอื่น ๆ และเกิดขึ้นกับทั้ง 2 ปีในระดับที่ใกล้เคียงกัน

2) จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (runoff) ต่อการ พัดพาตะกอน (sediment) พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้ง 2 เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ถ้ามีปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินมากอัตราการพัดพาตะกอนออกจากพื้นที่ก็จะมีสูงตามไปด้วย แต่ทั้งนี้ก็ต้องมีปัจจัยอื่น ๆ มาประกอบด้วย ได้แก่ ปัจจัยด้านพลังงานของฝนที่มีความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลา 30 นาที ($I_{30\text{-}max}$) ปัจจัยด้านสภาพของพื้นที่ เช่น ความลาดชันของพื้นที่ ทิศด้านลาดรวมถึงความยาวของความลาดชันด้วย ปัจจัยด้านลักษณะดิน เช่น เนื้อดิน ความพรุนของดิน องค์ประกอบของดิน รวมถึง ปัจจัยด้านพืชพรรณปกคลุมดิน ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนเป็นส่วนประกอบสำคัญที่จะส่งผลกระทบต่อการเกิดการชะล้างพังทลายและการพัดพาตะกอนออกจาก พื้นที่ทั้งสิ้น

3) จากการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลด้านปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน และการพัดพาตะกอน เพื่อประเมินอัตราการสูญเสียดินในแปลงพื้นที่ศึกษาตัวอย่าง ทั้ง 5 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ป่าเบญจพรรณ พื้นที่ป่าเต็งรังแคระ พื้นที่ป่าเต็งรังรุ่นสอง พื้นที่ป่าปลูก และพื้นที่สวนมะม่วง พบว่า พื้นที่ป่าเบญจพรรณ มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินสูงที่สุด 3.15 ตันต่อไร่ต่อปี รองลงมาได้แก่ พื้นที่ป่าเต็งรังรุ่นสอง พื้นที่ป่าเต็งรังแคระ พื้นที่ป่าปลูก และพื้นที่สวนมะม่วง คิดเป็น 2.54, 1.65, 1.18 และ 0.33 ตันต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ

เมื่อนำปริมาณตะกอนที่ได้จากแปลงพื้นที่ศึกษาตัวอย่างมาประเมินหาปริมาณธาตุอาหารที่ถูกชะล้างพัดพาออกจากพื้นที่ พบว่า

1). พื้นที่ป่าเบญจพรรณ มีอัตราการสูญเสียธาตุอาหารจากการชะล้างพังทลายของดิน คิดเป็น ไนโตรเจน (N) ทั้งหมด 6.76 กิโลกรัมต่อปี ฟอสฟอรัส (P) ที่เป็นประโยชน์ 0.2265 กิโลกรัมต่อปี โปแตสเซียม (K) ที่แลกเปลี่ยนได้ 0.81 กิโลกรัมต่อปี แคลเซียม (Ca) ที่แลกเปลี่ยนได้ 0.84 กิโลกรัมต่อปี และแมกนีเซียม (Mg) ที่แลกเปลี่ยนได้ 0.60 กิโลกรัมต่อปี 2). พื้นที่ป่าเต็งรังรุ่นสอง มีอัตราการสูญเสียธาตุอาหารจากการชะล้างพังทลายของดิน คิดเป็น ไนโตรเจน (N) ทั้งหมด 2.77 กิโลกรัมต่อปี ฟอสฟอรัส (P) ที่เป็นประโยชน์ 0.07 กิโลกรัมต่อปี โปแตสเซียม (K) ที่

แลกเปลี่ยนได้ 0.32 กิโลกรัมต่อปี แคลเซียม (Ca) ที่แลกเปลี่ยนได้ 3.70 กิโลกรัมต่อปี และแมกนีเซียม (Mg) ที่แลกเปลี่ยนได้ 0.23 กิโลกรัมต่อปี

3) พื้นที่ป่าเต็งรังแคระ มีอัตราการสูญเสียธาตุอาหารจากการชะล้างพังทลายของดิน คิดเป็น ไนโตรเจน (N) ทั้งหมด 0.64 กิโลกรัมต่อปี ฟอสฟอรัส (P) ที่เป็นประโยชน์ 0.041 กิโลกรัมต่อปี โปแตสเซียม (K) ที่แลกเปลี่ยนได้ 0.07 กิโลกรัมต่อปี แคลเซียม (Ca) ที่แลกเปลี่ยนได้ 0.98 กิโลกรัมต่อปี และแมกนีเซียม (Mg) ที่แลกเปลี่ยนได้ 0.05 กิโลกรัมต่อปี

4) พื้นที่ป่าปลูก มีอัตราการสูญเสียธาตุอาหารจากการชะล้างพังทลายของดิน คิดเป็น ไนโตรเจน (N) ทั้งหมด 0.62 กิโลกรัมต่อปี ฟอสฟอรัส (P) ที่เป็นประโยชน์ 0.02 กิโลกรัมต่อปี โปแตสเซียม (K) ที่แลกเปลี่ยนได้ 0.04 กิโลกรัมต่อปี แคลเซียม (Ca) ที่แลกเปลี่ยนได้ 0.29 กิโลกรัมต่อปี และแมกนีเซียม (Mg) ที่แลกเปลี่ยนได้ 0.03 กิโลกรัมต่อปี

5) พื้นที่สวนมะม่วง มีอัตราการสูญเสียธาตุอาหารจากการชะล้างพังทลายของดิน คิดเป็น ไนโตรเจน (N) ทั้งหมด 0.43 กิโลกรัมต่อปี ฟอสฟอรัส (P) ที่เป็นประโยชน์ 0.09 กิโลกรัมต่อปี โปแตสเซียม (K) ที่แลกเปลี่ยนได้ 0.16 กิโลกรัมต่อปี แคลเซียม (Ca) ที่แลกเปลี่ยนได้ 0.464 กิโลกรัมต่อปี และแมกนีเซียม (Mg) ที่แลกเปลี่ยนได้ 0.03 กิโลกรัมต่อปี

การวิเคราะห์ข้อมูลการสูญเสียดินในพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้ จากการศึกษาและประเมินการสูญเสียดินแบบกริดย่อย พบว่า อัตราการชะล้าง พังทลายของหน้าดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ มีระดับค่าการชะล้างอยู่ที่ประมาณ 0.00002 ถึง 0.42086 ตันต่อไร่ต่อปี และพื้นที่ที่มีอัตราการชะล้างพังทลายสูงที่สุด คือ พื้นที่ป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพื้นที่ที่มีอัตราการชะล้างพังทลายต่ำที่สุด คือ พื้นที่ป่าเบญจพรรณและสวนไม้ผลที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ที่มีความลาดชันประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อประเมินอัตราการชะล้างพังทลายในภาพรวมของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยโจ้ มีปริมาณการชะล้างพังทลายและการสูญเสียดินโดยรวมประมาณ 645 ตันต่อปี

5.8.2 การประเมินการสูญเสียเชิงเศรษฐกิจจากการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยโจ้

จากปริมาณตะกอนที่ประเมินได้จากอัตราการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ สามารถนำมาประเมินเปรียบเทียบหาอัตราการสูญเสียธาตุอาหารที่ถูกชะล้างพัดพาออกจากพื้นที่ลุ่มน้ำโดยรวม ซึ่งคิดเป็นปริมาณธาตุอาหารได้ดังนี้ ไนโตรเจน (N) ทั้งหมด 292 กิโลกรัมต่อปี ฟอสฟอรัส (P) ที่เป็นประโยชน์ 14 กิโลกรัมต่อปี โปแตสเซียม (K) ที่แลกเปลี่ยนได้ 35 กิโลกรัมต่อ

ปี แคลเซียม (Ca) ที่แลกเปลี่ยนได้ 405 กิโลกรัมต่อปี และแมกนีเซียม (Mg) ที่แลกเปลี่ยนได้ 24 กิโลกรัมต่อปี เมื่อนำมาคิดเปรียบเทียบกับราคาปุ๋ยในท้องตลาดจะเกิดการ สูญเสียเป็นมูลค่าเท่ากับ 31,770 บาทต่อปี

5.8.3 การประเมินระดับความรุนแรงของการเกิดการชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้

ผลการศึกษาอัตราการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้ โดยรวมมีปริมาณ ประมาณ 648.4476 ตันต่อปี คิดเป็นอัตราการสูญเสียดินต่อไร่ เท่ากับ 4.41 ตันต่อไร่ต่อปี เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลการจัดชั้นความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน โดยกรมพัฒนาที่ดิน (2543) สามารถสรุปได้ว่า อัตราการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้ อยู่ในระดับ ชั้นที่ 2 มีความรุนแรงน้อย (slight) คือ มีอัตราการสูญเสียดินอยู่ระหว่าง 2 ถึง 5 ตันต่อไร่ต่อปี หรือคิดเป็นระดับความลึกของดิน เท่ากับ 0.96 ถึง 2.4 มิลลิเมตรต่อปี

5.9 ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาข้างต้น แสดงให้เห็นว่า การเกิดการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้ เป็นไปในลักษณะที่เกิดขึ้นโดยสภาพธรรมชาติของพื้นที่ ซึ่งถือว่าเป็นระดับความสูญเสียที่ไม่รุนแรงมากนัก แต่ถ้าไม่มีมาตรการในการป้องกันก็อาจจะเกิดการชะล้างพังทลายที่รุนแรงตามมาในอนาคต ดังนั้นจึงควรมีมาตรการในการอนุรักษ์และดูแลรักษาพื้นที่ป่าผืนนี้ด้วยเช่นกัน วิธีการที่ใช้ดูแลรักษาและอนุรักษ์พื้นที่ป่ามีหลายวิธี เช่น การใช้มาตรการป้องกันไฟป่าในฤดูแล้ง เพราะการเกิดไฟป่าจะส่งผลกระทบถึงการทำลายไม้พื้นล้าง และลูกไม้เล็ก ๆ ที่ช่วยคลุมดินให้เกิดความเสียหาย อีกทั้งอิทธิพลของไฟป่ายังส่งผลกระทบถึงการทำลายลักษณะทางโครงสร้างของดิน ทำให้เนื้อดินแตกกระจายง่ายต่อการถูกพัดพาออกจากพื้นที่โดยน้ำไหลบ่าหน้าดิน หรือการดูแลรักษาพื้นที่ป่าโดยให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พันธุ์ไม้ใหญ่ โดยมาตรการหรือกำหนดข้อบังคับไม่ให้ตัดไม้ในป่าหรือป้องกันการปุกลุกพื้นที่เพื่อนำมาทำเป็นพื้นที่เกษตร เพื่อให้ผืนป่ายังคงเป็นแหล่งต้นน้ำลำธารที่สำคัญต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน.2528. แผนที่การใช้ที่ดิน จังหวัดเชียงใหม่ 2528. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2528. แผนที่ชุดดินมาตราส่วน 1:50,000 จังหวัดเชียงใหม่. 2528. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.

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

ถวิล โกศลอนันตวงศ์. 2528. การประมาณค่าประสิทธิภาพการควบคุมการพังทลายของดินในสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) สำหรับป่าดิบเขาที่มีเปอร์เซ็นต์เรือนยอดปกคลุมในระดับต่างๆ กัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2527. การควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน. ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 618 น.

Arnoldus, H.M. 1977. Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco. Annex IV *In*: Assessing soil degradation, FAO Soil Bulletin 34, FAO, Rome.

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

Einstein, H.A. 19683 Deposition of suspended particles in a gravel bed. Journal of the Hydraulics Division, Proceedings of the America Society of Civil Engineering, 94 (HYS):1197 - 1205.

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.

Hudson, N. 1971. Soil conservation. London Batsford. 320 p.

Keawyana, 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.

Kilinc, M. and E.V. Richardson. 1973. Mechanics of Soil Erosion from Overland flow Generated by Simulated Rainfall. Hydrology Paper NO. 63, Colorado State University , Fort Collins, Colorado, 54 pp., September 1973.

Middleton ,H.E. 1930. Physical and chemical characteristics of the soils from the erosion experiment stations. USDA.Tech. Bull. No. 316.

Morgan, R.P.C. 1981. The role of the plant cover in controlling soil erosion, pp. 255-264. In Proceeding of the South-East Asian Regional Symposium of problems of soil erosion and sedimentation, Asian Institute of Technology, Bangkok.

Satterlund, D.R. 1972. Wildland Watershed Management. Ronald Press Co., New York. 370 p.

Schulz, E.F. 1981. Sediment yield estimated in planning landuse changed, pp. 117 - 128. Proc. South-East Asian Regional Symposium on Problems of soil Erosion and Sedimentation. AIT and Hydrulics Res. Sta. (Walling ford, U.K.), Bangkok.

Wischmeier, W.H. and D.D Smith. 1958. Rainfal energy and its relationship to soil loss. Trans. Amer. eophys. Union. 39(2): 285-291.

_____. 1965. Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountain. USDA Agri. Handbook No. 282. 47 p.

Wischmeier, W.H., D.D Smith and R.E. Uhland. 1958. Evaluation of factors in the soil-loss equation. Agricultural Engineering, P. 458-462.

Young, R.A., and C.K. Mutchler. 1969. Soil movement on irregular slopes. Water Resources Res. 5Z5X : 1084 - 1089.

Zingg, A.W. 1940. Degree and lenght of land slope as it affects soil loss in runoff. Agri. Eng. 21:59-64.

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน (erosion) จากแปลงศึกษา ปี 2544

แปลงป่าเบญจพรรณ

storm	R - factor	K - factor	L - factor	S - factor	C - factor	P - factor	A (ton/rai)
1	4421.68	0.0221	0.9511	2.1734	0.1130	1	3.8461
4	378.55	0.0018	0.9511	2.1734	0.4444	1	0.1061
5	308.93	0.0030	0.9511	2.1734	0.3385	1	0.1099
6	32.26	0.0030	0.9511	2.1734	0.1333	1	0.0045
10	34.24	0.0036	0.9511	2.1734	0.6667	1	0.0288
12	973.07	0.0069	0.9511	2.1734	0.1699	1	0.3979
13	753.38	0.0081	0.9511	2.1734	0.0415	1	0.0880
14	1171.73	0.0115	0.9511	2.1734	0.0117	1	0.0548
15	10096.67	0.0139	0.9511	2.1734	0.2430	1	11.8898
16	7757.18	0.0170	0.9511	2.1734	0.0814	1	3.7360
17	158.07	0.0021	0.9511	2.1734	0.2143	1	0.0249
25	579.33	0.0012	0.9511	2.1734	0.1111	1	0.0271
26	396.03	0.0022	0.9511	2.1734	0.1250	1	0.0379
28	5265.96	0.0099	0.9511	2.1734	0.0891	1	1.6184
32	28469.23	0.0424	0.9511	2.1734	0.1144	1	48.0022
33	714.03	0.0104	0.9511	2.1734	0.1333	1	0.3453
35	395.08	0.0061	0.9511	2.1734	0.0909	1	0.0767
41	1870.00	0.0184	0.9511	2.1734	0.1405	1	1.6788
51	103.55	0.0014	0.9511	2.1734	0.2222	1	0.0109
59	9288.89	0.0484	0.9511	2.1734	0.1076	1	16.8286
61	427.25	0.0020	0.9511	2.1734	0.2692	1	0.0786
						Total A	88.9915
						Average A	4.2377

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แปลงป่าเต็งรังแคระ

storm	R - factor	K - factor	L - factor	S - factor	C - factor	P - factor	A (ton/rai)
1	4421.68	0.0031	0.9649	2.5003	0.0902	1	0.4999
4	378.55	0.0004	0.9649	2.5003	0.3333	1	0.0209
5	308.93	0.0007	0.9649	2.5003	0.0588	1	0.0049
6	32.26	0.0003	0.9649	2.5003	0.5000	1	0.0022
10	34.24	0.0047	0.9649	2.5003	0.1111	1	0.0071
12	973.07	0.0004	0.9649	2.5003	0.1333	1	0.0224
13	753.38	0.0003	0.9649	2.5003	0.1667	1	0.0174
14	1171.73	0.0005	0.9649	2.5003	0.3889	1	0.0944
15	10096.67	0.0010	0.9649	2.5003	0.1548	1	0.6046
16	7757.18	0.0006	0.9649	2.5003	0.8286	1	1.5041
17	158.07	0.0003	0.9649	2.5003	1.5000	1	0.0246
25	579.33	0.0009	0.9649	2.5003	0.0667	1	0.0133
26	396.03	0.0009	0.9649	2.5003	0.0526	1	0.0075
28	5265.96	0.0005	0.9649	2.5003	0.1282	1	0.1399
32	28469.23	0.0032	0.9649	2.5003	0.0706	1	2.5749
33	714.03	0.0005	0.9649	2.5003	0.3500	1	0.0518
35	395.08	0.0011	0.9649	2.5003	0.0741	1	0.0126
41	1870.00	0.0004	0.9649	2.5003	0.4286	1	0.1342
51	103.55	0.0010	0.9649	2.5003	0.5000	1	0.0215
59	9288.89	0.0051	0.9649	2.5003	0.0892	1	1.6883
61	427.25	0.0009	0.9649	2.5003	0.1429	1	0.0221
						Total A	7.4686
						Average A	0.3556

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แปลงป่าเต็งรังรุ่น 2

storm	R - factor	K - factor	L - factor	S - factor	C - factor	P - factor	A (ton/rai)
1	4421.68	0.0240	0.9530	1.1282	0.0650	1	1.2443
4	378.55	0.0018	0.9530	1.1282	0.2609	1	0.0318
5	308.93	0.0085	0.9530	1.1282	0.0737	1	0.0349
6	32.26	0.0171	0.9530	1.1282	0.0455	1	0.0045
10	34.24	0.0465	0.9530	1.1282	0.1250	1	0.0359
12	973.07	0.0092	0.9530	1.1282	0.0210	1	0.0340
13	753.38	0.0160	0.9530	1.1282	0.0121	1	0.0264
14	1171.73	0.0171	0.9530	1.1282	0.0491	1	0.1776
15	10096.67	0.0270	0.9530	1.1282	0.0660	1	3.2489
16	7757.18	0.0167	0.9530	1.1282	0.0831	1	1.9430
17	158.07	0.0160	0.9530	1.1282	0.0182	1	0.0083
25	579.33	0.0074	0.9530	1.1282	0.0351	1	0.0270
26	396.03	0.0031	0.9530	1.1282	0.0690	1	0.0151
28	5265.96	0.0200	0.9530	1.1282	0.0849	1	1.6151
32	28469.23	0.0245	0.9530	1.1282	0.1120	1	14.1214
33	714.03	0.0243	0.9530	1.1282	0.0383	1	0.1199
35	395.08	0.0067	0.9530	1.1282	0.0533	1	0.0255
41	1870.00	0.0173	0.9530	1.1282	0.0827	1	0.4830
51	103.55	0.0203	0.9530	1.1282	0.0571	1	0.0217
59	9288.89	0.0244	0.9530	1.1282	0.2088	1	8.5471
61	427.25	0.0070	0.9530	1.1282	0.1042	1	0.0560
						Total A	31.8215
						Average A	1.5153

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แปลงป่าปลูก

storm	R - factor	K - factor	L - factor	S - factor	C - factor	P - factor	A (ton/rai)
1	4421.68	0.0033	0.9537	1.2494	0.1214	1	0.3582
4	378.55	0.0010	0.9537	1.2494	0.5714	1	0.0423
5	308.93	0.0015	0.9537	1.2494	0.1579	1	0.0149
6	32.26	0.0014	0.9537	1.2494	0.2500	1	0.0023
10	34.24	0.0073	0.9537	1.2494	0.1429	1	0.0072
12	973.07	0.0013	0.9537	1.2494	0.0870	1	0.0227
13	753.38	0.0016	0.9537	1.2494	0.0357	1	0.0088
14	1171.73	0.0045	0.9537	1.2494	0.0513	1	0.0546
15	10096.67	0.0041	0.9537	1.2494	0.1023	1	0.8469
16	7757.18	0.0041	0.9537	1.2494	0.0750	1	0.4723
17	158.07	0.0013	0.9537	1.2494	0.2000	1	0.0083
25	579.33	0.0009	0.9537	1.2494	0.1250	1	0.0135
26	396.03	0.0010	0.9537	1.2494	0.2000	1	0.0151
28	5265.96	0.0029	0.9537	1.2494	0.1698	1	0.5097
32	28469.23	0.0034	0.9537	1.2494	0.1341	1	2.6051
33	714.03	0.0041	0.9537	1.2494	0.0256	1	0.0150
35	395.08	0.0021	0.9537	1.2494	0.0385	1	0.0064
41	1870.00	0.0036	0.9537	1.2494	0.0222	1	0.0302
51	103.55	0.0018	0.9537	1.2494	0.2857	1	0.0109
59	9288.89	0.0057	0.9537	1.2494	0.1136	1	1.1987
61	427.25	0.0009	0.9537	1.2494	0.5714	1	0.0448
						Total A	6.2877
						Average A	0.2994

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แปลงสวนมะม่วง

storm	R - factor	K - factor	L - factor	S - factor	C - factor	P - factor	A (ton/rai)
1	4421.68	0.0034	0.9530	1.1282	0.1550	1	0.4218
4	378.55	0.0002	0.9530	1.1282	0.3333	1	0.0053
5	308.93	0.0006	0.9530	1.1282	0.1429	1	0.0050
6	32.26	0.0008	0.9530	1.1282	1.0000	1	0.0045
10	34.24	0.0035	0.9530	1.1282	0.3333	1	0.0072
12	973.07	0.0005	0.9530	1.1282	0.1429	1	0.0113
13	753.38	0.0003	0.9530	1.1282	0.2000	1	0.0088
14	1171.73	0.0005	0.9530	1.1282	0.2500	1	0.0273
15	10096.67	0.0056	0.9530	1.1282	0.1106	1	1.1301
16	7757.18	0.0023	0.9530	1.1282	0.2295	1	0.7352
17	158.07	0.0006	0.9530	1.1282	0.5000	1	0.0083
25	579.33	0.0003	0.9530	1.1282	1.0000	1	0.0270
26	396.03	0.0005	0.9530	1.1282	0.2000	1	0.0076
28	5265.96	0.0029	0.9530	1.1282	0.1667	1	0.4534
32	28469.23	0.0077	0.9530	1.1282	0.0795	1	3.1502
33	714.03	0.0016	0.9530	1.1282	0.1111	1	0.0225
35	395.08	0.0007	0.9530	1.1282	0.2500	1	0.0128
41	1870.00	0.0006	0.9530	1.1282	0.2143	1	0.0453
51	103.55	0.0006	0.9530	1.1282	1.0000	1	0.0109
59	9288.89	0.0081	0.9530	1.1282	0.0859	1	1.1696
61	427.25	0.0004	0.9530	1.1282	0.3333	1	0.0112
						Total A	7.2750
						Average A	0.3464

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน (erosion) จากแปลงศึกษา ปี 2545

แปลงป่าเบญจพรรณ

storm	R - factor	K - factor	L - factor	S - factor	C - factor	P - factor	A (ton/rai)
2	1755.48	0.0209	0.9511	2.1734	0.1132	1	1.4431
10	6161.94	0.0635	0.9511	2.1734	0.0350	1	4.7600
14	273.44	0.0073	0.9511	2.1734	0.1270	1	0.0876
21	1857.04	0.0086	0.9511	2.1734	0.1082	1	0.5976
27	2382.40	0.0586	0.9511	2.1734	0.0819	1	3.9801
28	2630.18	0.0372	0.9511	2.1734	0.0369	1	1.2575
29	781.18	0.0133	0.9511	2.1734	0.0462	1	0.1671
30	1957.69	0.0306	0.9511	2.1734	0.0311	1	0.6482
31	289.26	0.0121	0.9511	2.1734	0.0507	1	0.0615
33	622.90	0.0144	0.9511	2.1734	0.0362	1	0.1129
42	279.74	0.0070	0.9511	2.1734	0.3448	1	0.2353
45	1738.29	0.0100	0.9511	2.1734	0.1880	1	1.1375
46	406.64	0.0056	0.9511	2.1734	0.0816	1	0.0644
48	2223.56	0.0246	0.9511	2.1734	0.0295	1	0.5611
53	157.28	0.0107	0.9511	2.1734	0.0261	1	0.0153
57	281.66	0.0139	0.9511	2.1734	0.0349	1	0.0474
65	2007.09	0.0116	0.9511	2.1734	0.1171	1	0.9485
66	8621.14	0.0611	0.9511	2.1734	0.0828	1	15.1778
68	2756.47	0.0637	0.9511	2.1734	0.0720	1	4.3987
70	8136.42	0.1298	0.9511	2.1734	0.0183	1	6.7013
83	2918.16	0.0096	0.9511	2.1734	0.0803	1	0.7855
						Total A	43.1882
						Average A	2.0566

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

แปลงป่าเต็งรังแคระ

storm	R - factor	K - factor	L - factor	S - factor	C - factor	P - factor	A (ton/rai)
2	1755.48	0.0028	0.9649	2.5003	0.9322	1	1.8193
10	6161.94	0.0071	0.9649	2.5003	0.3249	1	5.6941
14	273.44	0.0002	0.9649	2.5003	5.0000	1	0.1080
21	1857.04	0.0020	0.9649	2.5003	0.2055	1	0.3047
27	2382.40	0.0071	0.9649	2.5003	0.0043	1	0.0292
28	2630.18	0.0053	0.9649	2.5003	0.3488	1	1.9571
29	781.18	0.0011	0.9649	2.5003	0.0938	1	0.0329
30	1957.69	0.0023	0.9649	2.5003	0.7264	1	1.3295
31	289.26	0.0006	0.9649	2.5003	0.0769	1	0.0055
33	622.90	0.0017	0.9649	2.5003	0.0526	1	0.0223
42	279.74	0.0029	0.9649	2.5003	0.1786	1	0.0580
45	1738.29	0.0016	0.9649	2.5003	0.1791	1	0.2038
46	406.64	0.0008	0.9649	2.5003	0.1176	1	0.0159
48	2223.56	0.0080	0.9649	2.5003	0.1731	1	1.2351
53	157.28	0.0013	0.9649	2.5003	0.2727	1	0.0227
57	281.66	0.0001	0.9649	2.5003	1.5000	1	0.0234
65	2007.09	0.0016	0.9649	2.5003	2.1389	1	2.7686
66	8621.14	0.0092	0.9649	2.5003	1.0185	1	32.2175
68	2756.47	0.0071	0.9649	2.5003	0.0598	1	0.4687
70	8136.42	0.0219	0.9649	2.5003	0.1724	1	12.2967
83	2918.16	0.0008	0.9649	2.5003	1.1379	1	1.0645
						Total A	61.6773
						Average A	2.9370

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

แปลงป่าเต็งรังรุ่น 2

storm	R - factor	K - factor	L - factor	S - factor	C - factor	P - factor	A (ton/rai)
2	1755.48	0.0180	0.9530	1.1282	0.1235	1	0.7033
10	6161.94	0.0340	0.9530	1.1282	0.1504	1	5.6841
14	273.44	0.0256	0.9530	1.1282	0.0087	1	0.0109
21	1857.04	0.0160	0.9530	1.1282	1.2031	1	6.4575
27	2382.40	0.0311	0.9530	1.1282	0.0210	1	0.2805
28	2630.18	0.0235	0.9530	1.1282	0.5483	1	6.1207
29	781.18	0.0081	0.9530	1.1282	0.1748	1	0.2001
30	1957.69	0.0156	0.9530	1.1282	0.0791	1	0.4371
31	289.26	0.0077	0.9530	1.1282	0.0417	1	0.0167
33	622.90	0.0163	0.9530	1.1282	0.0798	1	0.1465
42	279.74	0.0044	0.9530	1.1282	0.9474	1	0.2113
45	1738.29	0.0168	0.9530	1.1282	0.0784	1	0.4128
46	406.64	0.0089	0.9530	1.1282	0.0494	1	0.0321
48	2223.56	0.0166	0.9530	1.1282	0.0782	1	0.5226
53	157.28	0.0051	0.9530	1.1282	0.0526	1	0.0076
57	281.66	0.0020	0.9530	1.1282	0.4615	1	0.0473
65	2007.09	0.0141	0.9530	1.1282	0.8500	1	4.3321
66	8621.14	0.0490	0.9530	1.1282	0.2261	1	17.2258
68	2756.47	0.0323	0.9530	1.1282	0.1257	1	2.0169
70	8136.42	0.0810	0.9530	1.1282	0.1711	1	20.3475
83	2918.16	0.0127	0.9530	1.1282	1.4244	1	9.5370
						Total A	74.7505
						Average A	3.5595

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

แปลงป่าปลูก

storm	R - factor	K - factor	L - factor	S - factor	C - factor	P - factor	A (ton/rai)
2	1755.48	0.0069	0.9537	1.2494	0.1310	1	0.3179
10	6161.94	0.0078	0.9537	1.2494	0.4454	1	4.3004
14	273.44	0.0078	0.9537	1.2494	0.0256	1	0.0109
21	1857.04	0.0094	0.9537	1.2494	0.4059	1	1.4179
27	2382.40	0.0101	0.9537	1.2494	0.1101	1	0.5312
28	2630.18	0.0154	0.9537	1.2494	0.1332	1	1.0780
29	781.18	0.0072	0.9537	1.2494	0.0198	1	0.0222
30	1957.69	0.0098	0.9537	1.2494	0.1682	1	0.6464
31	289.26	0.0036	0.9537	1.2494	0.4054	1	0.0836
33	622.90	0.0075	0.9537	1.2494	0.1325	1	0.1239
42	279.74	0.0004	0.9537	1.2494	6.5000	1	0.1525
45	1738.29	0.0211	0.9537	1.2494	0.0423	1	0.3094
46	406.64	0.0018	0.9537	1.2494	0.2778	1	0.0401
48	2223.56	0.0107	0.9537	1.2494	0.1529	1	0.7274
53	157.28	0.0035	0.9537	1.2494	0.0345	1	0.0038
57	281.66	0.0064	0.9537	1.2494	0.2391	1	0.0866
65	2007.09	0.0074	0.9537	1.2494	0.8415	1	2.5100
66	8621.14	0.0204	0.9537	1.2494	0.7085	1	24.8796
68	2756.47	0.0170	0.9537	1.2494	0.0704	1	0.6605
70	8136.42	0.1380	0.9537	1.2494	0.0168	1	3.7679
83	2918.16	0.0076	0.9537	1.2494	0.4000	1	1.7624
						Total A	43.4328
						Average A	2.0682

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

แปลงสวนมะม่วง

storm	R - factor	K - factor	L - factor	S - factor	C - factor	P - factor	A (ton/rai)
2	1755.48	0.0034	0.9530	1.1282	0.0615	1	0.0670
10	6161.94	0.0076	0.9530	1.1282	0.2077	1	1.7458
14	273.44	0.0075	0.9530	1.1282	0.0588	1	0.0219
21	1857.04	0.0052	0.9530	1.1282	0.0824	1	0.1440
27	2382.40	0.0089	0.9530	1.1282	0.1192	1	0.4577
28	2630.18	0.0058	0.9530	1.1282	0.0800	1	0.2202
29	781.18	0.0038	0.9530	1.1282	0.0625	1	0.0333
30	1957.69	0.0064	0.9530	1.1282	0.0154	1	0.0350
31	289.26	0.0029	0.9530	1.1282	0.0370	1	0.0056
33	622.90	0.0051	0.9530	1.1282	0.0588	1	0.0338
42	279.74	0.0033	0.9530	1.1282	0.3571	1	0.0587
45	1738.29	0.0047	0.9530	1.1282	0.0235	1	0.0344
46	406.64	0.0016	0.9530	1.1282	0.3333	1	0.0402
48	2223.56	0.0046	0.9530	1.1282	0.0714	1	0.1307
53	157.28	0.0007	0.9530	1.1282	0.4000	1	0.0076
57	281.66	0.0047	0.9530	1.1282	0.0667	1	0.0158
65	2007.09	0.0075	0.9530	1.1282	0.0267	1	0.0728
66	8621.14	0.0212	0.9530	1.1282	0.0555	1	1.8315
68	2756.47	0.0163	0.9530	1.1282	0.0438	1	0.3559
70	8136.42	0.0173	0.9530	1.1282	0.0294	1	0.7470
83	2918.16	0.0034	0.9530	1.1282	0.2545	1	0.4573
						Total A	6.5161
						Average A	0.3103

ตารางผนวกที่ 3 การประเมินปัจจัยด้านความยากง่ายต่อการสูญเสียดิน (K - factor) แบบกริดของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยโจ้

Grid No	Landuse type	Area ratio	Existing K - factor	Weighted K - factor	Total weight of K - factor
1	DD	0.0625	0.0027	0.00017	0.00017
2	DD	0.1875	0.0027	0.00051	0.00051
3	DD	0.0781	0.0027	0.00021	0.00021
4	DD	0.2500	0.0027	0.00068	0.00068
5	DD	0.1094	0.0027	0.00030	0.00030
6	DD	0.0078	0.0027	0.00002	0.00002
7	DD	0.2500	0.0027	0.00068	0.00068
8	DD	0.1437	0.0027	0.00039	0.00039
9	DD	0.0390	0.0027	0.00011	0.00011
10	DD	0.2500	0.0027	0.00068	0.00068
11	DD	0.0600	0.0027	0.00016	0.00016
12	DD	0.1875	0.0027	0.00051	0.00177
	MD	0.0625	0.0202	0.00126	
13	DD	0.2500	0.0027	0.00068	0.00068
14	DD	0.2343	0.0027	0.00063	0.00063
15	DD	0.0438	0.0027	0.00012	0.00428
	MD	0.2063	0.0202	0.00417	
16	DD	0.2188	0.0027	0.00059	0.00122
	MD	0.0313	0.0202	0.00063	
17	DD	0.1250	0.0027	0.00034	0.00034
18	DD	0.2500	0.0027	0.00068	0.00068
19	DD	0.2500	0.0027	0.00068	0.00068
20	DD	0.2500	0.0027	0.00068	0.00068
21	DD	0.1563	0.0027	0.00042	0.00042
22	DD	0.1250	0.0027	0.00034	0.00034
23	DD	0.0313	0.0027	0.00008	0.00450
	MD	0.2188	0.0202	0.00442	
24	DD	0.0313	0.0027	0.00008	0.00450
	MD	0.2188	0.0202	0.00442	

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

Grid No	Landuse type	Area ratio	Existing K - factor	Weighted K - factor	Total weight of K - factor
25	DD	0.1200	0.0027	0.00032	0.00295
	MD	0.1300	0.0202	0.00263	
26	DD	0.2500	0.0027	0.00068	0.00068
27	DD	0.2500	0.0027	0.00068	0.00068
28	DD	0.2500	0.0027	0.00068	0.00068
29	DD	0.0156	0.0027	0.00004	0.00004
30	DD	0.1562	0.0027	0.00042	0.00042
31	DD	0.1875	0.0027	0.00051	0.00177
	MD	0.0625	0.0202	0.00126	
32	MD	0.2500	0.0202	0.00505	0.00505
33	DD	0.0313	0.0027	0.00008	0.00450
	MD	0.2188	0.0202	0.00442	
34	DD	0.1875	0.0027	0.00051	0.00177
	MD	0.0625	0.0202	0.00126	
35	DD	0.2500	0.0027	0.00068	0.00068
36	DD	0.1250	0.0027	0.00034	0.00034
37	DD	0.0156	0.0027	0.00004	0.00004
38	DD	0.0625	0.0027	0.00017	0.00396
	MD	0.1875	0.0202	0.00379	
39	MD	0.2500	0.0202	0.00505	0.00505
40	DD	0.1750	0.0027	0.00047	0.00199
	MD	0.0750	0.0202	0.00152	
41	DD	0.2500	0.0027	0.00068	0.00068
42	DD	0.2343	0.0027	0.00063	0.00063
43	DD	0.0625	0.0027	0.00017	0.00017
44	MD	0.0156	0.0202	0.00032	0.00032
45	DD	0.2500	0.0027	0.00068	0.00068
46	DD	0.0813	0.0027	0.00022	0.00022
47	DD	0.2500	0.0027	0.00068	0.00068

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

Grid No	Landuse type	Area ratio	Existing K - factor	Weighted K - factor	Total weight of K - factor
48	DD	0.1250	0.0027	0.00034	0.00160
	MD	0.0625	0.0202	0.00126	
49	DD	0.2500	0.0027	0.00068	0.00068
50	DD	0.2500	0.0027	0.00068	0.00068
51	DD	0.1094	0.0027	0.00030	0.00030
52	MD	0.0625	0.0202	0.00126	0.00126
53	MD	0.2500	0.0202	0.00505	0.00505
54	DD	0.1250	0.0027	0.00034	0.00286
	MD	0.1250	0.0202	0.00253	
55	DD	0.2500	0.0027	0.00068	0.00068
56	DD	0.0625	0.0027	0.00017	0.00017
57	DD	0.2188	0.0027	0.00059	0.00059
58	DD	0.2500	0.0027	0.00068	0.00068
59	DD	0.2500	0.0027	0.00068	0.00068
60	DD	0.0625	0.0027	0.00017	0.00017
61	MD	0.0625	0.0202	0.00126	0.00159
	OR	0.0742	0.0044	0.00033	
62	MD	0.0156	0.0202	0.00032	0.00114
	OR	0.1875	0.0044	0.00083	
63	MD	0.1563	0.0202	0.00316	0.00357
	OR	0.0938	0.0044	0.00041	
64	DD	0.0938	0.0027	0.00025	0.00341
	MD	0.1563	0.0202	0.00316	
65	DD	0.0781	0.0027	0.00021	0.00055
	OR	0.0781	0.0044	0.00034	
66	DD	0.1563	0.0027	0.00042	0.00042
67	DD	0.0156	0.0027	0.00004	0.00004
68	OR	0.1563	0.0044	0.00069	0.00069
69	MD	0.1563	0.0202	0.00316	0.00357
	OR	0.0938	0.0044	0.00041	

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

Grid No	Landuse type	Area ratio	Existing K - factor	Weighted K - factor	Total weight of K - factor
70	MD	0.2188	0.0202	0.00442	0.00456
	OR	0.0313	0.0044	0.00014	
71	MD	0.1250	0.0202	0.00253	0.00308
	OR	0.1250	0.0044	0.00055	
72	MD	0.1250	0.0202	0.00253	0.00253
73	MD	0.0469	0.0202	0.00095	0.00150
	OR	0.1250	0.0044	0.00055	
74	MD	0.1563	0.0202	0.00316	0.00329
	OR	0.0313	0.0044	0.00014	
75	MD	0.0390	0.0202	0.00079	0.00096
	OR	0.0390	0.0044	0.00017	
76	OR	0.0625	0.0044	0.00028	0.00028
77	OR	0.1250	0.0044	0.00055	0.00055
78	MD	0.0234	0.0202	0.00047	0.00075
	OR	0.0625	0.0044	0.00028	
79	MD	0.0313	0.0202	0.00063	0.00063
80	OR	0.0156	0.0044	0.00007	0.00007
81	OR	0.0156	0.0044	0.00007	0.00007

หมายเหตุ : DD = ป่าเต็งรัง (Dry dipterocarp forest)

MD = ป่าเบญจพรรณ (Mixed dipterocarp forest)

OR = สวนไม้ผล (Orchard)

ตารางผนวกที่ 4 การหาค่าปัจจัยด้านสภาพความลาดชัน (LS - factor) ของพื้นที่รับน้ำ

Grid No	Slope length (km)	Area (sq.km)	Area ratio (= 0.25)	Weighted slope length	Total weight slope	% slope	LS - factor
1	0.300	62.50	0.0625	0.0188	0.0188	40	6.092
2	0.850	187.50	0.1875	0.1594	0.1594	50	17.222
3	0.325	78.13	0.0781	0.0254	0.0254	35	5.005
4	0.250	93.75	0.0938	0.0234	0.0703	38	4.850
	0.300	156.25	0.1563	0.0469			
5	0.350	109.40	0.1094	0.0383	0.0383	83	26.453
6	0.100	7.80	0.0078	0.0008	0.0008	27	1.507
7	0.600	250.00	0.2500	0.1500	0.1500	57	17.874
8	0.150	50.00	0.0500	0.0075	0.0403	45	4.933
	0.350	93.75	0.0938	0.0328			
9	0.450	39.00	0.0390	0.0176	0.0176	29	4.200
10	0.220	62.50	0.0625	0.0138	0.1244	20	1.512
	0.590	187.50	0.1875	0.1106			
11	0.550	64.50	0.0645	0.0355	0.0355	27	4.190
12	0.450	156.25	0.1563	0.0703	0.0867	34	5.888
	0.175	93.75	0.0938	0.0164			
13	0.800	125.00	0.1250	0.1000	0.1375	39	10.302
	0.300	125.00	0.1250	0.0375			
14	0.800	234.30	0.2343	0.1874	0.1874	40	10.973
15	0.175	62.50	0.0625	0.0109	0.1516	18	1.023
	0.750	187.50	0.1875	0.1406			
16	0.460	156.25	0.1563	0.0719	0.0944	49	11.638
	0.240	93.75	0.0938	0.0225			
17	0.275	125.00	0.1250	0.0344	0.0344	60	12.331
18	0.225	78.13	0.0781	0.0176	0.1040	44	6.109
	0.503	171.88	0.1719	0.0865			
19	0.270	93.75	0.0938	0.0253	0.1113	30	3.338
	0.550	156.25	0.1563	0.0859			
20	0.180	87.50	0.0875	0.0158	0.0970	38	4.007
	0.500	162.50	0.1625	0.0813			

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

Grid No	Slope length (km)	Area (sq.km)	Area ratio (= 0.25)	Weighted slope length	Total weight slope	% slope	LS - factor
21	0.375	156.25	0.1563	0.0586	0.0586	40	6.965
22	0.325	125.00	0.1250	0.0406	0.0406	40	6.392
23	0.180	109.40	0.1094	0.0197	0.0956	31	2.737
	0.540	140.63	0.1406	0.0759			
24	0.100	15.63	0.0156	0.0016	0.0445	42	3.499
	0.200	78.13	0.0781	0.0156			
	0.175	156.25	0.1563	0.0273			
25	0.275	156.25	0.1563	0.0430	0.0992	45	7.190
	0.600	93.75	0.0938	0.0563			
26	0.275	141.00	0.1410	0.0388	0.0998	33	4.165
	0.560	109.00	0.1090	0.0610			
27	0.200	62.50	0.0625	0.0125	0.1484	36	3.902
	0.725	187.50	0.1875	0.1359			
28	0.375	156.25	0.1563	0.0586	0.0961	11	1.016
	0.400	93.75	0.0938	0.0375			
29	0.050	15.63	0.0156	0.0008	0.0008	40	2.079
30	0.400	156.20	0.1562	0.0625	0.0625	53	12.351
31	0.300	84.40	0.0844	0.0253	0.1909	17	1.322
	1.000	165.60	0.1656	0.1656			
32	0.240	46.88	0.0469	0.0113	0.1179	12	0.659
	0.525	203.13	0.2031	0.1066			
33	0.600	250.00	0.2500	0.1500	0.1500	53	15.753
34	0.275	250.00	0.2500	0.0688	0.0688	48	8.108
35	1.050	62.50	0.0625	0.0656	0.0891	41	13.520
	0.125	187.50	0.1875	0.0234			
36	0.650	125.00	0.1250	0.0813	0.0813	40	9.688
37	0.075	15.63	0.0156	0.0012	0.0012	53	4.476
38	0.575	125.00	0.1250	0.0719	0.1094	36	7.419
	0.300	125.00	0.1250	0.0375			

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

Grid No	Slope length (km)	Area (sq.km)	Area ratio (= 0.25)	Weighted slope length	Total weight slope	% slope	LS - factor
39	0.160	62.50	0.0625	0.0100	0.2069	20	1.255
	1.050	187.50	0.1875	0.1969			
40	0.400	140.63	0.1406	0.0563	0.1109	30	4.346
	0.500	109.38	0.1094	0.0547			
41	0.430	25.00	0.0250	0.0108	0.1120	15	1.389
	0.450	225.00	0.2250	0.1013			
42	0.550	234.30	0.2343	0.1289	0.1289	45	10.897
43	0.150	62.50	0.0625	0.0094	0.0094	45	4.998
44	0.075	15.63	0.0156	0.0012	0.0012	22	0.909
45	0.150	93.75	0.0938	0.0141	0.0727	35	3.147
	0.375	156.25	0.1563	0.0586			
46	0.200	62.50	0.0625	0.0125	0.0158	43	5.441
	0.175	18.75	0.0188	0.0033			
47	0.150	93.75	0.0938	0.0141	0.1039	42	4.321
	0.575	156.25	0.1563	0.0898			
48	0.100	62.50	0.0625	0.0063	0.0500	23	1.167
	0.350	125.00	0.1250	0.0438			
49	0.175	62.50	0.0625	0.0109	0.1094	36	3.657
	0.525	187.50	0.1875	0.0984			
50	0.160	93.75	0.0938	0.0150	0.0994	40	4.190
	0.540	156.25	0.1563	0.0844			
51	0.200	109.40	0.1094	0.0219	0.0219	40	4.776
52	0.700	62.50	0.0625	0.0438	0.0438	11	1.430
53	0.650	250.00	0.2500	0.1625	0.1625	20	2.818
54	0.400	250.00	0.2500	0.1000	0.1000	27	3.461
55	0.200	93.75	0.0938	0.0188	0.0891	35	3.667
	0.450	156.25	0.1563	0.0703			
56	0.175	78.13	0.0781	0.0137	0.0953	29	2.420
	0.475	171.88	0.1719	0.0816			

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

Grid No	Slope length (km)	Area (sq.km)	Area ratio (= 0.25)	Weighted slope length	Total weight slope	% slope	LS - factor
57	0.200	168.75	0.1688	0.0338	0.0663	41	4.948
	0.400	81.25	0.0813	0.0325			
58	0.500	250.00	0.2500	0.1250	0.1250	48	11.426
59	0.300	125.00	0.1250	0.0375	0.1094	46	7.891
	0.575	125.00	0.1250	0.0719			
60	0.200	62.50	0.0625	0.0125	0.0125	40	4.776
61	0.575	210.94	0.2109	0.1213	0.1213	13	1.208
62	0.725	250.00	0.2500	0.1813	0.1813	6	0.580
63	0.450	250.00	0.2500	0.1125	0.1125	7	0.518
64	0.500	250.00	0.2500	0.1250	0.1250	6	0.482
65	0.900	250.00	0.2500	0.2250	0.2250	6	0.646
66	0.175	62.50	0.0625	0.0109	0.0353	35	3.452
	0.260	93.75	0.0938	0.0244			
67	0.075	15.63	0.0156	0.0012	0.0012	60	5.655
68	0.550	250.00	0.2500	0.1375	0.1375	6	0.452
69	0.400	250.00	0.2500	0.1000	0.1000	5	0.343
70	0.600	250.00	0.2500	0.1500	0.1500	4	0.324
71	0.650	250.00	0.2500	0.1625	0.1625	7	0.623
72	0.650	125.00	0.1250	0.0813	0.0813	7	0.623
73	0.700	250.00	0.2500	0.1750	0.1750	3	0.259
74	0.600	187.50	0.1875	0.1125	0.1125	5	0.420
75	0.150	78.00	0.0780	0.0117	0.0117	7	0.299
76	0.625	218.75	0.2188	0.1367	0.1367	5	0.428
77	1.350	187.50	0.1875	0.2531	0.2531	5	0.629
78	0.150	125.00	0.1250	0.0188	0.0188	5	0.210
79	0.175	31.25	0.0313	0.0055	0.0055	5	0.227
80	0.600	187.50	0.1875	0.1125	0.1125	5	0.420
81	0.075	15.63	0.0156	0.0012	0.0012	5	0.148

ตารางผนวกที่ 5 การประเมินปัจจัยด้านพืชพรรณปกคลุมดิน (C - factor)

Grid No	Landuse type	Area ratio	Existing C - factor	Weighted C - factor	Total weight of C - factor
1	DD	0.0625	0.4972	0.03108	0.03108
2	DD	0.1875	0.4972	0.09323	0.09323
3	DD	0.0781	0.4972	0.03885	0.03885
4	DD	0.2500	0.4972	0.12430	0.12430
5	DD	0.1094	0.4972	0.05439	0.05439
6	DD	0.0078	0.4972	0.00388	0.00388
7	DD	0.2500	0.4972	0.12430	0.12430
8	DD	0.1437	0.4972	0.07145	0.07145
9	DD	0.0390	0.4972	0.01939	0.01939
10	DD	0.2500	0.4972	0.12430	0.12430
11	DD	0.0600	0.4972	0.02983	0.02983
12	DD	0.1875	0.4972	0.09323	0.10156
	MD	0.0625	0.1334	0.00834	
13	DD	0.2500	0.4972	0.12430	0.12430
14	DD	0.2343	0.4972	0.11649	0.11649
15	DD	0.0438	0.4972	0.02175	0.04927
	MD	0.2063	0.1334	0.02751	
16	DD	0.2188	0.4972	0.10876	0.11293
	MD	0.0313	0.1334	0.00417	
17	DD	0.1250	0.4972	0.06215	0.06215
18	DD	0.2500	0.4972	0.12430	0.12430
19	DD	0.2500	0.4972	0.12430	0.12430
20	DD	0.2500	0.4972	0.12430	0.12430

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

Grid No	Landuse type	Area ratio	Existing C - factor	Weighted C - factor	Total weight of C - factor
21	DD	0.1563	0.4972	0.07769	0.07769
22	DD	0.1250	0.4972	0.06215	0.06215
23	DD	0.0313	0.4972	0.01554	0.04472
	MD	0.2188	0.1334	0.02918	
24	DD	0.0313	0.4972	0.01554	0.04472
	MD	0.2188	0.1334	0.02918	
25	DD	0.1200	0.4972	0.05966	0.07701
	MD	0.1300	0.1334	0.01734	
26	DD	0.2500	0.4972	0.12430	0.12430
27	DD	0.2500	0.4972	0.12430	0.12430
28	DD	0.2500	0.4972	0.12430	0.12430
29	DD	0.0156	0.4972	0.00777	0.00777
30	DD	0.1562	0.4972	0.07766	0.07766
31	DD	0.1875	0.4972	0.09323	0.10156
	MD	0.0625	0.1334	0.00834	
32	MD	0.2500	0.1334	0.03335	0.03335
33	DD	0.0313	0.4972	0.01554	0.04472
	MD	0.2188	0.1334	0.02918	
34	DD	0.1875	0.4972	0.09323	0.10156
	MD	0.0625	0.1334	0.00834	
35	DD	0.2500	0.4972	0.12430	0.12430
36	DD	0.1250	0.4972	0.06215	0.06215
37	DD	0.0156	0.4972	0.00777	0.00777

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

Grid No	Landuse type	Area ratio	Existing C - factor	Weighted C - factor	Total weight of C - factor
38	DD	0.0625	0.4972	0.03108	0.05609
	MD	0.1875	0.1334	0.02501	
39	MD	0.2500	0.1334	0.03335	0.03335
40	DD	0.1750	0.4972	0.08701	0.09702
	MD	0.0750	0.1334	0.01001	
41	DD	0.2500	0.4972	0.12430	0.12430
42	DD	0.2343	0.4972	0.11649	0.11649
43	DD	0.0625	0.4972	0.03108	0.03108
44	MD	0.0156	0.1334	0.00208	0.00208
45	DD	0.2500	0.4972	0.12430	0.12430
46	DD	0.0813	0.4972	0.04040	0.04040
47	DD	0.2500	0.4972	0.12430	0.12430
48	DD	0.1250	0.4972	0.06215	0.07049
	MD	0.0625	0.1334	0.00834	
49	DD	0.2500	0.4972	0.12430	0.12430
50	DD	0.2500	0.4972	0.12430	0.12430
51	DD	0.1094	0.4972	0.05439	0.05439
52	MD	0.0625	0.1334	0.00834	0.00834
53	MD	0.2500	0.1334	0.03335	0.03335
54	DD	0.1250	0.4972	0.06215	0.07883
	MD	0.1250	0.1334	0.01668	
55	DD	0.2500	0.4972	0.12430	0.12430
56	DD	0.0625	0.4972	0.03108	0.03108

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

Grid No	Landuse type	Area ratio	Existing C - factor	Weighted C - factor	Total weight of C - factor
57	DD	0.2188	0.4972	0.10876	0.10876
58	DD	0.2500	0.4972	0.12430	0.12430
59	DD	0.2500	0.4972	0.12430	0.12430
60	DD	0.0625	0.4972	0.03108	0.03108
61	MD	0.0625	0.1334	0.00834	0.02474
	OR	0.0742	0.2210	0.01640	
62	MD	0.0156	0.1334	0.00208	0.04352
	OR	0.1875	0.2210	0.04144	
63	MD	0.1563	0.1334	0.02084	0.04156
	OR	0.0938	0.2210	0.02072	
64	DD	0.0938	0.4972	0.04661	0.06746
	MD	0.1563	0.1334	0.02084	
65	DD	0.0781	0.4972	0.03884	0.05611
	OR	0.0781	0.2210	0.01727	
66	DD	0.1563	0.4972	0.07769	0.07769
67	DD	0.0156	0.4972	0.00777	0.00777
68	OR	0.1563	0.2210	0.03453	0.03453
69	MD	0.1563	0.1334	0.02084	0.04156
	OR	0.0938	0.2210	0.02072	
70	MD	0.2188	0.1334	0.02918	0.03609
	OR	0.0313	0.2210	0.00691	
71	MD	0.1250	0.1334	0.01668	0.04430
	OR	0.1250	0.2210	0.02763	

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

Grid No	Landuse type	Area ratio	Existing C - factor	Weighted C - factor	Total weight of C - factor
72	MD	0.1250	0.1334	0.01668	0.01668
73	MD	0.0469	0.1334	0.00625	0.03388
	OR	0.1250	0.2210	0.02763	
74	MD	0.1563	0.1334	0.02084	0.02775
	OR	0.0313	0.2210	0.00691	
75	MD	0.0390	0.1334	0.00520	0.01382
	OR	0.0390	0.2210	0.00862	
76	OR	0.0625	0.2210	0.01381	0.01381
77	OR	0.1250	0.2210	0.02763	0.02763
78	MD	0.0234	0.1334	0.00313	0.01694
	OR	0.0625	0.2210	0.01381	
79	MD	0.0313	0.1334	0.00417	0.00417
80	OR	0.0156	0.2210	0.00345	0.00345
81	OR	0.0156	0.2210	0.00345	0.00345

หมายเหตุ : DD = ป่าเต็งรัง (Dry dipterocarp forest)

MD = ป่าเบญจพรรณ (Mixed dipterocarp forest)

OR = สวนไม้ผล (Orchard)

ตารางผนวกที่ 6 ผลการประเมินการชะล้างพังทลายและการสูญเสียดิน (erosion) แบบกริดของพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้

Grid No	Area (sq.km)	R - factor	K - factor	LS - factor	C - factor	P - factor	On - site erosion (ton/ha/yr)	On - site erosion (ton/rai/yr)	Total erosion (ton/yr)
1	0.0625	829.21	0.00017	6.0919	0.03108	1	0.02649	0.00424	0.16556
2	0.1875	829.21	0.00051	17.2217	0.09323	1	0.67397	0.10783	12.63687
3	0.0781	829.21	0.00021	5.0047	0.03885	1	0.03401	0.00544	0.26570
4	0.2500	829.21	0.00068	4.8501	0.12430	1	0.33744	0.05399	8.43593
5	0.1094	829.21	0.00030	26.4530	0.05439	1	0.35243	0.05639	3.85554
6	0.0078	829.21	0.00002	1.5065	0.00388	1	0.00010	0.00002	0.00008
7	0.2500	829.21	0.00068	17.8737	0.12430	1	1.24352	0.19896	31.08812
8	0.1437	829.21	0.00039	4.9332	0.07145	1	0.11340	0.01814	1.62952
9	0.0390	829.21	0.00011	4.1996	0.01939	1	0.00711	0.00114	0.02773
10	0.2500	829.21	0.00068	1.5123	0.12430	1	0.10522	0.01683	2.63040
11	0.0600	829.21	0.00016	4.1898	0.02983	1	0.01679	0.00269	0.10074
12	0.2500	829.21	0.00177	5.8876	0.10156	1	0.87700	0.14032	21.92501
13	0.2500	829.21	0.00068	10.3017	0.12430	1	0.71672	0.11467	17.91793
14	0.2343	829.21	0.00063	10.9732	0.11649	1	0.67056	0.10729	15.71118
15	0.2500	829.21	0.00428	1.0229	0.04927	1	0.17904	0.02865	4.47594
16	0.2500	829.21	0.00122	11.6376	0.11293	1	1.33158	0.21305	33.28955
17	0.1250	829.21	0.00034	12.3309	0.06215	1	0.21447	0.03432	2.68091
18	0.2500	829.21	0.00068	6.1089	0.12430	1	0.42501	0.06800	10.62531
19	0.2500	829.21	0.00068	3.3379	0.12430	1	0.23222	0.03716	5.80559
20	0.2500	829.21	0.00068	4.0068	0.12430	1	0.27877	0.04460	6.96916
21	0.1563	829.21	0.00042	6.9646	0.07769	1	0.18928	0.03028	2.95745
22	0.1250	829.21	0.00034	6.3916	0.06215	1	0.11117	0.01779	1.38963
23	0.2500	829.21	0.00450	2.7369	0.04472	1	0.45702	0.07312	11.42548
24	0.2500	829.21	0.00450	3.4989	0.04472	1	0.58424	0.09348	14.60608
25	0.2500	829.21	0.00295	7.1897	0.07701	1	1.35431	0.21669	33.85777
26	0.2500	829.21	0.00068	4.1649	0.12430	1	0.28976	0.04636	7.24402
27	0.2500	829.21	0.00068	3.9023	0.12430	1	0.27149	0.04344	6.78728

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

Grid No	Area (sq.km)	R - factor	K - factor	LS - factor	C - factor	P - factor	On - site erosion (ton/ha/yr)	On - site erosion (ton/rai/yr)	Total erosion (ton/yr)
28	0.2500	829.21	0.00068	1.0157	0.12430	1	0.07067	0.01131	1.76663
29	0.0156	829.21	0.00004	2.0790	0.00777	1	0.00057	0.00009	0.00088
30	0.1562	829.21	0.00042	12.3509	0.07766	1	0.33544	0.05367	5.23965
31	0.2500	829.21	0.00177	1.3224	0.10156	1	0.19698	0.03152	4.92459
32	0.2500	829.21	0.00505	0.6585	0.03335	1	0.09196	0.01471	2.29911
33	0.2500	829.21	0.00450	15.7527	0.04472	1	2.63040	0.42086	65.76008
34	0.2500	829.21	0.00177	8.1077	0.10156	1	1.20771	0.19323	30.19267
35	0.2500	829.21	0.00068	13.5195	0.12430	1	0.94059	0.15049	23.51479
36	0.1250	829.21	0.00034	9.6878	0.06215	1	0.16850	0.02696	2.10628
37	0.0156	829.21	0.00004	4.4761	0.00777	1	0.00122	0.00019	0.00190
38	0.2500	829.21	0.00396	7.4193	0.05609	1	1.36514	0.21842	34.12849
39	0.2500	829.21	0.00505	1.2546	0.03335	1	0.17520	0.02803	4.38007
40	0.2500	829.21	0.00199	4.3458	0.09702	1	0.69484	0.11117	17.37094
41	0.2500	829.21	0.00068	1.3891	0.12430	1	0.09664	0.01546	2.41601
42	0.2343	829.21	0.00063	10.8975	0.11649	1	0.66593	0.10655	15.60276
43	0.0625	829.21	0.00017	4.9976	0.03108	1	0.02173	0.00348	0.13582
44	0.0156	829.21	0.00032	0.9088	0.00208	1	0.00050	0.00008	0.00077
45	0.2500	829.21	0.00068	3.1471	0.12430	1	0.21895	0.03503	5.47374
46	0.0813	829.21	0.00022	5.4408	0.04040	1	0.03998	0.00640	0.32486
47	0.2500	829.21	0.00068	4.3207	0.12430	1	0.30060	0.04810	7.51504
48	0.1875	829.21	0.00160	1.1668	0.07049	1	0.10911	0.01746	2.04587
49	0.2500	829.21	0.00068	3.6571	0.12430	1	0.25443	0.04071	6.36082
50	0.2500	829.21	0.00068	4.1899	0.12430	1	0.29150	0.04664	7.28750
51	0.1094	829.21	0.00030	4.7764	0.05439	1	0.06363	0.01018	0.69616
52	0.0625	829.21	0.00126	1.4295	0.00834	1	0.01248	0.00200	0.07798
53	0.2500	829.21	0.00505	2.8181	0.03335	1	0.39355	0.06297	9.83887
54	0.2500	829.21	0.00286	3.4611	0.07883	1	0.64757	0.10361	16.18920

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

Grid No	Area (sq.km)	R - factor	K - factor	LS - factor	C - factor	P - factor	On - site erosion (ton/ha/yr)	On - site erosion (ton/rai/yr)	Total erosion (ton/yr)
55	0.2500	829.21	0.00068	3.6673	0.12430	1	0.25515	0.04082	6.37867
56	0.0625	829.21	0.00017	2.4204	0.03108	1	0.01052	0.00168	0.06578
57	0.2188	829.21	0.00059	4.9483	0.10876	1	0.26358	0.04217	5.76581
58	0.2500	829.21	0.00068	11.4262	0.12430	1	0.79495	0.12719	19.87371
59	0.2500	829.21	0.00068	7.8909	0.12430	1	0.54899	0.08784	13.72485
60	0.0625	829.21	0.00017	4.7764	0.03108	1	0.02077	0.00332	0.12981
61	0.2109	829.21	0.01940	1.2075	0.04552	1	0.88436	0.14150	18.65114
62	0.2500	829.21	0.01239	0.5799	0.05665	1	0.33754	0.05401	8.43840
63	0.2500	829.21	0.00357	0.5180	0.04156	1	0.06371	0.01019	1.59273
64	0.2500	829.21	0.00341	0.4816	0.06746	1	0.09185	0.01470	2.29617
65	0.1562	829.21	0.00055	0.6462	0.05611	1	0.01668	0.00267	0.26048
66	0.1563	829.21	0.00042	3.4520	0.07769	1	0.09382	0.01501	1.46586
67	0.0156	829.21	0.00004	5.6550	0.00777	1	0.00154	0.00025	0.00240
68	0.2251	829.21	0.01719	0.4520	0.05378	1	0.34646	0.05543	7.79886
69	0.2500	829.21	0.00357	0.3426	0.04156	1	0.04214	0.00674	1.05353
70	0.2500	829.21	0.00456	0.3237	0.03609	1	0.04413	0.00706	1.10333
71	0.2500	829.21	0.00308	0.6225	0.04430	1	0.07032	0.01125	1.75802
72	0.1250	829.21	0.00253	0.6225	0.01668	1	0.02174	0.00348	0.27169
73	0.2344	829.21	0.01650	0.2590	0.05138	1	0.18202	0.02912	4.26646
74	0.1876	829.21	0.00329	0.4196	0.02775	1	0.03180	0.00509	0.59665
75	0.0780	829.21	0.00096	0.2991	0.01382	1	0.00329	0.00053	0.02565
76	0.2188	829.21	0.03778	0.4283	0.05756	1	0.77223	0.12356	16.89630
77	0.1875	829.21	0.01555	0.6295	0.04513	1	0.36625	0.05860	6.86714
78	0.1250	829.21	0.01012	0.2098	0.02788	1	0.04910	0.00786	0.61370

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

Grid No	Area (sq.km)	R - factor	K - factor	LS - factor	C - factor	P - factor	On - site erosion (ton/ha/yr)	On - site erosion (ton/rai/yr)	Total erosion (ton/yr)
79	0.0313	829.21	0.00063	0.2266	0.00417	1	0.00049	0.00008	0.00155
80	0.0906	829.21	0.01807	0.4196	0.02445	1	0.15374	0.02460	1.39292
81	0.0156	829.21	0.00007	0.1484	0.00345	1	0.00003	0.00000	0.00005
ปริมาณการสูญเสียดินในพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด (ตันต่อปี)									645.44762
ปริมาณการสูญเสียดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ คิดเป็น ตันต่อไร่ต่อปี									4.40898
ปริมาณการสูญเสียดินในพื้นทุลุ่มน้ำ คิดเป็น ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี									27.55613

ตารางผนวกที่ 7 การสูญเสียหน้าดินและปริมาณธาตุอาหารจากการชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้

พื้นที่	เนื้อที่ (ตารางกิโลเมตร)	ปริมาณตะกอน (ตันต่อปี)	ปริมาณธาตุอาหารจากการชะล้าง (กิโลกรัมต่อปี) N	P	K	Ca	Mg
1. ป่าเบญจพรรณ	3.8018	85.61106	175.65	6.1632	22.085	228.98	16.264
2. ป่าเต็งรัง	9.0922	294.9216	115.6	7.373	12.387	175.477	7.963
3. สวนไม้ผล	1.3163	0.82306	1.067	0.2354	0.393	0.156	0.0625
รวม	14.2103	381.35572	292.317	13.7716	34.865	404.613	24.2895
คิดเป็นมูลค่าตามราคาปุ๋ย (บาทต่อปี)			5330	1560	840	22680	1360
คิดเป็นมูลค่าความสูญเสีย (บาทต่อปี)							31770