การชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ และมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

Soil Erosion on Kho Hong Hill and Its Economic Loss, Hat Yai District, Songkhla Province.

นิติพัฒน์ นวนมะโน

Nitipat Nuanmano

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Science in Environmental Management
Prince of Songkla University
2556

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ และมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

ผู้เขียน นายนิติพัฒน์ นวนมะโน

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวลักษณ์ รุ่งตะวันเรืองศรี)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย ธนาวุฒิ)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ดร.เกื้ออนันต์ เตชะโต)

.....กรรมการ

(ดร.ศักดิ์ชัย คีรีพัฒน์)

.....กรรมการ

(พล.ต.ดร.นพรัตน์ เศรษฐกุล)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวลักษณ์ รุ่งตะวันเรืองศรี)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย ธนาวุฒิ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้เป็นผลมาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และขอแสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

ลงชื่อ.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวลักษณ์ รุ่งตะวันเรืองศรี)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....
(นายนิติพัฒน์ นวนมะโน)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อนและไม่ได้ใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....
(นายนิติพัฒน์ นวนมะโน)
นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ และมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

ผู้เขียน นิติพัฒน์ นวนมะโน

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2555

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน และมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ โดยมีวิธีการวิจัยดังนี้ 1) เก็บและรวบรวมข้อมูลการชะล้างพังทลายของดินจากการวางแปลงทดลองขนาด 4x12 เมตร ในพื้นที่การใช้ประโยชน์ 3 ประเภท พื้นที่ละ 3 แปลงทดลอง บนความลาดชัน 18-21% แล้วนำมาวิเคราะห์ปริมาณและค่าปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดิน 2) วิเคราะห์และกลั่นกรองผลกระทบจากการชะล้างพังทลายของดินโดยอาศัยหลักในการจำแนกและกลั่นกรองผลกระทบตามหลักการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้ง 4 ด้าน ที่ใช้ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) ได้แก่ ด้านกายภาพ ด้านชีวภาพ ด้านคุณค่าการใช้ประโยชน์ และด้านคุณภาพชีวิต และ 3) ประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ที่กลั่นกรองไว้ด้วยวิธีราคาตลาด

ผลการศึกษาด้านปริมาณการชะล้างพังทลายของดินที่ได้ทำการทดลองเก็บตัวอย่างในฤดูฝนของปี 2554 เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่าเขาคอหงส์มีอัตราการชะล้างพังทลายของดิน เท่ากับ 10.57 ตัน/ไร่ จัดอยู่ในชั้นความรุนแรงระดับปานกลาง มีปริมาณธาตุอาหารหลัก N P และ K ที่สูญเสีย เท่ากับ 1,242.47 0.03 และ 0.39 กิโลกรัม ตามลำดับ และมีอัตราส่วนการถูกพัดพาเป็นตะกอนในลำน้ำ SDR เท่ากับ 0.033 โดยพื้นที่เปิดโล่งมีอัตราการชะล้างพังทลายของดินมากที่สุด เท่ากับ 20.22 ตัน/ไร่ จัดอยู่ในชั้นความรุนแรงระดับรุนแรงมาก มีปริมาณธาตุอาหารหลัก N P และ K ที่สูญเสีย เท่ากับ 3,235.20 0.07 และ 1.42 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ และมีอัตราส่วนการถูกพัดพาเป็นตะกอนในลำน้ำ SDR เท่ากับ 0.043 สวนยางพารา เท่ากับ 15.60 ตัน/ไร่ จัดอยู่ในชั้นความรุนแรงระดับรุนแรง มีปริมาณธาตุอาหารหลัก N P และ K ที่สูญเสีย เท่ากับ 1,716.00 0.04 และ 0.47 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ และมีอัตราส่วนการถูกพัดพาเป็นตะกอนในลำน้ำ SDR เท่ากับ 0.036 และป่าทดแทน เท่ากับ 4.49 ตัน/ไร่ จัดอยู่ในชั้นความรุนแรงระดับน้อย มีปริมาณธาตุอาหารหลัก N P และ K ที่สูญเสีย เท่ากับ 538.80 0.01 และ 0.19 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ มีปริมาณตะกอนแขวนลอย

จากการชะล้างพังทลายดิน เท่ากับ 0.08 ตัน/ไร่ และมีอัตราส่วนการถูกพัดพาเป็นตะกอนในลำน้ำ SDR เท่ากับ 0.017

ส่วนผลการศึกษาด้านมูลค่าการสูญเสียจากการชะล้างพังทลายของดินพบว่า เขาคอหงส์มีมูลค่าการสูญเสียหน้าดินใน 3 เดือนของปี 2554 เท่ากับ 939 บาท/ไร่ มูลค่าการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ธาตุอาหาร N P K) เท่ากับ 20,261 บาท/ไร่ และมูลค่าความเสียหายจากการทับถมของตะกอนทำให้เกิดการตื้นเขินของอ่างเก็บน้ำมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์และอ่างเก็บน้ำค่ายเสนาณรงค์ เท่ากับ 6 บาท/ไร่ รวมมูลค่าการสูญเสียทั้งสิ้นเท่ากับ 21,207 บาท/ไร่ หรือเท่ากับ 125,642,009 บาท

ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้ ทำให้ทราบถึงปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้ประโยชน์พื้นที่ที่ไม่เหมาะสม ทั้งในด้านของปริมาณและมูลค่าของความเสียหาย ซึ่งจะเป็นข้อมูลสำคัญที่ช่วยในการตัดสินใจวางแผนในการจัดการทรัพยากรดินและทรัพยากรอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องบนเขาคอหงส์ เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์และการอนุรักษ์ได้ดียิ่งขึ้น

Thesis Title Soil Erosion on Kho Hong Hill and Its Economic Loss, Hatyai District, Songkhla Province.

Author Nitipat Nuanmano

Major Program Environmental Management

Academic Year 2012

ABSTRACT

This study aimed to assess soil erosion on Kho Hong Hill and its economic loss. The steps of this study were 1) collected data on soil erosion from 4x12 meters experimental plots in 3 types of land uses on Kho Hong Hill, within slope range between 18-23%, 2) screened and analyzed impacts of soil erosion following 4 aspects of EIA environmental impact assessment including physical, biological, human use and quality of life, and 3) valued economic loss of those screened impacts by market price method.

The results showed that soil loss of Kho Hong Hill during the three-month period in rainy season experiment was 10.57 ton/rai and its severity can be classified according to the Department of Land Development standard as moderate. Major nutrients loss (N P K) were 1,242.47 0.03 and 0.39 kilogram respectively. The sediment delivery ratio (SDR) was 0.33. The most severe rate of soil loss in 3 types of land uses occured on bare land (20.22 ton/rai). Major nutrients loss (N P K) were 3,235.20 0.07 and 1.42 kilogram/year respectively. The sediment delivery ratio (SDR) was 0.043. Soil loss rate from rubber plantation was 15.60 ton/rai, and can be classified as severe. Major nutrients loss (N P K) were 1,716.00 0.04 and 0.47 kilogram/year respectively. The sediment delivery ratio (SDR) was 0.036. Soil loss from secondary forest was 4.49 ton/rai, and can be classified as not severe. Major nutrients loss (N P K) was 538.80 0.01 and 0.19 kilogram/year respectively. The sediment delivery ratio (SDR) was 0.017.

The valuation of economic loss of soil erosion for 3 months on Kho Hong Hill was in total 125,642,009 baht or 21,207 baht/rai in 2011. It included value of soil surface loss 939 baht/rai, value of nutrient loss (N P K) 20,261 baht/rai, and value of sediment removal out of the reservoir 6 baht/rai.

The results of this study can reflect the problem and impact of soil erosion that occur from inappropriate land uses including quantity and value of damages. This data is important to help make guideline for resource management on Kho Hong Hill to promote conservation and more appropriate use of land.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความเมตตาและกรุณาอย่างสูงสุดจาก ผศ.ดร. เสาวลักษณ์ รุ่งตะวันเรืองศรี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ทุ่มเททั้งแรงกายและแรงใจคอยอบรมบ่มเพาะผู้วิจัยให้มีความรู้และทักษะทางวิชาการเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการวิจัย และคอยให้คำปรึกษาที่มีประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์และการใช้ชีวิตในช่วงตลอดระยะเวลาการเป็นนักศึกษาของผู้วิจัยด้วยความรักและปรารถนาดีเสมอมา อีกทั้งยังคอยให้กำลังใจในยามที่ผู้วิจัยต้องเจอกับอุปสรรคและปัญหา คอยผลักดันให้ผู้วิจัยได้ลุกขึ้นสู้เพื่อก้าวผ่านกับอุปสรรคและปัญหาที่เจอนั้นไปได้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความรักความเมตตา และกรุณาของท่านอย่างสุดซึ้ง จึงขอโอกาสกราบขอบพระคุณท่านด้วยกตัญญูในคุณความรักจากท่าน ไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.ชาญชัย ธนาวุฒิ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้เมตตากรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำเกี่ยวกับการศึกษาวิจัยเป็นอย่างดี และได้ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ ดร.เกื้ออนันต์ เตชะโต ดร.ศักดิ์ชัย คีรีพัฒน์ และพล.ต.ดร.นพรัตน์ เศรษฐกุล คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความกรุณาสละเวลาในการสอบวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำในการปรับแก้ข้อบกพร่องวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี ทำให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ทหารจากค่ายเสนาณรงค์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา และเพื่อนๆ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือวางแปลงทดลองในงานวิจัยจนเสร็จสิ้นเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ โครงการร่วมอนุรักษ์เขาคอหงส์ที่ได้มีความอนุเคราะห์มอบเงินทุนสนับสนุนเงินทุนในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณณัตติพงศ์ แก้วทอง ที่ได้สละเวลาช่วยเหลือในทุกขั้นตอนกระบวนการวิจัยด้วยความตั้งใจ ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี และสมาชิกในหน่วยวิจัยเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจในทุกๆ เรื่องเป็นอย่างดี จนเสร็จสิ้นการวิจัย

ความสำเร็จและคุณประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอน้อมบูชาแด่บุพการีผู้มีพระคุณสูงสุดเหนือสิ่งอื่นใด นางหนูเชื่อม นวนมะโน และผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน ที่ได้มอบโอกาสในการศึกษา และคอยเป็นกำลังใจอย่างดีเสมอมา ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

นิติพัฒน์ นวนมะโน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(5)
ABSTRACT	(7)
กิตติกรรมประกาศ	(9)
สารบัญ	(10)
สารบัญตาราง	(15)
สารบัญภาพ	(18)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 คำถามการวิจัย	3
1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.5 ขอบเขตการวิจัย	5
1.5.1 ขอบเขตด้านพื้นที่	5
1.5.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา	5
1.5.3 ขอบเขตด้านเวลา	5
1.6 กรอบแนวคิดการวิจัย	6
1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ	6
1.8 ข้อจำกัดของงานวิจัย	8
1.8.1 ข้อจำกัดด้านพื้นที่การศึกษา	8
1.8.2 ข้อจำกัดด้านการประเมินมูลค่า	9
1.8.3 ข้อจำกัดด้านเวลาในการทดลอง	9
บทที่ 2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความรู้ทั่วไปเรื่องการชะล้างพังทลายของดิน	10
2.1.1 นิยามและความหมายของการชะล้างพังทลายของดิน	10
2.1.2 กระบวนการชะล้างพังทลายของดิน	11

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.1.3 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน	11
2.1.4 การจัดชั้นความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน	13
2.2 วิธีการศึกษาการชะล้างพังทลายของดิน	14
2.2.1 การคาดคะเนแบบง่าย	15
2.2.2 การสร้างแปลงทดลองเพื่อเก็บตะกอนดิน	15
2.2.3 การใช้สมการการสูญเสียดิน	15
2.3 การนำ USLE ไปพัฒนาใช้เป็นแบบจำลองต่างๆ	17
2.3.1 การนำสมการสูญเสียดินมาใช้ในระดับสากล	17
2.3.2 การนำสมการสูญเสียดินมาใช้ในประเทศไทย	19
2.4 ความรู้ทั่วไปเรื่องอินทรียวัตถุและธาตุอาหารในดิน	24
2.4.1 อินทรียวัตถุ	24
2.4.2 ธาตุอาหารในดิน	26
2.5 ความรู้ทั่วไปเรื่องการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	29
2.5.1 แนวคิดและความหมายการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	30
2.5.2 เทคนิคการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	31
2.6 ข้อมูลพื้นฐานของเขาคอหงส์	33
2.6.1 ข้อมูลทั่วไป	33
2.6.2 ข้อมูลทางธรณีวิทยา	33
2.6.3 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ	33
2.6.4 ข้อมูลชุดดินคอหงส์	35
2.6.5 ข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพ	36
2.6.6 ลุ่มน้ำคอหงส์	37
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38
2.7.1 งานวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน	38
2.7.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาการประเมินการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย	39

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.7.3 งานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินในต่างประเทศ 47
2.7.4 งานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ 51

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเลือกพื้นที่ในการวางแปลงทดลอง 57
3.1.1 การเลือกประเภทของพื้นที่วางแปลงทดลอง 57
3.1.2 การเลือกความลาดชันของพื้นที่ในการวางแปลงทดลอง 59
3.1.3 การเลือกจำนวนของแปลงทดลอง 59
3.1.4 การเลือกขนาดและโครงสร้างของแปลงทดลอง 60
3.2 การเก็บและรวบรวมข้อมูลด้านปริมาณน้ำฝนและการชะล้างพังทลายของดิน 63
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้านปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน 64
3.3.1 คำนวณค่าดัชนีต่างๆ 65
3.3.2 ประเมินการสูญเสียดินทั้งหมด 67
3.3.3 ประเมินการสูญเสียธาตุอาหารในดินทั้งหมด (N P และ K) 67
3.3.4 คำนวณอัตราส่วนการถูกพัดพาเป็นตะกอนในลำน้ำทั้งหมด (sediment delivery ratio, SDR) 67
3.4 การประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ 68
3.4.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์และกลั่นกรองผลกระทบจากการชะล้างพังทลายของดิน 68
3.4.2 ขั้นตอนการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ 78
3.4.3 มูลค่ารวมของการสูญเสียจากการชะล้างพังทลายของดิน (เฉพาะผลกระทบที่มีการประเมินมูลค่า) 81

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 ผลการประเมินปริมาณการชะล้างพังทลายดินและค่าปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ 83
4.1.1 ผลการประเมินอัตราการชะล้างพังทลายของดิน 83

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.2 ผลการประเมินระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน 94
4.1.3 ผลการประเมินปริมาณอินทรียวัตถุที่สูญเสียไปจากการชะล้างพังทลายของดิน 95
4.1.4 ผลการประเมินปริมาณตะกอนที่ทับถมในแหล่งน้ำจากการชะล้างพังทลายของดิน 98
4.2 ผลการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ 104
4.2.1 ผลการประเมินมูลค่าการสูญเสียหน้าดิน 104
4.2.2 ผลการประเมินมูลค่าการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ธาตุอาหาร N P K) 105
4.2.3 ผลการประเมินมูลค่าความเสียหายอันเนื่องจากการตื้นเขินของแหล่งน้ำจากการทับถมของตะกอน 108
4.2.4 ผลการประเมินมูลค่ารวมของการสูญเสียจากการชะล้างพังทลายดินบนเขาคอหงส์ (เฉพาะผลกระทบที่มีการประเมินมูลค่า) 111

บทที่ 5 สรุป อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 115
5.1.1 สรุปผลการประเมินปริมาณการชะล้างพังทลายดินและค่าปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายดินบนเขาคอหงส์ 117
5.1.2 สรุปผลการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ 119
5.2 อภิปรายผลการวิจัย 121
5.2.1 อภิปรายผลการประเมินการชะล้างพังทลายของดิน และค่าปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ 121
5.2.2 อภิปรายผลการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ 133
5.3 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย 137

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.3.1 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการทดลอง 137

5.3.2 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดการการชะล้างพังทลายของดิน 138

5.3.3 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการประเมินการชะล้างพังทลายของดินและมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์สำหรับการวิจัยครั้งต่อไป 138

บรรณานุกรม 140

ภาคผนวก

ก ปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศเกษตรดอหงส์ 150

ข ปริมาณน้ำฝนรายปีจากสถานีตรวจวัดอากาศเกษตรดอหงส์ 152

ค ระดับชั้นการซึมซับของดิน (permeability class) สำหรับดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำโดยเทียบจากค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ 154

ง ระดับชั้นการซึมซับน้ำของดิน (permeability class) บนพื้นที่เขาดอหงส์ 156

จ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อดูความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณตะกอนทั้ง 3 แปลงของพื้นที่เปิดโล่ง สวนยางพารา และป่าทดแทน 158

ฉ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Duncan 's multiple range test) เพื่อดูความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณตะกอนทั้ง 3 แปลงของพื้นที่เปิดโล่ง สวนยางพารา และป่าทดแทน 160

ประวัติผู้เขียน 162

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 การจัดชั้นความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย 14

ตารางที่ 2-2 แบบจำลองการชะล้างพังทลายของดินที่ใช้สมการ USLE 17

ตารางที่ 2-3 ธาตุอาหาร หน้าที่ และอาการของการขาดธาตุอาหารพืชที่สำคัญชนิดต่างๆ 27

ตารางที่ 2-4 คุณสมบัติและรายละเอียดกลุ่มชุดดินคอหงส์ 35

ตารางที่ 2-5 ความอุดมสมบูรณ์ของชุดดินคอหงส์ 36

ตารางที่ 2-6 เปรียบเทียบผลการศึกษางานวิจัยการชะล้างพังทลายของดินด้วยวิธีการวางแปลง 45

ตารางที่ 2-7 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการชะล้างพังทลายของดิน 54

ตารางที่ 3-1 จำแนกประเภทการใช้ประโยชน์พื้นที่บนเขาคอหงส์ 59

ตารางที่ 3-2 ประเภทพื้นที่ ความลาดชัน จำนวน และขนาดของแปลงทดลอง 63

ตารางที่ 3-3 ขั้นตอนและผลการกลั่นกรองการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ 71

ตารางที่ 3-4 สรุปการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ 81

ตารางที่ 4-1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันของเขาคอหงส์ 84

ตารางที่ 4-2 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนของเขาคอหงส์ที่ได้จากแปลงทดลอง 86

ตารางที่ 4-3 ปริมาณตะกอนแห้งจากแปลงทดลองทั้ง 9 แปลง 86

ตารางที่ 4-4 ปริมาณหรืออัตราดินที่สูญเสียจากการชะล้างพังทลาย 89

ตารางที่ 4-5 อัตราการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์และปริมาณการสูญเสียดินทั้งหมด 90

ตารางที่ 4-6 ผลการคำนวณค่าปัจจัยในสมการสูญเสียดินสากล A=RKLSCP 94

ตารางที่ 4-7 การจัดชั้นความความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ 95

ตารางที่ 4-8 ปริมาณธาตุอาหารหลักในดินจากแปลงทดลอง 95

ตารางที่ 4-9 ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สูญเสียจากการชะล้างพังทลายของดินทั้งหมดของเขาคอหงส์ 97

ตารางที่ 4-10 ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สูญเสียไปจากการชะล้างพังทลายของดิน 98

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4-11 ปริมาณตะกอนแขวนลอยจากแปลงทดลอง 99

ตารางที่ 4-12 ปริมาณตะกอนดินแขวนลอยที่เกิดจากดินที่สูญเสียจากการชะล้างพังทลาย 101

ตารางที่ 4-13 ปริมาณตะกอนแขวนลอยทั้งหมดของเขาคอหงส์ 102

ตารางที่ 4-14 อัตราส่วนการถูกพัดพาเป็นตะกอนในลำน้ำ SDR จากประเภทของพื้นที่การใช้ประโยชน์ต่างๆ ของเขาคอหงส์ 103

ตารางที่ 4-15 สรุปมูลค่าการสูญเสียหน้าดิน 105

ตารางที่ 4-16 ปริมาณและราคาธาตุอาหารหลักจากการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่เขาคอหงส์ 106

ตารางที่ 4-17 มูลค่าการสูญเสียธาตุอาหารหลักจากการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่เขาคอหงส์ 107

ตารางที่ 4-18 รวมมูลค่าการสูญเสียธาตุอาหารหลักจากการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่เขาคอหงส์ 108

ตารางที่ 4-19 มูลค่าการสูญเสียจากการทับถมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำ 110

ตารางที่ 4-20 มูลค่าการสูญเสียจากการทับถมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำจากการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่เขาคอหงส์ 111

ตารางที่ 4-21 สรุปมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ 113

ตารางที่ 4-22 สรุปปริมาณการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์และมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ 114

ตารางที่ 5-1 สรุปผลการคัดเลือกการวางแปลงทดลอง 117

ตารางที่ 5-2 สรุปผลการประเมินการชะล้างพังทลายของดินของเขาคอหงส์ทั้งหมด 118

ตารางที่ 5-3 สรุปมูลค่าของผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ 120

ตารางที่ 5-4 การชะล้างพังทลายดินบนเขาคอหงส์ และมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ ปี 2554 120

ตารางที่ 5-5 เปรียบเทียบวัตถุประสงค์ ข้อดี และข้อเสีย ของวิธีการศึกษาการชะล้างพังทลายของดิน 121

ตารางที่ 5-6 เปรียบเทียบการเลือกพื้นที่ในการวางแปลงทดลองกับงานวิจัยอื่นๆ 123

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 5-7 ผลการคำนวณอัตราการสูญเสียดินและมูลค่าการสูญเสียของพื้นที่สวนยางพาราบนเขาคอหงส์ในช่วง 10 ปี (2545-2554) 127

ตารางที่ 5-8 มูลค่าการสูญเสียหน้าดินขุดเปรียบเทียบกับหน้าดินปลูกต้นไม้ 134

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดและแนวทางในการวิจัย 7

ภาพที่ 2-1 แผนที่เขาคอหงส์ 34

ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 57

ภาพที่ 3-2 แผนที่การใช้ประโยชน์และพิกัดวางแปลงทดลองทั้ง 9 แปลงบนเขาคอหงส์ 61

ภาพที่ 3-3 ลักษณะแปลงทดลองในพื้นที่เปิดโล่ง สวนยางพารา และป่าทดแทน 62

ภาพที่ 3-4 วิธีการเก็บวัดและคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความลาดชันโดยเฉลี่ยของพื้นที่ 66

ภาพที่ 5-1 สรุปผลการวิจัย 116

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

การชะล้างพังทลายของดิน (soil erosion) เป็นกระบวนการที่เกิดจากการที่มีแรง ซึ่งอาจเกิดจากน้ำ ลม หรือแรงโน้มถ่วงของโลก มากระทำให้วัตถุธาตุหรือสารแตกแยกออกจากกัน แล้วเคลื่อนย้ายอนุภาคของดินหรือสารหรือวัตถุธาตุดังกล่าวไปตกตะกอนทับถมอีกแห่งหนึ่ง (นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2545) ปัญหาการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทยนั้น เป็นปัญหาที่สำคัญต่อสิ่งแวดล้อมและการเกษตรกรรมปัญหาหนึ่ง เพราะการชะล้างพังทลายของดินมีผลต่อความเสื่อมโทรมของดิน คือการลดความสามารถของดินในการปลูกพืช หรือศักยภาพในการผลิตของดิน ทำให้สูญเสียอินทรียวัตถุและธาตุอาหารในดิน เนื่องจากการไหลบ่าของน้ำหน้าดินจะพัดพาอินทรียวัตถุและธาตุอาหารไปในสภาพสารละลายหรือแขวนลอย ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง ส่งผลกระทบต่อการเกษตร เกิดการเสื่อมลงของสมบัติทางกายภาพและโครงสร้างของดิน ดินจะเก็บกักน้ำได้น้อยลง การปฏิบัติการต่างๆ นั้นก็จะลำบากยิ่งขึ้น นำไปสู่การลดลงของผลผลิตและการสูญเสียเนื้อที่เพาะปลูก

นอกจากนี้การชะล้างพังทลายของดินจากน้ำไหลบ่าหน้าดินยังทำให้เกิดการพัดพาของตะกอน มีผลต่อปริมาณตะกอนในลำน้ำและอ่างน้ำ ซึ่งตะกอนที่ถูกพัดพามาทับถมในอ่างเก็บน้ำ ทำให้ลดอายุการใช้งานของอ่างลง อ่างกักเก็บน้ำได้น้อยลง น้ำขุ่นไม่เหมาะแก่การอุปโภคบริโภค ส่วนตะกอนที่ถูกพัดพามาทับถมในแม่น้ำลำธารนั้น ก่อให้เกิดสภาพการตื้นเขินของแหล่งน้ำ และเกิดสันดอนตามปากน้ำ มีผลต่อระบบนิเวศ กระทบกระเทือนต่อการขยายพันธุ์สัตว์น้ำต่างๆ และทำให้ทางเดินของน้ำไม่สะดวก นำไปสู่การเกิดน้ำเอ่อและไหลท่วมบ้านเรือนในฤดูน้ำหลาก

ปัญหาการชะล้างพังทลายของดินที่มีอัตราเพิ่มสูงขึ้นโดยเฉพาะในพื้นที่สูงหรือภูเขา ซึ่งมักจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงระบบธรรมชาติของพื้นที่ภูเขาด้วยการใช้ที่ดินเพื่อกิจกรรมต่างๆ และมักจะทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินที่รุนแรงขึ้น และเกิดผลเสียหายทางเศรษฐกิจ ซึ่งมนุษย์คือตัวเร่งที่สำคัญที่สุดในการทำให้เกิดปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน ซึ่งผลการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินของกรมพัฒนาที่ดิน (2547) พบว่า ในปี พ.ศ. 2545 และ 2546 ประเทศไทยมีการสูญเสียดินถึง 463,464,059 และ 300,607,402 ตันต่อปี ตามลำดับ จากพื้นที่ประเทศไทยทั้งสิ้น 320,768,466 ไร่ โดยพบว่าพื้นที่ที่เกิดการชะล้างพังทลายของดินที่ระดับรุนแรงมาก ซึ่งรวมพื้นที่ทั้งที่ราบและที่สูง มีประมาณ 9.50 ล้านไร่ และ 7.58 ล้านไร่ ตามลำดับ โดยพื้นที่ที่มีการชะล้าง

พังทลายในระดับรุนแรงมากจะเกิดขึ้นในพื้นที่สูงมากกว่าในพื้นที่ราบ ในส่วนของพื้นที่ภาคใต้พบว่า มีพื้นที่ที่มีปัญหาการชะล้างพังทลายของดินมากเป็นอันดับที่สาม รองจากภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยใน พ.ศ. 2545 มีพื้นที่ที่มีปัญหา 1.05 ล้านไร่ หรือคิดเป็น 0.33 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ประเทศ และในปี 2546 คิดเป็นพื้นที่ 0.89 ล้านไร่ หรือคิดเป็น 0.28 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ประเทศ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547)

ปัจจุบันเขาคอหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา กำลังประสบกับปัญหาการชะล้างพังทลายของดินด้วยเช่นกัน ซึ่งเขาคอหงส์นั้นเป็นพื้นที่ป่าขนาดใหญ่ผืนสุดท้ายที่อยู่ใกล้เมืองหาดใหญ่ที่สุด มีพื้นที่ป่ารวมประมาณ 7,577.60 ไร่ (น้ำฝน พลอยนิลเพชร, 2555) เป็นแหล่งน้ำที่มีความสำคัญทั้งต่อชุมชนในการบริโภคและการเกษตรของชุมชนโดยรอบ ได้แก่ ชุมชนคอหงส์ คลองแห ทุ่งใหญ่ หาดใหญ่ และน้ำน้อย รวมทั้งชุมชนเล็กๆใกล้เคียง และยังเป็นแหล่งบริการทางนิเวศ เช่น เป็นพื้นที่ซับน้ำ เป็นแหล่งต้นน้ำ เป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายของพันธุ์พืชและสัตว์ เป็นต้น แต่เนื่องจากการบุกรุกพื้นที่ป่าบริเวณรอบเขาคอหงส์เพื่อทำเป็นสวนยางพารา สวนไม้ผล และที่อยู่อาศัยยังมีอยู่อย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นการใช้พื้นที่อย่างไม่เหมาะสม เพราะจะมีผลกระทบต่อระบบนิเวศและชุมชนเมืองหาดใหญ่ จึงเป็นสาเหตุให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของอานันท์ คำภีระ และคณะ (2552) ที่พบว่าเขาคอหงส์มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินมากกว่า 20/ตัน/ไร่/ปี จัดอยู่ในชั้นความรุนแรงระดับรุนแรงมาก แต่การศึกษาดังกล่าวเป็นการนำฐานข้อมูลของชุดดินและการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ที่มีอยู่มาประมวลโดยอาศัยวิธีการทางด้าน GIS โดยไม่ได้มีการทดลองวางแปลงการสูญเสียดินและน้ำไหลบ่าหน้าดินในพื้นที่ ซึ่งอาจให้ผลการประเมินที่มีค่าต่างหรือเหมือนกันได้ ขึ้นกับการเลือกวิธีการศึกษาและการวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการชะล้างพังทลาย

ปัญหาการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดขึ้นบนเขาคอหงส์ หากปล่อยให้เกิดขึ้นต่อไปเรื่อยๆ อาจจะก่อให้เกิดปัญหามลพิษในดินและน้ำ กล่าวคือทำให้ตะกอนดินไหลลงสู่แหล่งน้ำบริเวณใกล้เคียง เช่น อ่างเก็บน้ำมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์และอ่างเก็บน้ำค่ายเสนาณรงค์ ซึ่งจะก่อให้เกิดการสะสมของตะกอนดินและทรายเป็นจำนวนมาก ทำให้แหล่งน้ำเหล่านี้เกิดการตื้นเขินจนไม่สามารถรับน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในส่วนของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่มีการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำซึ่งเป็นบริการทางนิเวศจากน้ำที่ไหลมาจากเขาคอหงส์ประมาณ 80% สำหรับจ่ายน้ำให้บุคลากรทั้งเจ้าหน้าที่และนักศึกษา ส่วนอีก 20% เป็นการใช้น้ำจากระบบประปาของหาดใหญ่ (คณะทำงานโครงการร่วมอนุรักษ์เขาคอหงส์, 2553)

ในขณะเดียวกันการชะล้างพังทลายของดินจากเขาคอหงส์อาจเกิดการพัดพาของอินทรียวัตถุในดินที่มาพร้อมกับหน้าดินลงไปสู่แหล่งน้ำ ทำให้เกิดการสะสมของอินทรียวัตถุใน

แหล่งน้ำเป็นปริมาณมาก ซึ่งสามารถทำให้เกิดการสะสมของธาตุอาหารสำหรับพืชที่อยู่ในรูปของสารอนินทรีย์ของแหล่งน้ำ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำเป็นอย่างมาก เพราะอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำและทำให้สภาพแวดล้อมอื่นๆ ของแหล่งน้ำเปลี่ยนแปลงไป เช่น ทำให้น้ำขุ่น น้ำมีสีและกลิ่นผิดไปจากปกติ เป็นต้น

กล่าวได้ว่าปัญหาการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์อาจนำไปสู่การสูญเสียแหล่งบริการทางนิเวศ คือสูญเสียพื้นที่ซับน้ำและแหล่งต้นน้ำ อันมีผลกระทบโดยตรงต่อหน่วยงานราชการและชุมชนที่อาศัยอยู่โดยรอบเขาคอหงส์ โดยในฤดูแล้งน้ำจะมีปริมาณไม่เพียงพอต่อการบริโภค ในขณะที่ฤดูฝนก่อให้เกิดน้ำป่าไหลหลากไหลท่วมบ้านเรือน และยังส่งผลเสียหายต่อความหลากหลายของพันธุ์พืชและสัตว์ ซึ่งมีคุณค่าควรแก่การอนุรักษ์

การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดอัตราการชะล้างพังทลายของดินและประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากผลกระทบที่เกิดขึ้นหรืออาจจะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งในทางเศรษฐศาสตร์นั้น การประเมินออกมาในหน่วยที่วัดได้คือหน่วยของเงินจะช่วยทำให้เห็นถึงคุณค่าและมูลค่าของทรัพยากรธรรมชาติได้ง่ายขึ้น และข้อมูลที่ได้ยังสามารถนำมาช่วยเป็นแนวทางในการตัดสินใจวางแผนและดำเนินการด้านการอนุรักษ์ เพื่อให้เกิดความตระหนักและการระมัดระวังไม่ให้ทำความเสียหายให้กับสิ่งแวดล้อมอย่างมากจนเกินไป อนึ่ง การวิจัยครั้งนี้ยังเป็นส่วนหนึ่งของชุดโครงการวิจัยที่อยู่ในแผนงานของโครงการร่วมอนุรักษ์เขาคอหงส์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งดำเนินการวิจัยเพื่อหาแนวทางในการอนุรักษ์และฟื้นฟูเขาคอหงส์ให้เป็นทรัพยากรที่อุดมสมบูรณ์สำหรับชาวหาดใหญ่อย่างยั่งยืนด้วย

1.2 คำถามการวิจัย

1) ปริมาณการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่เขาคอหงส์ต่อปีในช่วงฤดูฝนมีเท่าไร

2) มูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ของผลกระทบจากการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่เขาคอหงส์ในรูปตัวเงินมีมูลค่าเท่าไร

1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย

1) เพื่อประเมินปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน และค่าปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ ดังนี้

1.1) อัตราการชะล้างพังทลายของดิน

1.2) ระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน

1.3) ปริมาณอินทรียวัตถุที่สูญเสียไปจากการชะล้างพังทลายของดิน

1.4) ปริมาณตะกอนที่ทับถมในแหล่งน้ำจากการชะล้างพังทลายของดิน

2) เพื่อประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน อัตราการชะล้างพังทลายของดิน ระดับการชะล้างพังทลายของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุที่สูญเสีย และปริมาณตะกอนที่ทับถมในแหล่งน้ำที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ จะทำให้สามารถคาดการณ์ปัญหาและผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น และสามารถเป็นข้อมูลสำหรับประกอบการหามาตรการป้องกันแก้ไข

2) มูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ จะทำให้ทราบว่าสังคมเกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจจากปัญหาอย่างไร ซึ่งข้อมูลด้านมูลค่าที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ จะเป็นหนึ่งในมูลค่าทั้งหมดที่ได้จากบริการทางนิเวศของเขาคอหงส์ ซึ่งจะเป็นข้อมูลสำคัญที่ช่วยในการตัดสินใจวางแผนในการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากเขาคอหงส์ได้ดียิ่งขึ้น

3) ข้อมูลทั้งสองส่วนสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลที่ชัดเจนสำหรับการวางแผนและการตัดสินใจในการจัดการทรัพยากรดินและทรัพยากรอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องบนเขาคอหงส์ หรือพื้นที่อื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันต่อไป

1.5 ขอบเขตการวิจัย

การประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่เขาคอหงส์ ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการศึกษาไว้ดังต่อไปนี้

1.5.1 ขอบเขตด้านพื้นที่

ในการเลือกพื้นที่ศึกษาการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ ด้วยเงื่อนไขของการวิจัยที่มีระยะเวลาในการศึกษา งบประมาณ และกำลังคนอย่างจำกัด ผู้วิจัยจึงได้พิจารณาเลือกพื้นที่ศึกษาตามหลักเกณฑ์และเงื่อนไขการพิจารณาประเภทพื้นที่ในการวางแปลงทดลอง ซึ่งได้พื้นที่ศึกษาใน 3 ประเภท คือ พื้นที่ป่าทดแทน 2,824.88 ไร่ พื้นที่สวนยางพารา 2,757.35 ไร่ และพื้นที่เปิดโล่ง 342.29 ไร่ รวมพื้นที่ทั้งสิ้น 5,924.52 ไร่ เป็นตัวแทนพื้นที่ศึกษาการชะล้างพังทลายดินบนเขาคอหงส์ (รายละเอียดจะกล่าวไว้อีกครั้งในบทที่ 3)

1.5.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

ในส่วนของการประเมินปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน ผู้วิจัยประเมินโดยอาศัยสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) ร่วมกับการวางแปลงทดลองการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่ศึกษาที่กำหนด จากการศึกษาของสมคิด แก้วพรมทะ (2546) และนำผลกระทบจากการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่เขาคอหงส์มาประเมินในส่วนของการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ โดยอาศัยหลักการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) ทั้ง 4 ด้าน คือ กายภาพ ชีวภาพ คุณค่าการใช้ประโยชน์ และคุณภาพชีวิต เพื่อให้ครอบคลุมถึงผลกระทบที่จะก่อให้เกิดผลเสียหายทั้งหมดอันเกิดจากการชะล้างพังทลายของดิน แล้วนำผลกระทบมากลั่นกรองเพื่อนำไปประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ต่อไป โดยไม่ได้ประเมินมูลค่าทุกผลกระทบ

1.5.3 ขอบเขตด้านเวลา

ในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อให้ได้ข้อมูลสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่อยู่บนข้อจำกัดในการวิจัยต่างๆ ที่ผู้วิจัยได้คำนึงถึง ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องทำการทดลองหรือวางแปลงทดลองในช่วงฤดูฝนของปี คือช่วงเดือน พฤศจิกายน 2554-มกราคม 2555 โดยไม่ได้ทำการทดลองตลอดทั้งปี

1.6 กรอบแนวคิดการวิจัย

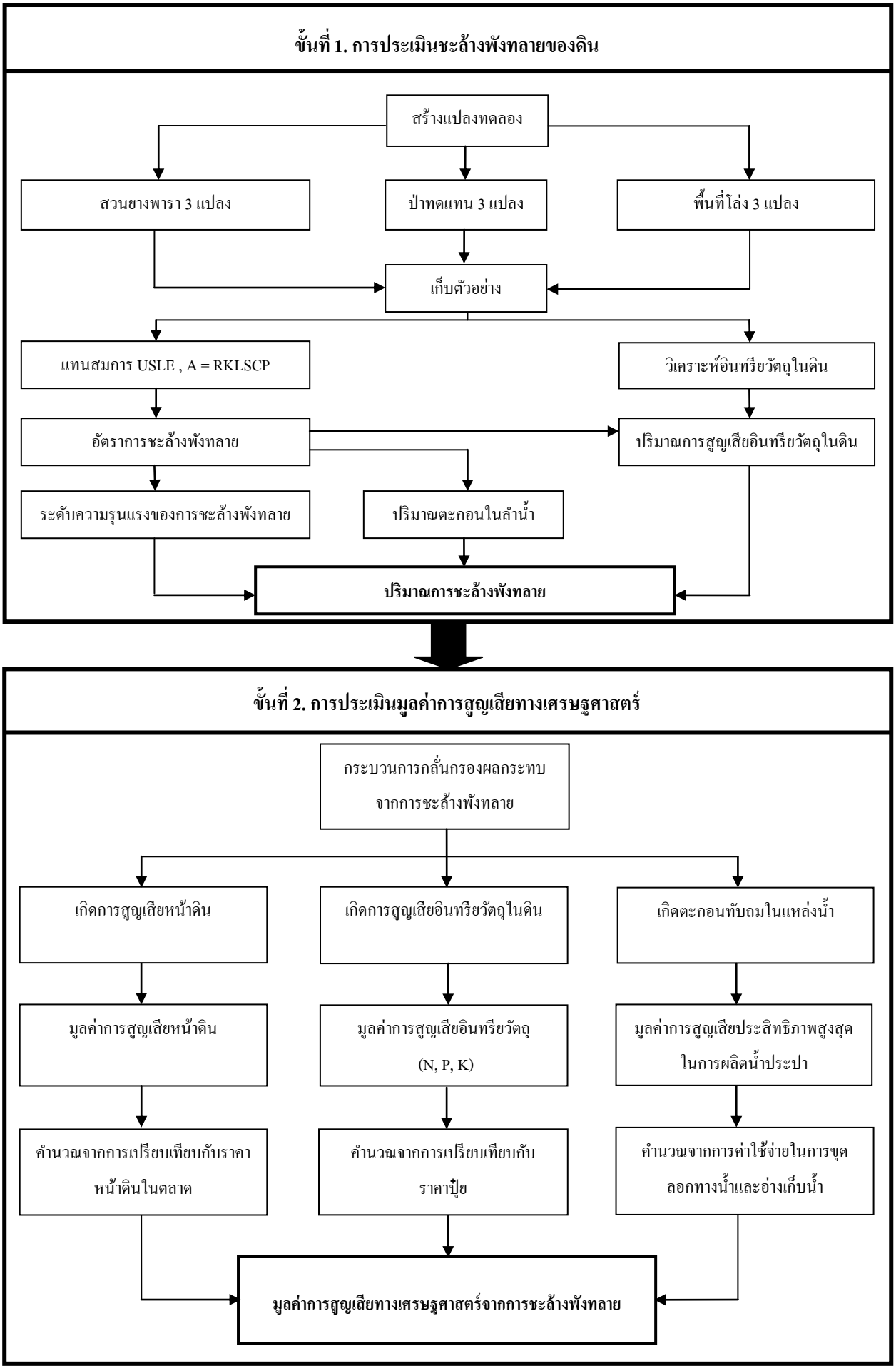
การประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐกิจของผลกระทบจากการชะล้างพังทลายของดิน เป็นการประเมินมูลค่าผลกระทบจากการที่มนุษย์ทำให้สิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงในหน่วยของเงิน เพื่อให้มนุษย์ได้เห็นถึงคุณค่าของทรัพยากรสิ่งแวดล้อม ซึ่งมูลค่าของสิ่งแวดล้อมยังมีประโยชน์ต่อการตัดสินใจเปรียบเทียบถึงความคุ้มค่าที่จะเตรียมการป้องกันและใช้ทรัพยากรอย่างชาญฉลาดในอนาคตให้เกิดประโยชน์สูงสุดและใช้ได้เป็นเวลายาวนานที่สุด การวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการวิจัยแบบบูรณาการระหว่างการทดลองทางสังคมศาสตร์และการทดลองทางวิทยาศาสตร์ โดยทำการวางแปลงทดลองการสูญเสียดินและน้ำ เพื่อหาปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน นำไปเชื่อมโยงกับผลกระทบต่างๆ ที่จะเกิดตามมา และประเมินผลกระทบนั้นในรูปของมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ โดยมีกรอบแนวคิดและแนวทางการวิจัยแสดงดังภาพที่ 1-1

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

การชะล้างพังทลายของดิน หมายถึง 1) กระบวนการที่ทำให้อนุภาคของดินเกิดการแตกแยกออกจากกัน 2) กระบวนการที่ทำให้อนุภาคของดินเกิดการพัดพาเคลื่อนที่ไป ซึ่งทั้ง 2 กระบวนการเกิดจากพลังงานของเม็ดฝนที่ตกลงมากระทบกับหน้าดินทำให้อนุภาคของดินแตกแยกออกจากกัน และเมื่อมีปริมาณของฝนที่ตกมากขึ้นจนดินไม่สามารถดูดซับน้ำได้ ก็จะเกิดเป็นน้ำไหลบ่าหน้าดิน เมื่อความแรงของฝนที่ตกลงมามากขึ้นจะทำให้เกิดการไหลบ่าของน้ำ ทำให้อนุภาคของดินแตกกระจายมากขึ้น การแตกกระจายของอนุภาคของดินที่มากขึ้นจะทำให้โอกาสที่อนุภาคดินถูกเคลื่อนที่ไปตามแนวราบหรือตามความลาดชันของพื้นที่ในลักษณะต่างๆ เช่น กลิ้ง กระเด็นเคลื่อน หรือถูกพัดพาไปในสภาพแขวนลอยกับน้ำที่ไหลบ่าไปบนผิวดินมากขึ้นตามไปด้วย เป็นต้น

มูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ หมายถึง มูลค่าของผลกระทบที่เกิดจากการชะล้างพังทลายดินของเขาคอหงส์เป็นหน่วยของเงิน โดยนำผลกระทบที่ก่อให้เกิดความเสียหายทั้งด้านกายภาพ ชีวภาพ คุณค่าการใช้ประโยชน์ และคุณภาพชีวิต ไปเปรียบเทียบกับราคาตลาดที่เหมาะสมหรือที่สามารถเทียบเคียงได้ แล้วนำราคาที่ได้ทั้งหมดมารวมกัน

แปลงทดลอง หมายถึง พื้นที่ที่ถูกกำหนดเพื่อใช้ในการวิจัยและเป็นตัวแทนการหาปริมาณการชะล้างพังทลายของดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดินของพื้นที่ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ โดยกำหนดให้มีขนาดกว้างยาวของแปลงของพื้นที่เท่ากับ 4x12 เมตร



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดและแนวทางในการวิจัย

สมการสูญเสียดินสากล/USLE หมายถึง สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อประเมินการสูญเสียดิน ซึ่งวิธีการและแนวทางในการใช้สมการการสูญเสียดินสากล มีปัจจัยที่ใช้คิดคำนวณการสูญเสียดินโดยมีรูปแบบสมการ คือ A = RKLSCP (นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2545)

พื้นที่ราบ หมายถึง ที่ราบลำน้ำ ที่ลาดเชิงเขา และเนินเขา ความลาดชันน้อยกว่า 35% จำแนกตามกลุ่มชุดดินที่ 1-61 ตามแผนที่กลุ่มชุดดินของกรมพัฒนาที่ดิน (2543)

พื้นที่สูง หมายถึง ภูเขาและที่ลาดหุบเขา ความลาดชันมากกว่า 35% จำแนกตามกลุ่มชุดดินที่ 62 ตามแผนที่กลุ่มชุดดินของกรมพัฒนาที่ดิน (2543)

ป่าดั้งเดิม หมายถึง พื้นที่ป่าบนเขาคอหงส์ที่ไม่เคยถูกบุกรุกมาก่อน และป่ายังคงความอุดมสมบูรณ์อยู่เช่นเดิม

ป่าทดแทน หมายถึง พื้นที่ป่าที่เคยถูกบุกรุกแล้วถูกทิ้งร้างไว้ หลังจากนั้นต้นไม้ก็งอกขึ้นมาใหม่กลายเป็นป่าทดแทนที่ยังไม่อุดมสมบูรณ์เหมือนป่าดั้งเดิม

อินทรียวัตถุ คือ สิ่งที่ได้จากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ ซากพืช ซากสัตว์ และเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยการกระทำของจุลินทรีย์ เมื่อย่อยสลายจนถึงขั้นสุดจะได้สารฮิวมัส ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของอินทรียวัตถุในดินที่คงตัวมีพื้นที่ผิวสัมผัสสูง ทำให้ดูดซับน้ำได้ดี มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าสูง สามารถดูดยึดธาตุอาหารพืชไว้ได้สูง ทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม ถูกปลดปล่อยออกมาสะสมอยู่ในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ ซึ่งในการวิจัยนี้จะเน้นที่ธาตุอาหาร ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K)

1.8 ข้อจำกัดของงานวิจัย

การประเมินอัตราการชะล้างพังทลายของดิน มีข้อจำกัดของขอบเขตในการวิจัย 2 ด้าน ดังนี้

1.8.1 ข้อจำกัดด้านพื้นที่การศึกษา

ในงานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่ที่แบ่งตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน 3 ประเภท เป็นตัวแทนพื้นที่ศึกษาการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ ได้แก่ พื้นที่เปิดโล่ง 342.29 ไร่ สวนยางพารา 2,757.35 ไร่ และป่าทดแทน 2,824.88 ไร่ รวมพื้นที่ทั้งสิ้น 5,924.52 ไร่ โดยไม่ได้ทำการศึกษาบนพื้นที่อีก 2 ประเภท ได้แก่ ป่าดั้งเดิม 1,548.26 ไร่ และเขตอาคารสถานที่ 104.82 ไร่ ซึ่งได้กล่าวรายละเอียดไว้แล้วในหัวข้อที่ 3.1

1.8.2 ข้อจำกัดด้านการประเมินมูลค่า

การประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากผลกระทบที่เกิดจากการชะล้างพังทลายของดิน โดยอาศัยหลักในการจำแนกและกลั่นกรองผลกระทบตามหลักการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้ง 4 ด้าน ที่ใช้ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) ทั่วไป แต่ด้วยเงื่อนไขของข้อมูลที่มีอยู่จำกัด ผู้วิจัยจึงเลือกประเมินมูลค่าเฉพาะผลกระทบที่ผ่านเกณฑ์การพิจารณาการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ ได้แก่ การสูญเสียหน้าดิน การสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ธาตุอาหาร N, P, K) และการทับถมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำจนเกิดการตื้นเขิน การทำให้สูญเสียประสิทธิภาพสูงสุดในการผลิตน้ำประปา เท่านั้น โดยผลกระทบที่ยังไม่ได้ประเมินในครั้งนี้ ได้แก่ การสูญเสียน้ำในลักษณะน้ำไหลบ่าหน้าดินออกจากพื้นที่มากขึ้น การเกิดมลพิษในน้ำจากปุ๋ยและธาตุอาหารไหลลงสู่ลำน้ำ การทำให้ทรัพยากรป่าไม้และทรัพยากรสัตว์ลดลง การทำให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง การทำให้การใช้ประโยชน์ที่ดินลำบากขึ้น การทำให้สูญเสียเนื้อที่เพาะปลูก และการทำให้สุนทรียภาพเปลี่ยนแปลง

นอกจากนี้การประเมินมูลค่าในครั้งนี้อาศัยข้อมูลที่เก็บจากการทดลองในระยะเวลา 3 เดือนของฤดูฝน ซึ่งเป็นช่วงที่มีปริมาณฝนมากที่สุดในรอบปี 2554 เป็นข้อมูลเพื่อให้เห็นแนวโน้มของปัญหาที่เกิดขึ้น ดังนั้นมูลค่าที่ได้จากการศึกษานี้เป็นมูลค่าขั้นต่ำเท่านั้น

1.8.3 ข้อจำกัดด้านเวลาในการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้ใช้ระยะเวลาในการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลการชะล้างพังทลายของดินเพียง 3 เดือนในช่วงฤดูฝนของปี ซึ่งมีสมมติฐานว่าปริมาณน้ำฝนในรอบเดือนของ 3 เดือนนี้จะมีปริมาณสูงกว่าเดือนอื่นๆ ในรอบปี และข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลที่ต่ำกว่าข้อมูลที่ควรจะเป็นหากเก็บตลอดปี นั่นหมายความว่า ทั้งปริมาณดินสูญเสีย อัตราการชะล้างพังทลาย ระดับความรุนแรง และมูลค่าของการชะล้างพังทลายของดิน ในการศึกษานี้จึงเป็นเพียงปริมาณขั้นต่ำ (underestimation) เท่านั้น อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ sensitivity analysis กรณีการใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนในพื้นที่ (สถานีตรวจวัดอากาศเกษตรคอหงส์) ของปี 2554 และย้อนหลังไป 10 ปี เพื่อประมาณค่าข้อมูลต่างๆ ไว้ในการอภิปรายผล เพื่อลดข้อจำกัดด้านนี้แล้ว

บทที่ 2
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ค้นคว้า ศึกษา และทบทวนเอกสารที่เกี่ยวกับการชะล้างพังทลายของดินและการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจพื้นฐานให้กับผู้วิจัยในการศึกษาให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยสามารถวิเคราะห์ สรุป และจัดลำดับประเด็นต่างๆได้ดังต่อไปนี้

2.1 การชะล้างพังทลายของดิน

2.2 วิธีการศึกษาการชะล้างพังทลายของดิน

2.3 การนำ USLE ไปพัฒนาใช้เป็นแบบจำลองต่างๆ

2.4 อินทรียวัตถุและธาตุอาหารในดิน

2.5 แนวคิดเกี่ยวกับการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

2.6 ข้อมูลพื้นฐานของเขาคอหงส์

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเรื่องการชะล้างพังทลายของดิน

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยได้ทบทวนเอกสารเกี่ยวกับนิยามและความหมาย กระบวนการชะล้างพังทลายของดิน ปัจจัยที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน ลักษณะพืชพรรณ และอิทธิพลที่เกิดจากมนุษย์ เพื่อให้เกิดความรู้และความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับการชะล้างพังทลายของดิน ก่อนที่จะไปศึกษาในพื้นที่ศึกษาจริง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.1 นิยามและความหมายของการชะล้างพังทลายของดิน

เกษม จันทร์แก้ว และนิพนธ์ ตั้งธรรม (2525) กล่าวว่าการชะล้างพังทลายของดิน เป็นกระบวนการที่เกิดจากการที่แรงโน้มถ่วงของโลกมากระทำให้อนุภาคของดินแตกแยกออกจากกันแล้วเกิดการเคลื่อนย้ายของอนุภาคดังกล่าวไปตกตะกอนทับถม ส่วนกระบวนการชะล้างพังทลายของดิน คือ การเคลื่อนที่ไปของวัตถุบนพื้นผิวของดินโดยน้ำและลม (นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2527) เช่นเดียวกันกับ พิทยากร ลิ่มทอง (2552) ที่ได้กล่าวถึงความหมายของการชะล้างพังทลายของดินว่าเป็นกระบวนการแตกกระจายและการพัดพาไปของดิน โดยมีตัวการกัดกร่อน ได้แก่ น้ำและลม

2.1.2 กระบวนการชะล้างพังทลายของดิน

เกษม จันทร์แก้ว และนิพนธ์ ตั้งธรรม (2525) กล่าวว่า กระบวนการชะล้างพังทลายของดินโดยพลังน้ำเริ่มต้นจากพลังงานของเม็ดฝนที่ตกลงมากระทบและปะทะกับหน้าดิน ทำให้อนุภาคดินที่ยึดเกาะกันอยู่เกิดการแตกแยกออกจากกัน เมื่อมีปริมาณของฝนที่ตกมากขึ้น ปริมาณของน้ำฝนนั้นก็จะรวมตัวกันเป็นน้ำไหลบ่าหน้าดิน และจากแรงของฝนที่ตกลงมาปะทะกับผิวน้ำที่ไหลบ่าหน้าดินจะทำให้เกิดการไหลของน้ำในลักษณะที่วกวน ทำให้อนุภาคของดินเกิดการแตกกระจายมากขึ้น ขณะเดียวกันอนุภาคของดินที่แตกกระจายก็จะถูกเคลื่อนที่ไปตามแนวราบหรือไปตามความลาดชันของพื้นที่ ในลักษณะของการเคลื่อนที่ต่างๆ กัน เช่น กลิ้ง กระเด็น เคลื่อนหรือถูกพัดพาไปในสภาพแขวนลอยกับน้ำที่ไหลบ่าไปบนผิวดิน เป็นต้น

กระบวนการชะล้างพังทลายของดินโดยน้ำแบ่งออกเป็น 4 กระบวนการย่อย (Meyer *et al*., 1975) คือ

1. กระบวนการที่อนุภาคของดินถูกทำให้แตกกระจายออกจากกัน โดยการกระทำของเม็ดฝนที่ตกลงมากระทบกับหน้าดิน

2. กระบวนการที่อนุภาคของดินถูกทำให้แตกกระจายออกจากกัน โดยการกระทำของน้ำที่ไหลอยู่เหนือผิวดิน

3. กระบวนการขนย้ายอนุภาคของดินที่ทำให้ดินเกิดการเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยการกระทำของฝนที่ตกมากระทบกับผิวหน้าดิน

4. กระบวนการขนย้ายอนุภาคของดินที่ทำให้ดินเกิดการเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยการกระทำของน้ำที่ไหลบ่าหน้าผิวดิน

2.1.3 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน

ปัจจัยพื้นฐานที่มีผลต่ออัตราการชะล้างพังทลายของดิน ได้แก่ ปัจจัยที่เกี่ยวกับ ภูมิอากาศ ภูมิประเทศ ดิน พืชพันธุ์ และกิจกรรมของมนุษย์ โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะพืชพันธุ์และมนุษย์นั้นเป็นปัจจัยที่สามารถจะจัดการหรือควบคุมได้ เพราะเป็นปัจจัยที่ผันแปรตลอดเวลา ส่วนปัจจัยอื่นๆ นั้นส่วนมากจะเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เป็นปัจจัยที่คงที่ จึงยากที่จะควบคุมหรือจัดการได้ ซึ่งความสำคัญของแต่ละปัจจัยจะมากน้อยขึ้นอยู่กับพื้นที่ ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ตลอดจนการกระทำของมนุษย์ (นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2527) โดยสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

2.1.3.1 ปัจจัยเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศ

อิทธิพลของฝนเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในบรรดาปัจจัยเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดิน เพราะแรงตกกระทบของเม็ดฝนนับเป็นพลังงานอันแรกที่ทำให้

อนุภาคของดินเกิดการแตกแยกออกจากกัน แรงตกกระทบดังกล่าวยังเป็นตัวการต่อเนื่องที่ทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินและการเคลื่อนย้ายอนุภาคของดินด้วย นอกจากนี้ยังมีอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืน และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างฤดูกาล ซึ่งมีผลต่อการปรับตัวของโครงสร้างของดิน ทำให้การจับตัวกันของอนุภาคดินมีแรงยึดกันน้อยลง

2.1.3.2 ปัจจัยเกี่ยวกับสภาพภูมิประเทศ

นิพนธ์ ตั้งธรรม (2527) กล่าวว่า ในพื้นที่หนึ่งๆ อาจจะมีความไม่สม่ำเสมอของความลาดชัน คือ อาจจะมีลักษณะความลาดชันแบบตรงเรียบ ลาดนูนขึ้นหรือโค้งขึ้น และลาดเว้าลงหรืองอขึ้นก็ได้ สำหรับรูปร่างของความลาดชันจะมีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนย้ายน้ำไหลบ่าหน้าดินและการพัดพาตะกอนตามลักษณะของความลาดชันในแต่ละรูปแบบ จะมีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดินแตกต่างกันไป คือ บนพื้นที่ที่มีความลาดชันโค้งขึ้น (convex slope) ความลาดชันจะมีมากตอนใกล้จุดต่ำสุดของพื้นที่ ทำให้อัตราความเร็วของน้ำไหลบ่าหน้าดินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและเกิดการชะล้างพังทลายของดินได้มากกว่าความลาดชันแบบอื่น หากพื้นที่ที่มีความลาดชันแบบเว้า (concave slope) ความลาดชันจะลดน้อยลงตอนบริเวณใกล้จุดสิ้นสุดของพื้นที่ ซึ่งมักทำให้เกิดการตกตะกอนในบริเวณดังกล่าวนี้มากกว่าที่จะทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินต่อไป ทั้งนี้เพราะอัตราการไหลบ่าของน้ำหน้าดินจะถูกทำให้ลดลงอย่างรวดเร็วนั่นเอง ซึ่งปัจจัยเกี่ยวกับสภาพภูมิประเทศนี้ เกษม จันทร์แก้ว และคณะ (2519) ได้กล่าวว่า สาเหตุอันสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียดินและน้ำคือ ความลาดชันของพื้นที่ ถ้าความลาดชันของพื้นที่มากจะทำให้ปริมาณการสูญเสียน้ำมากไปด้วย

2.1.3.3 ปัจจัยเกี่ยวกับคุณสมบัติของดิน

การชะล้างพังทลายของดินนั้นยังขึ้นอยู่กับลักษณะคุณสมบัติของดินเป็นสำคัญ ได้แก่ เนื้อดิน โครงสร้างของดิน ความหนาแน่นของดิน อัตราการซึมซับน้ำของดิน ความสามารถในการเปียกน้ำของดิน สมรรถนะในการอุ้มน้ำสูงสุดของดิน และความลึกของดิน ซึ่งลักษณะเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดความทนทานของดินต่อการถูกชะล้างพังทลายที่แตกต่างกัน แม้ว่าจะถูกชะล้างและเคลื่อนย้ายด้วยแรงปะทะของน้ำฝนและน้ำไหลบ่าหน้าดินในอัตราและปริมาณเดียวกัน บนความลาดชันและสภาพการปกคลุมดินใกล้เคียงกัน

ดินที่มีโครงสร้างจับตัวกันแบบหลวมๆ และมีรูปร่างของเม็ดดินค่อนข้างกลมนั้น ถ้าเชื่อมหรือยึดเกาะด้วยอนุภาคของเนื้อดินที่ละเอียด และจับตัวคลุกเคล้ากันเป็นกลุ่มก้อน มักจะมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดีพอสมควร ดินชนิดนี้จะมีความสามารถต้านทานต่ออำนาจการ

ชะล้างพังทลายของดินสูง เพราะโอกาสที่เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินบนดินชนิดนี้มีน้อยและอัตราการไหลต่ำ (นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2527)

2.1.3.4 ปัจจัยเกี่ยวกับลักษณะพืชพรรณ

เกษม จันทร์แก้ว และนิพนธ์ ตั้งธรรม (2525) กล่าวไว้ว่าพืชและสิ่งปกคลุมดินมีบทบาทสูงมากต่อการชะล้างพังทลายของดิน เนื่องจากพืชจะช่วยดูดซับน้ำฝนและลดแรงปะทะของเม็ดฝนและยังช่วยชะลอการไหลบ่าของน้ำหน้าดินให้ช้าลง เป็นการลดแรงที่จะทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน พืชคลุมดินจะช่วยเพิ่มความสามารถซึมผ่านของน้ำได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นดินที่ไม่มีสิ่งปกคลุม เพราะพืชคลุมดินจะต้านทานการไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน ทำให้น้ำที่ไหลบ่าบนผิวดินมีเวลาหรือโอกาสที่จะซึมผ่านผิวดินลงไปในดินได้มากขึ้น ส่วนระบบรากพืชทำให้ช่องว่างในดินมีมากขึ้น และใบไม้หรือหญ้าแห้งที่ปกคลุมดินจะทำหน้าที่เปรียบเสมือนเป็นเครื่องป้องกันการกระแทกของเม็ดฝนต่อผิวดิน และลดแรงกระทบจากเม็ดฝนที่จะทำให้ดินแน่นทึบขึ้น อีกทั้งยังทำให้ดินจับกันเป็นก้อนดีขึ้น ช่วยเพิ่มปริมาณช่องว่างในดินทำให้น้ำไหลซึมลงในดินได้มากขึ้น

พืชพันธุ์เป็นปัจจัยที่สำคัญในการป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน เพราะช่วยลดความรุนแรงเนื่องจากพลังงานจากเม็ดฝนและความเร็วของน้ำไหลบ่าหน้าดิน ในขณะเดียวกันก็ยังเพิ่มสมบัติการซึมน้ำของดินซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Wooldridge (1964) ซึ่งพบว่า สภาพของพืชพรรณที่ปกคลุมดินที่เกี่ยวข้องกับการชะล้างพังทลายดินคือความหนาแน่นและลักษณะการปกคลุมติดต่อกันพอที่จะลดแรงปะทะจากเม็ดฝนและช่วยชะลอให้น้ำไหลบ่าหน้าดินไหลช้าลง

2.1.3.5 ปัจจัยที่เกิดจากมนุษย์

นิพนธ์ ตั้งธรรม (2545) กล่าวไว้ว่าถึงแม้ว่าการชะล้างพังทลายของดินจะเป็นกระบวนการธรรมชาติที่มีมาตั้งแต่การกำเนิดโลก เป็นการปรับตัวของพื้นผิวโลก ซึ่งถ้าเกิดโดยไม่มีตัวเร่งที่เป็นมนุษย์เข้าไปช่วยกระทำ เรียกว่า การชะล้างพังทลายตามธรรมชาติ (natural/normal/geological erosion) แต่ถ้ามีตัวปัจจัยเร่งที่เป็นมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้องทำให้เกิดมากกว่าที่ควรเป็นตามธรรมชาติ เรียกว่า การชะล้างพังทลายดินที่มีตัวเร่ง (accelerated erosion) เช่น การแผ้วถางป่า การทำถนน การกสิกรรม การทำไร่เลื่อนลอย การก่อสร้างต่างๆ และการใช้ประโยชน์ที่ดินไม่ถูกต้องโดยไม่คำนึงถึงมาตรการอนุรักษ์ เป็นต้น

2.1.4 การจัดชั้นความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน

กรมพัฒนาที่ดิน (2523) ได้จัดชั้นความรุนแรงของการสูญเสียดินของประเทศไทย เพื่อให้ทราบถึงระดับความรุนแรงของปัญหาที่เกิดขึ้นในพื้นที่นั้นๆ ซึ่งมีประโยชน์ในการนำมาประยุกต์ใช้

กับการวางแผนอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยสามารถจำแนกระดับของความรุนแรงได้ 5 ระดับ แสดงดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 การจัดชั้นความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย

ชั้นความรุนแรงของการชะล้างพังทลาย	**อัตราการสูญเสียดิน (ตัน/ไร่/ปี)**
น้อยมาก	0-2
น้อย	2-5
ปานกลาง	5-15
รุนแรง	15-20
รุนแรงมาก	มากกว่า 20

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2523)

จากการทบทวนเอกสารที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้ทราบถึงกระบวนการของการชะล้างพังทลายของดิน คือ การแตกกระจายกันของอนุภาคดินที่เกิดจากพลังงานของน้ำฝนที่ตกกระทบแล้วถูกพัดพาไปด้วยแรงของน้ำไหลบ่าหน้าผิวดิน ซึ่งการชะล้างพังทลายของดินจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ของสภาพแวดล้อมนั้นๆ ได้แก่ สภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศ คุณสมบัติของดิน ลักษณะพืชพรรณ และกิจกรรมที่เกิดจากมนุษย์ โดยสามารถบอกระดับของปัญหาการชะล้างพังทลายของดินด้วยวิธีการจัดชั้นความรุนแรง ผู้วิจัยจึงนำความสำคัญของปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มาประยุกต์ใช้ในการเลือกความเหมาะสมของช่วงระยะเวลาและพื้นที่ที่ศึกษาในการวิจัย และรวมถึงการบอกระดับของปัญหาการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดขึ้นบนพื้นที่ศึกษาด้วยการจัดชั้นความรุนแรง

2.2 วิธีการศึกษาการชะล้างพังทลายของดิน

การศึกษาและประเมินค่าการสูญเสียดิน เริ่มต้นจากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงระดับผิวดินอย่างง่ายๆ และต่อมาได้มีการทดลองทางวิทยาศาสตร์ขึ้นจนกระทั่งถึงการใช้สมการการประเมินการสูญเสียดินและการประยุกต์ใช้สมการต่างๆ (พิทยากร ลิ่มทอง, 2552) ซึ่งพอจะกล่าวถึงแนวทางการศึกษาได้ดังนี้

2.2.1 การคาดคะเนแบบง่าย

การคาดคะเนแบบง่าย สามารถทำได้ 2 วิธี ดังนี้

2.2.1.1 การสังเกตจากปัจจัยสิ่งแวดล้อม

โดยการสังเกตการชะล้างพังทลายบนหน้าดินและทางไหลของน้ำบนหน้าดิน เช่น การสังเกตเห็นก้อนหินหรือรากไม้โผล่ขึ้นมาเหนือหน้าดิน การสังเกตเห็นปริมาณตะกอนที่ไหลมาทับถมรวมกัน เป็นต้น (เพ็ญนภา ลอออรรถพงศ์, 2545)

2.2.1.2 การวัดแบบหยาบๆ

สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การวัดขนาดของร่องน้ำที่ขยายขึ้นจากการถูกกัดเซาะแล้วนำมาคำนวณปริมาณดินที่สูญเสีย หรือการใช้ตะปูฝังลงไปในดินเพื่อวัดระดับของหน้าดินที่สูญเสียไปจากการถูกกัดเซาะ เป็นต้น (อาวุธ ศิริรัตน์, 2552)

2.2.2 การสร้างแปลงทดลองเพื่อเก็บตะกอนดิน

เป็นการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินโดยการสร้างแปลงทดลองเพื่อเก็บตะกอนดินเป็นตัวอย่างหรือตัวแทนบ่งบอกปริมาณหรืออัตราการชะล้างพังทลายของพื้นที่ที่ทำการศึกษาในช่วงระยะเวลาหนึ่ง พื้นที่บริเวณที่จะสร้างแปลงทดลองต้องมีสภาพที่เป็นตัวแทนทั้งสภาพของความลาดชัน ลักษณะดิน และพืชพันธุ์ที่ปกคลุมดิน ซึ่งแปลงทดลองจะมีขนาดที่แตกต่างกันไปขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา กำลังคน และงบประมาณที่มีอยู่ ในการศึกษาจากแปลงทดลองนี้จะใช้พืชพันธุ์เป็นตัวชี้ถึงการสูญเสียดิน (เพ็ญนภา ลอออรรถพงศ์, 2545)

เกษม จันทร์แก้ว (2539) ได้อธิบายไว้ว่า ในการศึกษาการสร้างแปลงทดลองเพื่อเก็บตะกอนดินโดยทั่วไปใช้ขนาดของแปลงทดลองในช่วงประมาณ 2x10 ถึง 4x20 เมตร ซึ่งไม่ควรจะใช้แปลงที่มีขนาดเล็กกว่าหรือใหญ่กว่านี้ เพราะจะมีผลต่อการทำให้เกิดข้อผิดพลาดเกี่ยวกับการเป็นตัวแทนที่ดี เนื่องจากการศึกษาที่มีขนาดแปลงทดลองที่ใหญ่กว่านี้จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดจากความไม่สม่ำเสมอของลักษณะพื้นที่ได้มากขึ้น และถ้ามีขนาดแปลงทดลองที่เล็กกว่านี้ก็จะทำให้ได้ตัวอย่างที่ไม่เหมาะสมเกินไป

2.2.3 การใช้สมการการสูญเสียดิน

เป็นการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ในการประเมินการสูญเสียดินที่มีมานานแล้วในสหรัฐอเมริกา โดยเริ่มมีการใช้สมการในปี 1940 สมการดังกล่าวเริ่มต้นโดยการพัฒนาและปรับปรุงจากสมการอย่างง่ายๆ แต่เนื่องจากการชะล้างพังทลายของดินเป็นขบวนการที่ซับซ้อน จึงมีการพัฒนาปรับปรุงเรื่อยมา จนกระทั่งมีการศึกษาของ Wischmeier และ Smith (1965) ที่ได้ศึกษาวางแปลงทดลองการสูญเสียดิน 10,000 แปลงต่อปี เป็นเวลาหลายสิบ

ปี ทำให้ได้ข้อมูลทางสถิติของตัวแปรต่างๆที่มีความสัมพันธ์กันจนสามารถนำมาสร้างเป็นสมการคาดคะเนการสูญเสียดิน และได้มีการนำมาประมวลและพัฒนาเป็นสมการการสูญเสียดินสากลขึ้น (Universal Soil Loss Equation, USLE) อันเป็นจุดเริ่มต้นที่ได้นำมาใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก วิธีการและแนวทางในการใช้สมการการสูญเสียดินสากล โดยได้เสนอรูปแบบสมการที่รู้จักกันดี ซึ่งมีปัจจัยที่ใช้คิดคำนวณการสูญเสียดิน คือ

A = RKLSCP

เมื่อ A คือ การคาดคะเนปริมาณการสูญเสียดินต่อหน่วยพื้นที่ ที่คำนวณจากทั้ง 6 ปัจจัยดังสมการ โดยไม่รวมการชะล้างพังทลายจากร่องลึกหรือฝั่งลำน้ำ มีหน่วยเป็นตัน/เฮกตาร์/ปี

R คือ ค่าปัจจัยชะล้างพังทลายของฝน (rainfall erosivity factor, R-factor) เป็นตัวเลขแสดงถึงความสามารถของฝนในการก่อให้เกิดการกัดชะในปีหนึ่งๆ โดยคำนวณมาจากวิธี EI30max มีหน่วยเป็น ตัน/เฮกตาร์/ปี

K คือ ค่าปัจจัยความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดิน (soil erodibility factor, K-factor) แต่ละชนิด เป็นค่าดินที่สูญเสียต่อหน่วยของพลังกัดชะของฝน ที่เกิดการชะล้างพังทลายของดินในแปลงทดลองซึ่งมีขนาดจำกัดยาว 21.13 เมตร (72.6 ฟุต) บนพื้นที่ลาดชัน 9% โดยไถพรวนดินและทิ้งไว้ว่างเปล่า

L คือ ค่าปัจจัยความยาวของความลาดเท (slope length factor, L-factor) เป็นอัตราส่วนของดินที่สูญเสียจากแปลงปลูกพืชกับแปลงที่มีความยาวของความลาดเท 21.13 เมตร (72.6 ฟุต)

S คือ ค่าปัจจัยของความลาดชัน (slope gradient factor, S-factor) เป็นค่าอัตราส่วนของการสูญเสียดินจากแปลงที่ต้องการทราบ เปรียบเทียบกับแปลงมาตรฐานที่มีความลาดชัน 9%

C คือ ค่าปัจจัยการจัดการปลูกพืช (cropping management factor, C-factor) เป็นอัตราส่วนของดินที่สูญเสียจากแปลงที่กำหนดการปลูกพืชด้วยวิธีการจำเพาะกับแปลงไถพรวนทิ้งว่างเปล่า ซึ่งมีชนิดของดินและความลาดชันอย่างเดียวกันภายใต้สภาพฝนเดียวกัน

P คือ ค่าปัจจัยวิธีการอนุรักษ์ดิน (practice management factor, P- factor) เป็นอัตราส่วนของดินที่สูญเสียจากวิธีการอนุรักษ์ดินกับการปลูกพืชขึ้นลงตามแนวลาดชัน

สมการการสูญเสียดินสากลนี้ ใช้เป็นแนวทางในการคาดคะเนปริมาณการชะล้างพังทลายดินที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับพื้นที่หนึ่งๆ ที่มีการใช้ประโยชน์อย่างใดอย่างหนึ่ง จึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญเครื่องมือหนึ่งในการวางแผนเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและวิธีการอนุรักษ์ ซึ่งเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในปัจจุบัน (นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2527)

2.3 การนำ USLE ไปพัฒนาใช้เป็นแบบจำลองต่างๆ

สมการ USLE ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้กับแบบจำลองต่างๆ เพื่อทำให้การประเมินการสูญเสียดินนั้นทำได้ง่ายขึ้น และมีการไปใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลายทั้งในและต่างประเทศ เพื่อนำไปใช้การวางแผนอนุรักษ์ดินและน้ำ

2.3.1 การนำสมการสูญเสียดินมาใช้ในระดับสากล

นิพนธ์ ตั้งธรรม (2545) กล่าวไว้ว่า หลังจากมีการใช้สมการการสูญเสียดินสากล มาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1945 นักวิทยาศาสตร์รุ่นหลังได้มีการดัดแปลงตัวแปรใน USLE ไปพัฒนาเป็นแบบจำลองรูปแบบต่างๆ ที่ยังคงใช้ตัวแปรทั้ง 6 ตัวของสมการนี้ ในปี 1970 เป็นต้นมา ได้มีการสร้างแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ปริมาณและอัตราการชะล้างพังทลายของดินทั้งจากเฉพาะพื้นที่และจากทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นไปอย่างรวดเร็วและครอบคลุมมากขึ้น เกือบทุกแบบจำลองยังคงรูป USLE parameter ไว้ทั้งหมดแต่มีเพียงดัดแปลงปัจจัยน้ำฝน (R-factor) และน้ำไหลบ่าหน้าดิน ให้สามารถเลียนแบบกลไกและกระบวนการชะล้าง การพัดพาตะกอนและมลสารเคมีในดินและน้ำบ่าหน้าดินให้ได้ใกล้เคียงมากขึ้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการรวบรวมแบบจำลองต่างๆ ที่ผ่านมาไว้ในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 แบบจำลองการชะล้างพังทลายของดินที่ใช้สมการ USLE

แบบจำลอง	ลักษณะและวิธีการของแบบจำลอง
WSCERO	การผนวก USLE เข้ากับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้กำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำและอัตราส่วนการพัดพาตะกอน (sediment delivery ratio, SDR) หาปริมาณตะกอนจากพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีการใช้ประโยชน์รูปแบบต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) ส่วนที่เรียกข้อมูลนำเข้า (input database) 2) ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูล (data analysis) ซึ่งประกอบด้วยสมการที่ใช้หาค่าชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ (WSC) และหาค่าอัตราการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ (USLE) และปริมาณผลผลิตตะกอน (sediment yield) โดยใช้อัตราส่วนการเกิด

แบบจำลอง	ลักษณะและวิธีการของแบบจำลอง
	ตะกอนที่เรียกว่า SDR 3) ส่วนที่พิมพ์ผลลัพธ์ออกมาเป็นตารางกริดที่มีตำแหน่งตามตารางในแผนที่ภูมิประเทศ
MUSLE	การนำเอาสมการพื้นฐานที่แสดงกลไกการเกิดการชะล้างพังทลายในร่องริ้ว ผนวกกับ USLE เพื่อใช้หาปริมาณตะกอนที่เกิดจากพื้นที่ระหว่างร่องริ้วและในร่องริ้ว จึงเป็นที่มาของ MUSLE ที่ใช้หาสมรรถนะการกัดเซาะและสมรรถนะในการเคลื่อนย้าย และประยุกต์ใช้หาการพัดพาตะกอนจากยอดเขาลงมาถึงร่องน้ำ โดยแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำออกเป็นประเภทๆให้มีความลาดเทแยกส่วนกันไปตามลักษณะภูมิประเทศ
CREAMS	เป็นแบบจำลองที่ออกแบบในลักษณะแนวคิดให้เลียนแบบกระบวนการธรรมชาติและความต้องการในการจัดการพื้นที่ เพื่อประเมินผลกระทบของมลพิษที่ไม่ทราบแหล่งที่มา (non-point source pollution) อันเนื่องมาจากการใช้เทคโนโลยีเพิ่มผลผลิตทั้งในด้านการใช้ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง และวิธีการจัดการดินจัดการพืชในลักษณะต่างๆ แบบจำลอง CREAMS มีองค์ประกอบแบบจำลองย่อยของ 3 กระบวนการคือ 1) แบบจำลองอุทกวิทยา มีองค์ประกอบการหาปริมาตรน้ำท่า อัตราการหลากสูงสุด การขับน้ำผ่านผิวดิน การคายระเหยน้ำ ความชื้นในดิน และอัตราการซึมลึกในชั้นหน้าตัดดินในแต่ละวันที่มีฝนตก 2) แบบจำลองการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน จะต้องหาปริมาณการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ และปริมาณตะกอน ณ จุดใดจุดหนึ่งที่ต้องการ รวมทั้งปริมาณการแตกกระจายของตะกอนขนาดต่างๆ และบริเวณที่ต้องการรู้ปริมาณการชะล้างพังทลายของดินของแต่ละวันที่มีฝนตก 3) แบบจำลองกระบวนการเคลื่อนย้ายมลพิษเคมี ให้หาค่าธาตุอาหารพืชต่างๆ และยากำจัดวัชพืช
SP	เป็นแบบจำลองที่ใช้หาค่าน้ำท่าและผลผลิตตะกอนอันเกิดจากการตกของฝนแต่ละครั้ง แบบจำลองนี้ประกอบด้วยสมการคณิตศาสตร์ที่แทนกระบวนการทางอุทกวิทยาและการชะล้างพังทลายของดินที่มีองค์ประกอบของสมการน้ำที่ถูกพืชยึดไว้ และการกักเก็บน้ำของผิวดิน การซึมน้ำผ่านผิวดิน ชลศาสตร์ของน้ำไหล

แบบจำลอง	ลักษณะและวิธีการของแบบจำลอง
	บ่าหน้าดินและสมรรถนะในการเคลื่อนย้ายตะกอน โดยดัดแปลงแผนภาพโมโนกราฟมาใช้โดยไม่มีส่วน Permeability เข้ามาเกี่ยวข้อง เนื่องจากค่านี้ได้แฝงอยู่ในส่วนการคำนวณหาอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดิน
EPIC	แบบจำลองนี้เป็นการปรับปรุงและปรับเปลี่ยน USLE กันอย่างมาก ซึ่งมีองค์ประกอบแบบจำลองย่อย ประกอบด้วย (1) แบบจำลองอุตุ-อุทกวิทยา (2) แบบจำลองการชะล้างพังทลายของดิน (3) แบบจำลองการสูญเสียธาตุอาหารในน้ำที่ไหลบ่าหน้าดิน (4) แบบจำลองการชะล้างพังทลายของดินโดยลม ได้มีการพัฒนาค่าความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดินของ USLE เพื่อนำมาใช้กับแบบจำลองนี้ โดยอาศัยข้อมูลในเรื่องเนื้อดินและอินทรีย์คาร์บอนในดินเท่านั้น พร้อมทั้งมีการดัดแปลง MUSLE ในส่วนของปัจจัยพลังน้ำฝนและน้ำไหลบ่าหน้าดิน รวมทั้งปัจจัย P ใน USLE มาเป็นแบบจำลอง EPIC

ที่มา : สรุปข้อมูลจาก นิพนธ์ ตั้งธรรม (2545) และนำมาสร้างเป็นตารางโดยผู้วิจัย

เห็นได้ว่าการประมาณการพังทลายของดินบนพื้นที่ลุ่มน้ำได้มีการศึกษามาเป็นระยะเวลานานแล้ว โดยเน้นการใช้สมการการสูญเสียดินสากล ซึ่งเป็นวิธีการประเมินการสูญเสียดินระยะยาวที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย แต่การประเมินการพังทลายดินต้องการข้อมูลพื้นฐานที่ค่อนข้างละเอียด ทำให้ไม่สามารถประเมินสภาพการพังทลายได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามการใช้สมการการสูญเสียดินเพื่อประเมินการสูญเสียดินปัจจุบันได้มีการพัฒนาขึ้นเป็นลำดับ ทั้งเพื่อให้ผลลัพธ์ออกมาเป็นเชิงพื้นที่และปริมาณเพื่อจัดทำแผนที่ และสามารถแปรเปลี่ยนไปตามกาลเวลาได้ จึงนำเอาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มาพัฒนาใช้ร่วมกัน ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาจึงค่อนข้างรวดเร็วและถูกต้องหากมีการใช้ปัจจัยต่างๆ ในสมการที่ผ่านการปรับแก้ข้อบกพร่องเรียบร้อยแล้ว

2.3.2 การนำสมการสูญเสียดินมาใช้ในประเทศไทย

สำหรับประเทศไทย ในอดีตได้นำสมการการสูญเสียดินสากลมาใช้ในการประเมินการสูญเสียดิน แต่เป็นเพื่อการพิจารณาให้เห็นระดับความรุนแรงของพื้นที่ที่เกิดความเสื่อมโทรมของประเทศ อันจะนำไปสู่การตื่นตัวในการอนุรักษ์ทรัพยากรดิน อีกทั้งใช้เป็นแนวทางในการศึกษาข้อบกพร่องสำหรับปรับปรุงและนำไปประยุกต์ข้อมูลในแต่ละปัจจัยให้เกิดความแม่นยำและถูกต้องยิ่งขึ้น และสำหรับเป็นแนวทางในการร่วมมือกันระหว่างนักวิชาการสาขาต่างๆ แต่ใน

ปัจจุบันยังคงมีการใช้สมการสูญเสียดินสากลอย่างต่อเนื่อง เพื่อประโยชน์ดังนี้ (สมเจตน์ จันทวัฒน์, 2526)

1) เพื่อคาดคะเนหรือทำนายการสูญเสียดินสากลจากการเกิดการพังทลายของดินซึ่งเป็นผลจากการใช้ที่ดินที่ไม่เหมาะสม

2) เพื่อเลือกการใช้ที่ดินและการปฏิบัติการเกษตร

3) เพื่อใช้ทำนายการสูญเสียดินจากบริเวณที่มีการก่อสร้าง เช่น การสร้างถนน การทำเหมืองแร่ การสร้างเขื่อน อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น

4) เพื่อใช้คาดคะเนการเกิดตะกอนบนพื้นที่สูงภายในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ

ต่อมาได้มีการนำเอาเทคโนโลยีใหม่ๆ มาประยุกต์ใช้ร่วมกันเพื่อให้มีความถูกต้องรวดเร็วและทันต่อเหตุการณ์มากขึ้น จึงมีการนำ USLE ไปประยุกต์ใช้ในโปรแกรม WSCERO เพื่อใช้ในการคาดคะเนการสูญเสียดิน และมีการนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาเพื่อหาค่าปริมาณตะกอนแขวนลอย (sediment yield) ในพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งปัจจุบันได้มีการนำสมการนี้ไปพัฒนาร่วมกับแบบจำลองต่างๆ เพื่อปรับใช้กับระบบคอมพิวเตอร์ให้ได้ผลถูกต้องและรวดเร็วยิ่งขึ้น และนำไปประยุกต์ใช้กับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อใช้ในการจัดทำแผนที่การสูญเสียดิน ในการประเมินการชะล้างพังทลายของดินในภาพรวมทั้งระบบ รวมทั้งการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ และหามาตรการในการป้องกันผลกระทบต่างๆ ที่อาจจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อลุ่มน้ำโดยส่วนรวมได้ และขยายผลการจัดทำระบบสารสนเทศไปยังพื้นที่ลุ่มน้ำอื่นๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน จนกระทั่งนำไปประยุกต์และพัฒนาเป็นแบบจำลองอื่นเพื่อใช้ในงานด้านนี้ในประเทศไทย ดังนี้

1. การใช้ USLE ร่วมกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS)

การใช้คอมพิวเตอร์และระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) เข้ามีบทบาทในการบูรณาการร่วมกับ USLE เพราะ GIS ช่วยทำให้เกิดแผนภาพและตารางข้อมูลที่เป็นผลลัพธ์เปลี่ยนแปลงไปได้ตามความต้องการ ทั้งในส่วนที่ต้องเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลาและลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ อีกทั้งให้ความสะดวกรวดเร็วในการเปลี่ยนแปลงข้อมูล สำหรับประเทศไทยเองได้มีการนำทั้ง USLE และ GIS มาบูรณาการร่วมกันเพื่อใช้งาน เช่น การจัดทำแผนที่การสูญเสียดินในประเทศไทย (soil erosion mapping) การกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน และการกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ เป็นต้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543)

2. การใช้ USLE ในงานวางแผนอนุรักษ์ดินและน้ำ

การใช้สมการเพื่อการวางแผนอนุรักษ์ดินและน้ำได้ถูกกำหนดขึ้นมาพร้อมกับการใช้เพื่อประเมินการสูญเสียดินตั้งแต่ช่วงแรกๆ ที่มีการใช้สมการ กระทั่งปัจจุบันหลายหน่วยงานก็ยังนำผล

การชะล้างพังทลายของดินจากการใช้ USLE ไปวางแผนอนุรักษ์ดินและน้ำแบบผสมผสาน เช่น ในพื้นที่หมู่บ้านม่วงโพรง ตำบลเขาหินซ้อน อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งเป็นหมู่บ้านบริวารของโครงการพระราชดำริฯ ศูนย์ศึกษาการชะล้างพังทลายของดินและการใช้น้ำชลประทานที่ไม่เหมาะสม เป็นต้น (สมเจตน์ จันทวัฒน์, 2526)

3. การใช้ USLE ในงานประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

การขออนุญาตทำเหมืองแร่ ถนน อ่างเก็บน้ำ เขื่อน หรือ กิจกรรมใดๆ ที่จะก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม เช่น การเกิดการชะล้างพังทลายของดิน เป็นต้น ตามบทบัญญัติแห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 ได้กำหนดให้ต้องมีการศึกษาจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ซึ่งถือเป็นการวางแผนการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับโครงการที่ขออนุญาต และเป็นไปตามบทบัญญัติแห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 โดยมีเงื่อนไขและมาตรการเพื่อการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่กำหนดขึ้นใช้กับโครงการนั้นๆ เพื่อควบคุมผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นให้อยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมโดยรอบพื้นที่โครงการ และไม่ก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญต่อประชาชนที่อาศัยอยู่ที่บริเวณข้างเคียง ส่งผลให้หน่วยงานที่รับผิดชอบในการจัดทำรายงานเพื่อขออนุญาตก่อสร้างเหมืองแร่ ถนน อ่างเก็บน้ำ และเขื่อนได้ใช้สมการการสูญเสียดินสากลเพื่อประเมินการพังทลายของดินที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่สิ่งแวดล้อมตามเงื่อนไขและมาตรการที่กำหนดไว้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2554)

4. การใช้ USLE ในการประเมินค่าเสียหายทางสิ่งแวดล้อมจากการทำลายป่า

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ได้นำ USLE มาเป็นเครื่องมือในการประเมินค่าเสียหายที่เกิดขึ้นจากการบุกรุกทำลายป่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสูญเสียดินและน้ำที่เกิดขึ้นจากกระบวนการชะล้างพังทลายของดิน (soil erosion) จากแนวคิดของผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการทำลายป่าไม้ ที่ส่งผลให้ผิวดินถูกอัดแน่นจากการเหยียบย่ำและแรงตกกระทบของเม็ดฝน ทำให้ดินดูดซับน้ำฝนได้น้อย น้ำฝนส่วนใหญ่จึงเอ่อนองตามผิวหน้าดินและไหลลงพื้นที่ต่ำอย่างรวดเร็ว การไหลของน้ำในลักษณะดังกล่าวจะมีพลังงานที่มากพอที่จะกัดเซาะและพัดพาเอาผิวหน้าดินที่อุดมไปด้วยธาตุอาหารติดตามลงมาด้วย ในทำนองเดียวกันเมื่อน้ำฝนไม่ซึมลงในดิน ก็จะไม่มีน้ำในดินเพื่อเอื้ออำนวยให้กับกระบวนการคายระเหยน้ำ พลังงานจากดวงอาทิตย์ซึ่งถูกใช้ไปในการเผาผลาญอากาศ ทำให้อากาศบริเวณพื้นร้อนขึ้น รวมความได้ว่าการทำลายป่าไม้ ทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม คือ การสูญเสียดิน การสูญเสียน้ำ การสูญเสียธาตุอาหาร และทำให้อากาศร้อนขึ้น (พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล และคณะ, 2553)

5. การใช้ USLE ร่วมกับการสร้างแปลงทดลองเพื่อเก็บตะกอนดิน

สมคิด แก้วพรมทะ (2546) ได้นำสมการสูญเสียดินมาดัดแปลงใช้กับการวางแปลงทดลองชะล้างพังทลายดิน ซึ่งมีวิธีการคำนวณค่าปัจจัยต่างๆ ดังนี้

ก. พลังน้ำฝน ที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน (R–factor) จากสมการ

$$R = 0.4669 X - 12.1415$$

เมื่อ R คือ ค่าดัชนีพลังงานการชะล้างของฝน (เมตริกตัน/เฮกตาร์/ปี)

X คือ ค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี (มิลลิเมตร/ปี)

ข. อิทธิพลของความยาวและดีกรีความลาด โดยวัดความยาวความลาดชัน (λ) และเปอร์เซ็นต์ความลาดชัน (s) จากแปลงทดลองแต่ละแปลง (LS-factor) จากสมการ

$$S = (0.43 + 0.30s + 0.043s^2) / 6.613$$

$$L = (\lambda /22.13)^{0.5}$$

เมื่อ S คือ ปัจจัยความลาดชัน

s คือ เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน

L คือ ปัจจัยความยาวความลาดชัน

λ คือ ความยาวของความลาดชันหรือความยาวของแปลงทดลอง (เมตร)

ค. ความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดินจากแปลงทดลอง (soil erodibility factor, K-factor) จากสมการ

$$K = A / RLSCP$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักของตะกอนแห้งที่ได้จากแปลงทดลองมีหน่วย เป็นตัน/เฮกตาร์

R คือ ดัชนีพลังงานการชะล้างของฝน มีหน่วยเป็น เมตริกตัน/เฮกตาร์/ปี

LS คือ ดัชนีที่เกิดจากอิทธิพลของความยาวและดีกรีความลาดชัน

CP คือ ดัชนีพืชพรรณคลุมดิน

ง. พืชพรรณที่ปกคลุมและมาตรการอนุรักษ์ ที่มีผลต่อการควบคุมการชะล้างพังทลายดิน (soil and crop management factor, CP-factor) จากสมการ

$$CP = A_{cp} / A_{bare-plot}$$

เมื่อ A_{cp} คือ น้ำหนักแห้งของตะกอนที่ได้จากแปลงทดลองที่มีพืชพรรณและสิ่งปกคลุมดินปกคลุมในที่ลาดชันมีหน่วยเป็น ตัน/เฮกตาร์

$A_{bare-plot}$ คือ น้ำหนักแห้งของตะกอนที่ได้จากแปลงทดลองว่างเปล่าตามแนวลาดชัน (bare soil) มีหน่วยเป็น ตัน/เฮกตาร์

นอกจากนี้ สมคิด แก้วพรมทะ (2546) ยังได้คำนวณอัตราส่วนการถูกพัดพาเป็นตะกอนในลำน้ำ (sediment delivery ratio, SDR) จากค่าตะกอนแขวนลอย (suspended solids, SS) และปริมาณค่าการสูญเสียดินจากสมการ USLE ดังนี้

$$SS = SDR \cdot E$$

$$SDR = SS/E$$

เมื่อ SS = ปริมาณตะกอนแขวนลอยในลำน้ำ (ตัน/ปี)

E = ปริมาณดินในลุ่มน้ำที่ถูกกัดเซาะ (on site soil erosion) (ตัน/ปี)

จากการตรวจเอกสารข้างต้น ผู้วิจัยได้นำความรู้ส่วนนี้มาประยุกต์ใช้กับการเลือกวิธีการศึกษาและขนาดของแปลงทดลองให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในการวิจัย โดยได้ประยุกต์ใช้สมการ USLE ในการคำนวณควบคู่กับการวางแปลงทดลองตามการศึกษาของ สมคิด แก้วพรมทะ (2546) ส่วนการวางแปลงทดลองเพื่อให้เกิดข้อผิดพลาดของการทดลองน้อยที่สุด ขนาดของแปลงทดลองต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 2x10 เมตร และไม่ใหญ่กว่า 4x20 เมตร ซึ่งแปลงทดลองในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกขนาดแปลงเท่ากับ 4x12 เมตร ที่ได้พิจารณาจากความเหมาะสมของพื้นที่และข้อจำกัดในการวิจัย

2.4 ความรู้ทั่วไปเรื่องอินทรียวัตถุและธาตุอาหารในดิน

ในการศึกษาการชะล้างพังทลายของดิน นอกจากที่ผู้วิจัยสนใจศึกษาประเมินปริมาณการชะล้างพังทลายของดินแล้ว ยังได้ศึกษาถึงผลกระทบหรือความเสียหายที่เกิดจากการชะล้างพังทลายของดิน โดยพบว่าผลเสียหายจากการชะล้างพังทลายของดินที่มีความอุดมสมบูรณ์จะทำให้โครงสร้างของดินมีความแข็งแรงน้อยลงและทำให้สูญเสียอินทรียวัตถุและธาตุอาหารที่สำคัญต่อพืช ผู้วิจัยจึงได้ทบทวนเอกสารในเรื่องของอินทรียวัตถุและธาตุอาหารในดิน เพื่อเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจถึงผลกระทบจากการสูญเสียอินทรียวัตถุและธาตุอาหารในดิน และนำมาประยุกต์ใช้กับการศึกษา โดยมีรายละเอียดดังที่จะกล่าวต่อไปนี้

2.4.1 อินทรียวัตถุ

อินทรียวัตถุ (organic matter) คือ สิ่งที่ได้จากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ ซากพืช ซากสัตว์ รวมถึงสิ่งขับถ่ายของมนุษย์ สัตว์ และเซลล์ของจุลินทรีย์ที่ตายแล้ว มีความสำคัญในแง่ของการควบคุมคุณสมบัติของดิน ทั้งทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ ตลอดจนเป็นแหล่งอาหารของพืชและจุลินทรีย์ในดิน หากปราศจากอินทรียวัตถุในดินแล้ว ดินจะขาดแหล่งธาตุอาหารของพืช ขาดความอุดมสมบูรณ์ นำมาซึ่งความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดิน และจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

2.4.1.1 แหล่งกำเนิดของอินทรียวัตถุในดิน

แหล่งกำเนิดอินทรียวัตถุดินได้มาจากการย่อยสลายของสิ่งต่างๆ ดังนี้

1) จากการย่อยสลายตัวของซากพืชและซากสัตว์โดยเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายอินทรียวัตถุได้มีหลายชนิด ที่สำคัญคือ แบคทีเรียแอกติโนมัยซีทและรา

2) จากการย่อยสลายตัวของเศษชิ้นส่วนของพืชที่ไถและสับกลบลงไปในดิน เช่น ตอ ซัง เศษวัสดุของพืช หลังจากเก็บเกี่ยวแล้วหรืออาจเป็นพืชที่ปลูกเพื่อไถกลบโดยเฉพาะ เช่น ปุ๋ยพืชสด เป็นต้น

3) จากการสลายตัวของสิ่งขับถ่ายทั้งหลายจากคนและสัตว์

4) จากการสลายตัวของปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยหมัก ที่ใส่ลงไปในดิน

5) จากเซลล์ของจุลินทรีย์ในดินที่ยังมีชีวิตอยู่หรือตายแล้ว รวมถึงสารที่จุลินทรีย์ในดินสังเคราะห์ขึ้น

2.4.1.2 อิทธิพลของอินทรียวัตถุที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของดิน

1) ช่วยลดการชะล้างของเม็ดฝนบริเวณผิวดิน

2) ช่วยเพิ่มช่องว่างและลดความหนาแน่นรวมของดิน

3) ช่วยลดการระเหยของน้ำในดิน

4) ช่วยทำให้ดินอุ้มน้ำได้มากขึ้น

5) ทำให้สีของดินเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลถึงสีดำ ฉะนั้นดินที่มีสีน้ำตาลหรือสีดำ ถือได้ว่าเป็นดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุสูง

2.4.1.3 อิทธิพลของอินทรียวัตถุที่มีต่อสมบัติทางเคมีของดิน

1) เป็นแหล่งธาตุอาหารของพืชเนื่องจากกระบวนการย่อยสลายของสารอินทรีย์ที่ได้จากปุ๋ยอินทรีย์จะปลดปล่อยธาตุอาหารพืชออกมาโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน

2) เพิ่มความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก มีผลทำให้ธาตุอาหารพืชที่ใส่ลงไปในดินในรูปปุ๋ยเคมีหรือธาตุอาหารพืชที่มีอยู่ในดินตามธรรมชาติถูกดูดซับไว้ไม่ให้สูญเสียไปโดยกระบวนการชะล้าง ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชเป็นไปได้ดียิ่งขึ้น

3) ช่วยลดความรุนแรงของความเค็มในดิน

2.4.1.4 อิทธิพลของอินทรียวัตถุที่มีต่อสมบัติทางชีวภาพของดิน

1) เป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ในดิน เนื่องจากการแปรสภาพของธาตุอาหารพืชในดินส่วนใหญ่เป็นผลจากกิจกรรมของจุลินทรีย์

2) ช่วยควบคุมโรคพืชบางชนิดในดินเนื่องจากอินทรียวัตถุที่ใส่ลงไปในดินในรูปของปุ๋ยหมักจะมีผลช่วยเพิ่มจุลินทรีย์ลงไปในดิน และเชื้อจุลินทรีย์ในดินที่เพิ่มขึ้นเหล่านี้จะมีบทบาทสำคัญต่อการควบคุมปริมาณและกิจกรรมของเชื้อรา ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคพืชที่อาศัยอยู่ในดิน สาเหตุที่จำเป็นต้องใส่อินทรียวัตถุลงในดิน เพราะดินที่เหมาะสมในการปลูกพืชจะต้องมีองค์ประกอบต่างๆ คือ แร่ธาตุ 45% อากาศ 25% น้ำ 25% และอินทรียวัตถุ 5% และลักษณะของดินในประเทศไทยนั้น อินทรียวัตถุนั้นสามารถสลายไปได้ง่าย เนื่องจาก

1) ประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนและมีลมมรสุม ฝนตกชุก ทำให้จุลินทรีย์ย่อยสลายอินทรียวัตถุได้ง่าย

2) เกษตรกรใช้พื้นที่ทำเกษตรกรรมติดต่อกันมาเป็นระยะเวลานานโดยไม่มีการเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดินเลย

3) การบุกเบิกพื้นที่ ตัดไม้ทำลายป่าตลอดเวลาทำให้อินทรียวัตถุในธรรมชาติลดน้อยลงไปเรื่อยๆ

4) ขาดมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสม ทำให้อินทรียวัตถุถูกน้ำชะล้างลงสู่แม่น้ำลำคลองตลอดเวลา

5) สภาพดินของแต่ละท้องที่ ดินที่เป็นดินทราย เมื่อขาดอินทรียวัตถุ ดินไม่สามารถเกาะตัวกันได้ทำให้น้ำและปุ๋ยสูญหายไปจากดินอย่างรวดเร็ว ส่วนดินเหนียวหากขาดอินทรียวัตถุ ดินจะแน่นทึบ น้ำไม่สามารถซึมผ่านไปได้ แร่ธาตุอาหารของพืชจึงถูกน้ำพัดพาไป

2.4.2 ธาตุอาหารในดิน

ธาตุอาหารในดินเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ธาตุอาหารบางชนิดพืชต้องการในปริมาณมาก บางชนิดต้องการในปริมาณน้อย ขึ้นอยู่กับพืชแต่ละชนิด หากพืชได้รับธาตุอาหารในปริมาณที่เหมาะสมพืชจะเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูง เกษตรกรจึงต้องทราบว่าธาตุอาหารพืชแต่ละชนิดมีความสำคัญอย่างไร และต้องมีการจัดการอย่างไรให้พืชได้รับธาตุอาหารที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ากับการลงทุน ในการเจริญเติบโตของพืชนั้นจำเป็นต้องอาศัยปัจจัยหลายๆ อย่างประกอบกัน ซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละชนิดพันธุ์และสภาพแวดล้อม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

ธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่เป็นสารอนินทรีย์ ซึ่งประกอบไปด้วยแร่ธาตุต่างๆ จากดิน น้ำ และอากาศ โดยธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชนั้นที่สำคัญมีอยู่ด้วยกัน 16 ชนิด โดยสามารถแยกเป็นประเภทต่างๆได้ดังนี้

กลุ่มแรก เป็นธาตุอาหารที่ได้จากน้ำและอากาศ ได้แก่ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O)

กลุ่มที่สอง เป็นธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช และพืชต้องการในปริมาณที่มาก โดยได้จากดิน ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S)

กลุ่มที่สาม เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณที่น้อย แต่จะขาดไม่ได้ ได้แก่ เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) โบรอน (B)โมลิบดินัม (Mo) และคลอรีน (Cl) นอกจากนี้ธาตุบางชนิดที่พบในพืช ได้แก่ วานาเดียม (V) ไอโอดีน (I) โบรมีน (Br) ฟลูออรีน (F) อะลูมิเนียม (Al) นิกเกิล (Ni) โครเมียม (Cr) ซิลิเนียม (Se) ตะกั่ว (Pb) และแคดเมียม (Cd) หากมีสะสมอยู่ในพืชเป็นปริมาณมากเกินพอก็จะเป็นพิษต่อพืช และยังเป็นพิษต่อสัตว์ที่กินพืชเหล่านี้เข้าไปด้วย

พืชชั้นสูงจะได้รับธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และธาตุออกซิเจน ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเซลล์ของพืชจากอากาศและน้ำโดยตรง ธาตุคาร์บอนจะเข้าสู่พืชในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทางปากใบ ส่วนธาตุออกซิเจนจะเข้าสู่พืชในรูปของก๊าซออกซิเจนทั้งทางปากใบและทางผิวของราก ส่วนธาตุไฮโดรเจนนั้นพืชได้จากไฮโดรเจนอะตอมที่เป็นส่วนประกอบใน

โมเลกุลของน้ำในกระบวนการสังเคราะห์แสง ส่วนธาตุที่เหลือนั้นพืชได้มาจากดินทั้งสิ้น ยกเว้นธาตุไนโตรเจนบางส่วนที่พืชตระกูลถั่วได้มาจากการตรึงไนโตรเจนจากอากาศของไรโซเบียมที่อาศัยอยู่ที่ราก ธาตุอาหารในดินจึงมีหน้าที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช หากพืชไม่ได้รับธาตุอาหารครบตามความต้องการก็จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตและมีอาการของการขาดธาตุอาหาร ซึ่งแสดงไว้ดังตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 ธาตุอาหาร หน้าที่ และอาการของการขาดธาตุอาหารพืชที่สำคัญชนิดต่าง ๆ

ธาตุ	หน้าที่สำคัญ	อาการขาดธาตุอาหาร
ไนโตรเจน N	เป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน คลอโรฟิลล์ กรดนิวคลีอิก และเอนไซม์ในพืช ส่งเสริมการเจริญเติบโตของยอดอ่อน ใบและกิ่งก้าน	โตช้า ใบล่างมีสีเหลืองซีดทั้งแผ่นใบ ต่อมากลายเป็นสีน้ำตาลแล้วร่วงหล่น หลังจากนั้นใบบนๆก็มีสีเหลือง
ฟอสฟอรัส P	ช่วยในการสังเคราะห์โปรตีนและสารอินทรีย์ที่สำคัญในพืช เป็นองค์ประกอบของสารที่ทำหน้าที่ถ่ายทอดพลังงานในกระบวนการต่างๆ เช่น การสังเคราะห์แสงและการหายใจ	ใบล่างเริ่มมีสีม่วงตามแผ่นใบ ต่อมาใบเป็นสีน้ำตาลและร่วงหล่น ลำต้นแกร็น ไม่ออกดอกและผล
โพแทสเซียม K	ช่วยในการสังเคราะห์น้ำตาล แป้ง และโปรตีน ส่งเสริมการเคลื่อนย้ายของน้ำตาลจากใบไปสู่ผล ช่วยให้ผลโตเร็ว พืชแข็งแรง มีความต้านทานต่อโรคบางชนิด	ใบล่างมีอาการเหลืองแล้วกลายเป็นสีน้ำตาลตามขอบใบแล้วลุกลามเข้ามาเป็นหย่อม ๆ ตามแผ่นใบ อาจพบว่าแผ่นใบโค้งเล็กน้อย รากเจริญช้า ลำต้นอ่อนแอ ผลไม่เติบโต
แคลเซียม Ca	เป็นองค์ประกอบในสารที่เชื่อมผนังเซลล์ให้ติดกัน ช่วยในการแบ่งเซลล์ การผสมเกสร การงอกของเมล็ด และช่วยให้เอนไซม์บางชนิดทำงานได้ดี	ใบที่เจริญใหม่ จะหงิก ตายอดไม่เจริญ อาจมีจุดดำที่เส้นใบ รากสั้น ผลแตก และมีคุณภาพไม่ดี
แมกนีเซียม Mg	เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ช่วยสังเคราะห์กรดอะมิโน วิตามิน ไขมัน และน้ำตาลทำให้สภาพกรด-ด่างในเซลล์พอเหมาะ ช่วยในการงอกของเมล็ด	ใบแก่จะเหลือง ยกเว้นเส้นใบ และจะเปลี่ยนเป็นสีขาว สีน้ำตาล ใบร่วงหล่นเร็วและตายในที่สุด
กำมะถัน S	เป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีนและวิตามิน	เริ่มแสดงอาการจากยอดก่อนโดยใบจะมีสีเหลืองซีดและต้นอ่อนแอลงและชะงักการเจริญเติบโต

ธาตุ	หน้าที่สำคัญ	อาการขาดธาตุอาหาร
โบรอน B	ช่วยในการออกดอกและการผสมเกสร มีบทบาทสำคัญในการติดผลและการเคลื่อนย้ายน้ำตาลมาสู่ผล การเคลื่อนย้ายของฮอร์โมน การใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนและการแบ่งเซลล์	เริ่มจากยอดหรือส่วนที่อ่อนที่สุดเกิดการชะงักการเจริญเติบโต มีจุดสีน้ำตาลหรือดำ ตายอดตายแล้วเริ่มมีตาข้าง แต่ตาข้างจะตายอีก ลำต้นไม่ค่อยยืดตัว กิ่งและใบจึงชิดติดกัน ใบเล็กหนา โค้งและเปราะ
ทองแดง Cu	ช่วยในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ การหายใจ การใช้โปรตีนและแป้ง กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์บางชนิด	ตายอดชะงักการเจริญเติบโตและกลายเป็นสีดำ ใบอ่อนเหลือง พืชทั้งต้นชะงักการเจริญเติบโต
คลอรีน Cl	มีบทบาทบางประการเกี่ยวกับฮอร์โมนพืช	พืชเหี่ยวง่าย ใบสีซีดและบางส่วนแห้งตาย
เหล็ก Fe	ช่วยในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ มีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์แสงและหายใจ	เริ่มเป็นจากยอดลงมาโดยใบอ่อนจะมีสีขาวซีดในขณะที่ใบแก่ยังเขียวสด
แมงกานีส Mn	ช่วยในการสังเคราะห์แสงและการทำงานของเอนไซม์บางชนิด	ใบอ่อนมีสีเหลืองในขณะที่เส้นใบยังเขียวสด ต่อมาใบที่มีอาการดังกล่าวจะเหี่ยวแล้วร่วง
โมลิบดินัม Mo	ช่วยให้พืชใช้ไนเตรตให้เป็นประโยชน์ในการสังเคราะห์โปรตีน	พืชมีอาการคล้ายขาดไนโตรเจน ใบล่างจะด่างๆ ต่อมาจะแห้งตาย ขอบใบหงิกงอ ใบมีลักษณะโค้งคล้ายถ้วย เป็นจุดเหลืองๆตามแผ่นใบ
สังกะสี Zn	ช่วยในการสังเคราะห์ออกซิน (ฮอร์โมนพืชชนิดหนึ่ง) คลอโรฟิลล์ และแป้ง	ใบอ่อนมีสีเหลืองซีดและปรากฏสีขาวๆ ประปรายตามแผ่นใบ โดยเส้นใบยังเขียว ใบเล็กแคบ ไม่ออกผล

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2548)

ยงยุทธ โอสถสภา (2551) กล่าวไว้ว่า ในการปลูกพืชและเก็บเกี่ยวผลผลิตพืชแต่ละครั้ง ธาตุอาหารรูปที่เป็นประโยชน์ในดินจะลดลงไป เนื่องจากสาเหตุ 2 ประการ คือ 1) พืชดูดไปใช้ และติดไปกับผลผลิตที่เก็บเกี่ยว 2) สูญหายไปจากดินโดยการชะล้าง การกร่อน หรือกลายเป็นก๊าซ (กรณีของไนโตรเจน)

สำหรับธาตุอาหารส่วนที่พืชดูดไปใช้จะสูญหายไปจากดินเฉพาะที่ติดไปกับผลผลิต ซึ่งนำออกจากพื้นที่จริงๆ เท่านั้น โดยมีข้อแม้ว่าเกษตรกรปล่อยส่วนเหนือดิน (ซึ่งมิได้เก็บเกี่ยว) และรากไว้ในพื้นที่แล้วพรวนกลบ ธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชเหล่านี้ จะกลับคืนสู่ดินอีกครั้งหนึ่ง แต่ถ้าเกษตรกรเผาฟางหรือตอซังพืช โดยไม่ได้พรวนกลบลงไปในดิน ไนโตรเจนและกำมะถันส่วนมาก

ในซากพืชจะกลายเป็นก๊าซและระเหยไป ส่วนธาตุอื่นที่ถูกเผาไหม้จนกลายเป็นขี้เถ้าก็จะสูญหายเมื่อน้ำฝนชะขี้เถ้าออกจากพื้นที่

เมื่อนำข้อมูลการสูญเสียแต่ละธาตุจากดินโดยกระบวนการตามธรรมชาติ เช่น จากการชะล้าง การกร่อนดินและการระเหยเป็นก๊าซ (เฉพาะไนโตรเจน) กับที่ติดไปกับผลผลิตซึ่งเก็บเกี่ยวออกไป มาพิจารณาร่วมกับปริมาณธาตุอาหารที่ดินได้รับตามธรรมชาติ เช่นการตรึงไนโตรเจนเป็นต้น ก็จะทราบว่าในแต่ละปีดินมีปริมาณสุทธิของการสูญเสียแต่ละธาตุเท่าใด เกษตรกรได้ชดเชยด้วยการใช้ปุ๋ยมากน้อยเพียงใดและสมดุลกับที่สูญเสียไปหรือไม่ หากเริ่มต้นจากดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงจะเป็นดังนี้

1) ปริมาณธาตุอาหารที่ชดเชยเท่ากับปริมาณที่สูญเสีย แสดงว่าระบบของธาตุอาหารในดินมีความยั่งยืน

2) ปริมาณธาตุอาหารที่ชดเชยน้อยกว่าปริมาณที่สูญเสีย แสดงว่าระบบของธาตุอาหารในดินไม่มีความยั่งยืน เนื่องจากดินจะสูญเสียธาตุอาหารที่สำรองไปเรื่อยๆ จนในที่สุดดินไม่อาจสนองธาตุอาหารรูปที่เป็นประโยชน์ให้เพียงพอกับความต้องการของพืช

สำหรับธาตุอาหารที่พืชจะขาดแคลนเป็นลำดับแรกๆ คือธาตุที่ 1) พืชดูดไปใช้ประโยชน์ในปริมาณมากและติดไปกับผลผลิตที่เก็บเกี่ยวมาก 2) มีการสูญเสียตามธรรมชาติ เช่น การชะล้างและการกร่อนของดินมาก 3) ดินปลดปล่อยธาตุอาหารรูปที่เป็นประโยชน์ออกมาเพื่อรักษาสมดุลช้า เป็นเหตุให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินต่ำเกินไป และ 4) มีการใส่ปุ๋ยให้ธาตุนั้นน้อยหรือไม่ใส่เลย

หากการจัดการธาตุอาหารเป็นไปตามแบบที่ 2 ต่อเนื่องกันนานๆ ธาตุอาหารในดินก็จะร่อยหรอลงตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าในอนาคตความอุดมสมบูรณ์ของดินจะค่อยๆ ลดลงจนผลผลิตพืชต่ำมาก ในที่สุดก็ต้องเริ่มปรับปรุงบำรุงดินใหม่ จึงเสียโอกาสในการใช้ทรัพยากรที่ดินให้ได้ผลตอบแทนสูงไปช่วงเวลาหนึ่ง ดังนั้นการบำรุงดินด้วยปุ๋ยอย่างเหมาะสมจึงมีความสำคัญมาก

2.5 ความรู้ทั่วไปเรื่องการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ความต้องการในการพัฒนาทางเศรษฐกิจที่มากขึ้นในปัจจุบันทำให้มีความต้องการต้นทุนทางทรัพยากรธรรมชาติในการผลิตมากขึ้น การนำต้นทุนทางทรัพยากรธรรมชาติเหล่านั้นมาใช้ประโยชน์โดยไม่คำนึงถึงความเหมาะสมหรือไม่มีการจัดสรรให้มีความพอดี ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สภาพทรัพยากรธรรมชาติเกิดการเสื่อมโทรม แต่ผลกระทบเหล่านี้มักจะถูกมองข้ามในทางเศรษฐกิจ คุณค่าของสิ่งแวดล้อมที่สูญเสียไปกลายเป็นสิ่งที่ไม่มีมูลค่า สินค้าและบริการทาง

สิ่งแวดล้อมจึงไม่ได้รับการประเมินมูลค่าที่แท้จริง ด้วยเหตุนี้นักเศรษฐศาสตร์จึงได้พัฒนาวิธีการและเครื่องมือในการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดการจัดสรรการใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดในทางเศรษฐศาสตร์

2.5.1 แนวคิดและความหมายการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

Lipton, *et al* (1995, อ้างถึงใน เสาวลักษณ์ รุ่งตะวันเรืองศรี, 2548) ได้ให้ความหมายของการประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมไว้ว่า เป็นการใช้ชุดของเครื่องมือหรือเทคนิคในการประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติสิ่งแวดล้อมและบริการที่ได้รับทั้งที่มีราคาตลาดและไม่มีราคาตลาด

ธันวา จิตต์สงวน (2540, อ้างถึงใน สมหญิง บู่แก้ว, 2552) ได้ให้ความหมายของการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมไว้ว่า เป็นการตีค่าคุณประโยชน์ (values) ในทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่มีต่อมนุษย์ในด้านใดด้านหนึ่ง ทั้งในปัจจุบันหรือในอนาคต ซึ่งมูลค่าจะแสดงถึงคุณลักษณะเฉพาะของสิ่งของ มีพื้นฐานมาจากความปรารถนาหรือความต้องการเพื่อให้ได้มาซึ่งความพอใจ ถ้าหากความพึงพอใจเกิดขึ้นมาย่อมก่อให้เกิดมีมูลค่าในสิ่งที่ต้องการนั้นตามไปด้วย การประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจึงทำให้สังคมตระหนักถึงคุณค่าและความมีจำกัดของสิ่งแวดล้อมและเพื่อสะท้อนให้เห็นว่ากิจกรรมพัฒนาเศรษฐกิจใดๆ ถ้าหากมีผลกระทบเกิดขึ้นและทำให้สิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมแล้วย่อมหมายถึงการทำให้เกิดต้นทุนต่อส่วนรวมด้วย

อดิศร์ อิศรางกูร ณ อยุธยา (2541) กล่าวว่า ประโยชน์ของการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมีหลายประการ แต่ไม่ว่าการประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมจะถูกนำไปใช้เพื่อการใด หน้าที่หลักคือ การปรับหน่วยวัดของสิ่งแวดล้อมให้เหมือนกับหน่วยวัดที่ใช้ในกิจกรรมทางเศรษฐกิจทั่วไป เพื่อช่วยให้รัฐหรือประชาชนสามารถพิจารณาประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมภายใต้หลักเกณฑ์เดียวกันกับการพัฒนาด้านอื่นๆได้ เช่น การศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมประเด็นการสร้างเขื่อน จะทำให้เกิดการสูญเสียพื้นที่ป่า 1 แสนไร่ แต่เขื่อนนี้จะให้ผลตอบแทนสุทธิเป็นเงิน 100 ล้านบาท ในการตัดสินใจจะสร้างเขื่อนหรือไม่นั้นรัฐบาลไม่สามารถใช้ข้อมูลจากการศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมข้างต้นได้ดีเท่าที่ควร เพราะการศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมีหน่วยวัดเป็นไร่ แต่ผลตอบแทนของเขื่อนมีหน่วยวัดเป็นบาท การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมจึงมีหน้าที่ในการเปลี่ยนหน่วยด้านสิ่งแวดล้อมจากไร่ให้เป็นบาท และเมื่อตัวเลขทั้งหมดมีหน่วยวัดเหมือนกันก็จะสามารถนำมาหักลบกันได้และรัฐบาลก็จะสามารถตัดสินใจได้แม่นยำยิ่งขึ้น เป็นต้น

เรณู สุขารมณ์ (2541) ได้เสนอรูปแบบในการประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมที่ต้องมีระบุประเภทของมูลค่าที่ต้องการประเมินและการประเมินมูลค่ารวม (total economic value) ของสิ่งแวดล้อมแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ มูลค่าจากการใช้ (use value) มูลค่าจากการมิได้ใช้ (non-use value) และมูลค่าเผื่อที่จะใช้ (option value) ในส่วนของมูลค่าจากการใช้ ประกอบด้วยมูลค่าจากการใช้โดยตรง (direct use value) และมูลค่าการใช้โดยอ้อม (indirect use value) และในส่วนของมูลค่าจากการมิได้ใช้ จะประกอบด้วยมูลค่าของการคงอยู่ (existence value) และมูลค่าเผื่อลูกหลานในอนาคต (bequest value)

2.5.2 เทคนิคการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

แนวทางการประเมินมูลค่าโดยใช้มูลค่าสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม (Department of Finance,1991 อ้างถึงใน เสาวลักษณ์ รุ่งตะวันเรืองศรี, 2548 ; เรณู สุขารมณ์, 2541) ดังนี้

2.5.2.1 การประเมินโดยใช้ราคาตลาด (market value approach)

แนวคิดในการประเมินมูลค่าโดยใช้ราคาตลาดมีว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวเงินของรายได้หรือรายจ่าย ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงหรือการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ การเปลี่ยนแปลงในรูปตัวเงินนั้นสามารถใช้เป็นตัวแทนมูลค่าของทรัพยากรที่ถูกใช้ไป ซึ่งมูลค่าในรูปตัวเงินที่กล่าวถึงนี้ คือมูลค่าตลาดของสินค้าและบริการ การประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติโดยใช้มูลค่าตลาดมีหลายวิธีดังนี้

มูลค่าตลาดของการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการผลิต (change in productivity) มูลค่าการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมสามารถหาได้จากการเปลี่ยนแปลงผลิตภาพ การเพิ่มขึ้นและลดลงของผลิตภาพซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมถือเป็นการวัดผลประโยชน์ที่เพิ่มขึ้นหรือต้นทุนที่เพิ่มขึ้นได้ เช่น การชะล้างพังทลายของดินก่อให้เกิดการลดลงของผลผลิต ดังนั้นมูลค่าผลผลิตที่ลดลงสามารถใช้แสดงถึงมูลค่าของการสูญเสียทรัพยากรหน้าดิน

ต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ทดแทน (replacement cost) เป็นต้นทุนที่ใช้ทรัพยากรหรือสิ่งแวดล้อมให้คงสภาพเดิมไว้ เช่น งบประมาณที่รัฐบาลขุดลอกคูคลองในกรณีที่แหล่งน้ำตื้นเขินจากตะกอนสะสม และปรับปรุงคุณภาพน้ำลำคลอง เป็นต้น

ค่าใช้จ่ายในการป้องกัน (preventive expenditure) เป็นความเต็มใจที่จะจ่ายเพื่อลงทุนป้องกันผลประโยชน์ที่ได้รับไม่ให้เกิดความเสียหาย เช่น ค่าใช้จ่ายในการป้องกันน้ำท่วมและไฟป่า เป็นต้น

ต้นทุนในการอพยพโยกย้าย (relocation cost) เป็นการคิดถึงต้นทุนของกิจกรรมในการรักษาสิ่งแวดล้อมไว้ดังเดิม เช่น ในการประกาศเขตพื้นที่ป่าอนุรักษ์ ซึ่งต้องอพยพโยกย้ายประชากร

ที่อาศัยอยู่เดิมออกจากพื้นที่ ต้นทุนทั้งหมดที่ใช้ในการอพยพผู้คนออกจากพื้นที่ถือเป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นอย่างหนึ่งในการประกาศเขตอนุรักษ์

2.5.2.2 การประเมินมูลค่าโดยใช้ตลาดตัวแทน (surrogate market approach)

การประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่ไม่สามารถใช้ราคาตลาดได้โดยตรงนั้น อาจกระทำโดยประเมินผ่านตลาดตัวแทน ซึ่งมูลค่าของตลาดตัวแทนจะสะท้อนให้เห็นถึงคุณค่าของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้ เทคนิคการประเมินมูลค่าใช้ตลาดตัวแทนแบ่งได้ดังนี้

ต้นทุนการเดินทาง (travel cost) นิยมนำไปประยุกต์ใช้ในการประเมินมูลค่าจากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติเพื่อการนันทนาการ ซึ่งมูลค่าของธรรมชาติสามารถประเมินได้จากการใช้ค่าใช้จ่ายในการเดินทางและค่าเสียโอกาสของเวลาของนักท่องเที่ยวทั้งหมดเป็นตัวแทน การประเมินมูลค่าโดยใช้

มูลค่าทรัพย์สิน (property value) ในการประเมินมูลค่าคุณภาพสิ่งแวดล้อม เช่น ความรื่นรมย์ที่ได้จากวิวทิวทัศน์ ความสดชื่นที่ได้รับจากอากาศที่ดี ซึ่งแตกต่างกันใน 2 พื้นที่ สามารถกระทำได้โดยใช้มูลค่าของที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไปอันเนื่องจากสิ่งแวดล้อมที่ต่างกันในแต่ละพื้นที่ที่เป็นตัวแทน ซึ่งความแตกต่างของมูลค่าที่ดินของทั้งสองพื้นที่สะท้อนถึงมูลค่าของสภาวะแวดล้อมที่มีคุณภาพแตกต่างกัน

การประเมินมูลค่าโดยใช้ความแตกต่างในค่าจ้าง (wage differential) วิธีการนี้มีแนวความคิดคล้ายคลึงกับ property value เพียงแต่เปลี่ยนจากการใช้มูลค่าทรัพย์สินมาใช้ค่าจ้างเป็นตัวแทนซึ่งการเปลี่ยนแปลงในสิ่งแวดล้อมก็สามารถประมาณได้ จากการเปลี่ยนแปลงในค่าจ้างเป็นตัวแทนได้ การประเมินค่าโดยใช้สินค้าตัวแทน

2.5.2.3 การประเมินมูลค่าโดยใช้ตลาดสมมติ (simulate market approach)

ในกรณีที่มูลค่าตลาดโดยตรงและมูลค่าตลาดตัวแทนไม่สามารถนำมาประยุกต์เพื่อประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในบางกรณีได้ การประเมินมูลค่าสามารถกระทำได้โดยสมมติสถานการณ์ขึ้นเพื่อหามูลค่าที่ต้องการ ซึ่งเรียกว่า การประเมินมูลค่าโดยใช้ตลาดสมมตติ (simulation or hypothetical market) เทคนิคการประเมินค่าที่นิยม คือ contingent valuation method หรือ CVM

2.6 ข้อมูลพื้นฐานของเขาคอหงส์

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาบนพื้นที่เขาคอหงส์ การศึกษาถึงสภาพแวดล้อมและสภาพการณ์ต่างๆ เพื่อสร้างความรู้จักพื้นที่ศึกษาให้ถูกต้องจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ ผู้วิจัยจึงได้รวบรวมข้อมูลพื้นฐานของเขาคอหงส์ไว้ดังนี้

2.6.1 ข้อมูลทั่วไป

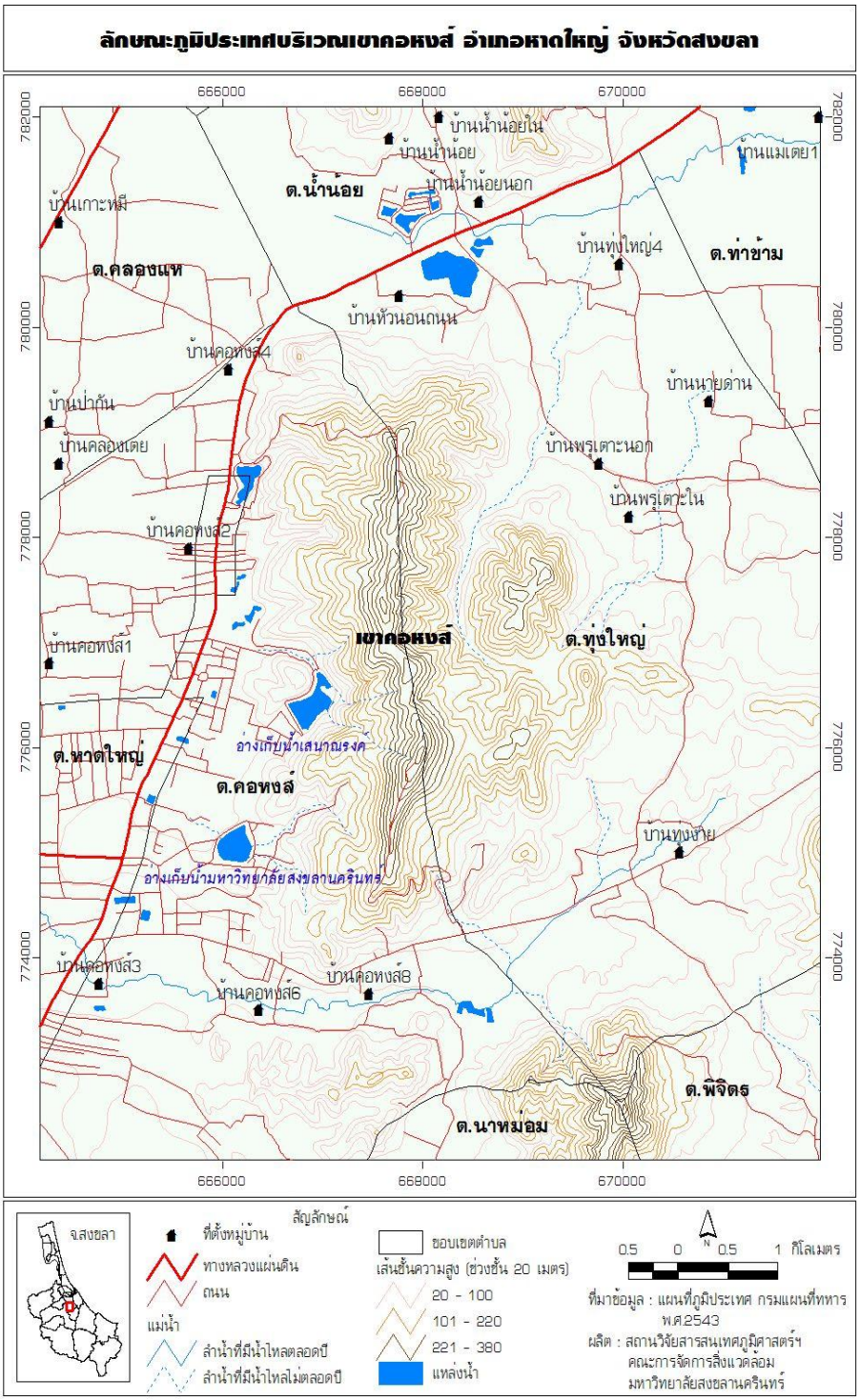
เขาคอหงส์ตั้งอยู่ในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา มีพื้นที่ครอบคลุมตำบลคอหงส์และตำบลทุ่งใหญ่ มียอดสูงอยู่สองยอด ยอดที่สูงที่สุดเรียกว่าเขาคอหงส์ สูงประมาณ 371 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง และยอดที่เรียกว่าเขาชุมสัก สูงประมาณ 325 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (Maxwell, 2006 อ้างถึงใน ประกาศ สว่างโชติ, 2551) เขาคอหงส์ทอดตัวในแนวเหนือ-ใต้ (ระหว่าง 07º N, 100º 30' E ที่บริเวณยอดเขาคอหงส์) มีความยาวประมาณ 5.6 กิโลเมตร จากปลายสุดทางทิศเหนือบริเวณจุดที่ห่างจากหลังโรงเรียนหาดใหญ่พิทยาคมไปประมาณ 800 เมตร ที่ระดับความสูงประมาณ 100 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง ถึงปลายสุดทางทิศใต้ บริเวณโรงเรียน ม.อ. วิทยาณุสรณ์ ติดกับถนนปุณกัณฑ์ ที่ระดับความสูงประมาณ 40 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (คณะทำงานโครงการร่วมอนุรักษ์เขาคอหงส์, 2553) แสดงดังภาพที่ 2-1

2.6.2 ข้อมูลทางธรณีวิทยา

จากแผนที่แสดงลักษณะทางธรณีวิทยาของเขาคอหงส์ของกรมพัฒนาที่ดินพบว่า หินเกือบทั้งหมดเป็นหินชั้นและหินแปรในยุคคาร์บอนิเฟอรัส บริเวณโดยรอบบางส่วนเป็นหินชนิดเดียวกันแต่อยู่ในยุคควอเทอร์นารี ทางตอนกลางของฝั่งตะวันออกมีหินอัคนียุคจูแรสซิกและไตรแอสซิกเชื่อมต่ออยู่

2.6.3 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา อุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดเฉลี่ย 24.1 ºC - 32.5 ºC, อุณหภูมิเฉลี่ยในรอบปี 28.3 ºC ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในรอบปี 72% ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในรอบปี 2,118 มิลลิเมตร ปกติจะมีช่วงแล้งซึ่งปริมาณฝนน้อยกว่า 100 มิลลิเมตร อยู่สามเดือน ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-เมษายน และฝนตกมากที่สุดในช่วงเดือนตุลาคม-ธันวาคม (ประกาศ สว่างโชติ, 2551)



ภาพที่ 2-1 แผนที่เขาคอหงส์

2.6.4 ข้อมูลชุดดินคอหงส์

ข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน (2552) ได้จำแนกกลุ่มชุดดินคอหงส์อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 39 ซึ่งมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 2-4 คุณสมบัติและรายละเอียดกลุ่มชุดดินคอหงส์

คุณสมบัติ	รายละเอียด
การจำแนกดิน	: coarse-loamy, kaolinitic, isohyperthermic typic kandiudults
การกำเนิด	: เกิดจากการผุพังสลายตัวอยู่กับที่ และ/หรือ เคลื่อนย้ายมาเป็นระยะทางใกล้ๆ โดยแรงโน้มถ่วงของหินทรายหรือหินในกลุ่มในพื้นที่ที่มีการเกลี่ยผิวแผ่นดินให้ ต่ำลง
สภาพพื้นที่	: ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงลูกคลื่นลอนชัน มีความลาดชัน 2-12 %
การระบายน้ำ	: ดี
การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน	: เร็ว
การซึมผ่านได้ของน้ำ	: เร็ว
พืชพันธ์ธรรมชาติและการใช้ประโยชน์ที่ดิน : ยางพารา ปาล์มน้ำมัน พืชไร่ และผลไม้	
การแพร่กระจาย	: พบกระจายทั่วไปในภาคใต้และพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก
การจัดเรียงชั้น	: A-BA-Bt
ลักษณะและสมบัติดิน	: ดินร่วนหยาบลึกมาก ดินบนมีเนื้อดินเป็นดินทรายปนดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย มีสีน้ำตาล ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดปานกลาง (pH 5.0-6.0) ดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย มีสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนเหลือง อาจพบดินร่วนเหนียวปนทรายในดินล่างชั้นถัดไป ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดจัด (pH 4.5-5.5)

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2552)

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน คือ ความสามารถของดินในการปลดปล่อยปริมาณธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้เพียงพอและสมดุลกับความต้องการของพืช การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินคือ วิธีการที่จะทำให้ทราบว่าระดับธาตุอาหารพืชในดินมีปริมาณเท่าใดและเพียงพอกับความต้องการของพืชหรือไม่ สำหรับชุดดินคอหงส์ กรมพัฒนาที่ดิน (2552) ได้มีการ

สำรวจปริมาณของธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในระดับความลึกของดินที่ระดับต่างๆ แสดงไว้ดังตารางที่ 2-5

ตารางที่ 2-5 ความอุดมสมบูรณ์ของชุดดินคอหงส์

ความลึก (ซม.)	อินทรียวัตถุ	ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน	ความอิ่มตัวเบส	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน
0-25	ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
25-50	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
50-100	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2552)

2.6.5 ข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพ

ประกาศ สว่างโชติ (2551) กล่าวว่า เขาคอหงส์ปกคลุมไปด้วยป่าดิบแล้งและดิบชื้นอยู่หลายชนิด มีสังคมพืชที่หลากหลาย อาจแบ่งออกได้เป็น 3 แบบใหญ่ 1) สังคมพืชดั้งเดิมซึ่งถูกรบกวนน้อย 2) สังคมพืชแบบป่ารุ่นสองในพื้นที่สวนยางพารา ซึ่งอาจแบ่งเป็นสองสังคมย่อยคือ สังคมที่ระดับเรือนยอดของไม้ป่าบางกลุ่มสูงเท่าหรือเลยเรือนยอดของต้นยางพารา และสังคมที่ไม้ชั้นเรือนยอดยังคงเป็นไม้ยางอยู่ และ3) สังคมพืชแบบป่ารุ่นสองในพื้นที่ตัดทั้งหมดหรือแบบเลือกตัด

ผลการศึกษาและสำรวจพบพันธุ์ไม้ทั้งสิ้น 637 ชนิด ใน 130 วงศ์ จำแนกเป็นเฟินและพืชใกล้เคียงกลุ่มเฟิน 19 วงศ์ พืชเมล็ดเปลือย 2 วงศ์ พืชดอกใบเลี้ยงคู่ 90 วงศ์ และพืชดอกใบเลี้ยงเดี่ยว 19 วงศ์ และจากการศึกษาสังคมพืชเชิงปริมาณ พบว่า วงศ์ที่เด่น คือวงศ์ชมพู่ (Myrtaceae) วงศ์ชา (Theaceae) วงศ์มังคุด (Clusiaceae) วงศ์ก่อ (Fagaceae) และ วงศ์เข็ม (Rubiaceae) และที่สำคัญพบพืชเมล็ดเปลือย ซึ่งจัดว่าเป็นพืชเก่าแก่โบราณและพบไม่บ่อยจำนวน 2 วงศ์ รวมถึงพรรณไม้ที่พบได้น้อย เช่น วาน้ำ ซึ่งมีเฉพาะในป่าสมบูรณ์

สำหรับพันธุ์สัตว์ที่พบ มีสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 16 ชนิดสัตว์เลื้อยคลาน 12 ชนิด สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกที่พบบ่อย ได้แก่ กบเขาหลังตอง (*Rana reniceps*) คางคกแคระมาลายู (*Bufo devergens*) ปาดบ้าน (*Polypedates leucomystax*) และอึ่งข้างดำ (*Microhyla heymonsi*) สัตว์เลื้อยคลานที่พบบ่อย ได้แก่ งูกะปะ (*Colloselasma rhodostoma*) และเต่าใบไม้ หรือเรียกอีกชื่อ

ว่า เต่าแดง (*Cyclemys dentate*) ซึ่งชนิดของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกและสัตว์เลื้อยคลานที่พบสามารถบ่งบอกได้ว่าสภาพของพื้นที่ป่าเขาคอหงส์มีความอุดมสมบูรณ์ เนื่องจากสัตว์เหล่านี้หลายชนิดพบได้เฉพาะในพื้นที่ป่าที่ไม่ถูกรบกวนเท่านั้น อีกทั้งจากสภาพพื้นที่คาดว่าจะสามารถพบชนิดเพิ่มเติมได้อีกในอนาคต

สำหรับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม จากการสำรวจในเบื้องต้นพบ ได้แก่ ค้างคาว จำนวน 2 ชนิด คือ *Rhinolophus acuminatus* และ *R. trifoliatus* กระรอก (Squirrel) ลิงลม (Loris) เก้ง กระจง นิ่ม และจากการศึกษามดพบทั้งหมด 6 วงศ์ 44 ชนิด พบแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยทั้งสิ้น 9 วงศ์ 17 สกุล 26 ชนิด นอกจากนี้ยังมีการพบสัตว์ที่น่าสนใจอื่นๆ เช่น มดไม้ยักษ์ ซึ่งเป็นมดที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศ (ประกาศ สว่างโชติ, 2551)

2.6.6 ลุ่มน้ำเขาคอหงส์

ประกาศ สว่างโชติ (2551) กล่าวว่าเขาคอหงส์เป็นต้นน้ำที่สำคัญของเมืองหาดใหญ่ โดยเฉพาะชุมชนโดยรอบที่ได้ใช้ประโยชน์จากการต้นน้ำโดยตรงในการใช้สอยในครัวเรือนและการเกษตร เช่น บ้านพรุเตาะ ตำบลทุ่งใหญ่ เป็นต้น เขาคอหงส์ยังเป็นต้นน้ำของคลองหลายสาย เช่น คลองเรียน คลองสายย่อยที่ไหลลงคลองอู่ตะเภา และยังเป็นแหล่งต้นน้ำของอ่างเก็บน้ำของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์และของค่ายเสนาณรงค์ ซึ่งในส่วนของอ่างเก็บน้ำมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์นั้นมีการผลิตน้ำจากอ่างจ่ายให้กับบุคลากรทั้งเจ้าหน้าที่และนักศึกษาคิดเป็น 80% โดยมีการซื้อน้ำจากแหล่งประปาภายนอกเพียง 20 % เท่านั้น นอกจากนี้เขาคอหงส์ยังมีมีน้ำตกขนาดเล็กชื่อน้ำตกหนองหญ้าปล้อง มีการใช้ประโยชน์เป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจของคนในพื้นที่

ปัจจุบันพื้นที่ป่าเขาคอหงส์ถูกบุกรุกทำลายเพื่อเปลี่ยนแปลงพื้นที่ไปใช้ประโยชน์อย่างไม่เหมาะสม เช่น ปลูกยางพารา สวนผลไม้ และบ้านเรือน เป็นต้น และยังมีการพัฒนาให้เป็นพื้นที่ท่องเที่ยวในลักษณะที่ต้องทำลายพื้นที่ป่า การบุกรุกทำลายดังกล่าวทำให้ศักยภาพในการเป็นแหล่งต้นน้ำของเขาคอหงส์ลดลงอย่างต่อเนื่อง เป็นที่น่าสังเกตว่าในสภาวะที่เราต้องเจอกับภาวะโลกร้อนและภัยแล้งที่กำลังทวีความรุนแรงขึ้นนั้น เขาคอหงส์กลับต้องเผชิญกับความสูญเสียสภาพความเป็นแหล่งต้นน้ำที่ดี และขาดการดูแลจากผู้ที่เกี่ยวข้องอย่างแท้จริง

จากการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานบนเขาคอหงส์ดังที่กล่าวมา โดยเฉพาะในส่วนของสภาพทางกายภาพ ชีวภาพ และการใช้ประโยชน์บนเขาคอหงส์ ผู้วิจัยได้นำความรู้ส่วนนี้มาใช้ประโยชน์ในการตัดสินใจการวางแผนการศึกษาให้มีความเหมาะสมกับสภาพการณ์ของพื้นที่

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ค้นคว้า ศึกษาและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวกับการชะล้างพังทลายของดิน และการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ โดยสามารถวิเคราะห์ สรุป และจัดลำดับประเด็นต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

2.7.1 งานวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน

จากการตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน พบว่ามีงานวิจัยอยู่ค่อนข้างน้อย ซึ่งโดยส่วนมากต้องการศึกษาเพื่อที่จะเปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน โดยการศึกษาของ วารินทร์ จิระสุขทวีกุล และคณะ (2526) ศึกษาความคงทนของดินที่สถานีวิจัยเพื่อรักษาต้นน้ำน่าน อ.เวียงสา จ.น่าน ใช้ดินบนซึ่งเป็นดินตัวอย่าง 31 ตัวอย่างจากฝั่งซ้ายและฝั่งขวาของห้วยย่อยวังปอ วังถ้ำ เลียงตาย ต้นเปื๋อย-วังไฮ และแม่สาคร โดยทำการทดลองโดยใช้ dispersion ratio พบว่า ค่าเฉลี่ยความคงทนของดินทุกห้วยย่อยมีค่า dispersion ratio มากกว่า 10 จัดเป็นดินที่พังทลายได้ง่าย และความคงทนของดินแต่ละห้วยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ความคงทนของดินระหว่างฝั่งซ้ายและฝั่งขวาของแต่ละห้วยย่อยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และความคงทนของดินในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินทุกประเภทมีค่า dispersion ratio มากกว่า 10 จัดเป็นดินที่พังทลายได้ง่าย และความคงทนในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินในบริเวณป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณจะมีความคงทนดีกว่าในบริเวณไร่ร้าง แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของชนิดและปริมาณของพันธุ์พืชคลุมดินกับความคงทนของดิน เป็นปัจจัยที่ช่วยลดการเกิดการชะล้างพังทลายดินได้ ซึ่งผลการศึกษานี้ใกล้เคียงกับการศึกษาของ ชลาทร ศรีตุลานนท์ และคณะ (2528) ที่ได้ศึกษาความคงทนและสมรรถนะการอุ้มน้ำของดินของป่าเบญจพรรณแล้งและไร่ร้างที่สถานีวิจัยเพื่อรักษาต้นน้ำลำตะคอง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา พบว่าดินในพื้นที่ป่าเบญจพรรณแล้งจัดเป็นดินที่ยากต่อการพังทลาย ในขณะที่ดินในพื้นที่ไร่ร้างจัดเป็นดินที่ง่ายต่อการพังทลายและสมรรถนะการอุ้มน้ำของดินที่ป่าเบญจพรรณมีค่ามากกว่าในพื้นที่ไร่ร้าง ทั้งนี้เนื่องมาจากอิทธิพลของปริมาณอินทรียวัตถุที่มีในพื้นที่ป่าเบญจพรรณมากกว่าไร่ร้างเป็นส่วนมาก

งานวิจัยของ สุนทร รัชฎาวงษ์ และคณะ (2526) นคร สืนเสน และไชยสิทธิ์ เอนกสัมพันธ์ (2534) และวรากร สุจริต และนิมิต พุกงาม (2551) ได้ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของการจัดการพืชในพื้นที่การเกษตรต่อการชะล้างพังทลายดิน มีผลการศึกษาสอดคล้องไปในทางเดียวกัน คือ พื้นที่การเกษตรที่มีลักษณะของการทำเกษตรเชิงเดี่ยวจะเกิดอัตราการสูญเสียดินที่สูงกว่าพื้นที่ที่มีการทำเกษตรแบบผสมผสาน เนื่องจากปัจจัยของชนิดและปริมาณพืชคลุมดินเป็นสิ่งสำคัญในการสร้าง

ความคงทนให้กับดิน การทำการเกษตรแบบมีพืชหลากหลายชนิดผสมผสานกันจึงช่วยป้องกันการเกิดการชะล้างพังทลายดินให้ลดน้อยลง

จุไรรัตน์ คุรุโคตร (2542) กล่าวว่า มนุษย์เป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินและกระบวนการชะล้างพังทลายดินจะปรากฏมากในช่วงเวลาการเพาะปลูก หลังจากแผ้วถางและเผา ผิวหน้าดินจะว่างเปล่าและพร้อมที่จะถูกกัดชะโดยพลังงานของฝนที่ตกกระทบในระหว่างการเพาะปลูก เรือนยอดของพืชพันธุ์สามารถป้องกันผิวหน้าดินและสามารถลดการพังทลายดินได้ แต่จะไม่มีประสิทธิภาพเท่าสภาพการปกคลุมโดยป่าธรรมชาติทั้งยังเกิดได้ง่ายมากในบริเวณที่มีความลาดชันสูง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สมยศ กิจค้า (2521) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับความชันของความลาดเทที่มีต่อการสูญเสียดินบริเวณโครงการการจัดการลุ่มน้ำแม่สาจังหวัดเชียงใหม่ พบว่าเมื่อความยาวและความชันของความลาดเทเพิ่มขึ้นการสูญเสียดินก็จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากความลาดชันมีอิทธิพลต่อความสามารถในการเคลื่อนย้ายน้ำที่ไหลบ่าหน้าดิน เมื่อน้ำไหลบ่ามีความรุนแรงมากขึ้นก็จะทำให้เกิดการกัดเซาะหน้าดินได้มากขึ้นเช่นกัน

จากงานวิจัยข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า สภาพภูมิประเทศ เนื้อดิน พืชพันธุ์ และมนุษย์ เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับกระบวนการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน ทำให้เกิดความแตกต่างกันในด้านของปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน ซึ่งความสำคัญของแต่ละปัจจัยจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาพการใช้ประโยชน์พื้นที่ ผลสรุปที่ได้นี้ ผู้วิจัยได้นำมาประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ในการกำหนดลักษณะของพื้นที่ศึกษาให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน เพื่อนำมาคำนวณหาปัจจัยต่างๆ ตามสมการสูญเสียดินสากล (USLE) เพื่อให้การวิจัยเกิดความถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

2.7.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาการประเมินการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย

จากการตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการประเมินการชะล้างพังทลายของดิน พบว่ามีงานวิจัยอยู่พอสมควร โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อหาปริมาณการชะล้างพังทลายของดินและปริมาณการไหลบ่าของน้ำในพื้นที่ที่มีลักษณะแตกต่างกันออกไป เช่น การศึกษาของ มนู ศรีขจร (2509) ได้ทำการศึกษาการประมาณการสูญเสียเนื้อดินและระดับความอุดมสมบูรณ์ โดยการชะล้างผิวหน้าดินในป่าธรรมชาติและป่าที่ถูกทำลาย ในระดับความลาดเอียงประมาณ 15 – 20 % โดยได้ทำการวางแปลงทดลองใหญ่ 2 แปลง คือ ในบริเวณป่าธรรมชาติ 1 แปลง และป่าที่ถูกทำลายอีก 1 แปลง แต่ละแปลงใหญ่ประกอบด้วยแปลงย่อยขนาด 10 x 40 เมตร จำนวน 10 แปลงหรือซ้ำ ซึ่งผล

การทดลองปรากฏว่า ในพื้นที่ที่ถูกทำลายนั้นผิวหน้าดินถูกกัดชะไปมาก (89.76 ตัน/เฮกตาร์/ปี) และทำให้เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุลดลง

พิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์ (2534) ศึกษาการสูญเสียดินและน้ำจากแปลงทดลองขนาด 4x20 เมตร ภายใต้สภาพพืชพันธุ์ชนิดต่างๆ ได้แก่ ป่าเบญจพรรณ ไร่ร้าง ถั่วเหลือง ข้าวไร่ ข้าวโพด สวนสักอายุ 3 ปี และพื้นที่ว่างเปล่าไถพรวนขึ้นลง บริเวณสถานีวิจัยเพื่อรักษาต้นน้ำน่าน อ.เวียงสา จ.น่าน พบว่ามีการสูญเสียดิน 1.996 0.117 2.697 2.633 1.398 0.742 และ 13.823 ตัน/เฮกตาร์/ปี และมีน้ำไหลบ่าหน้าดิน 11.96 120.31 68.14 64.19 50.97 35.31 และ 87.20 มม./ปี ตามลำดับ จะเห็นว่าการสูญเสียดินของแปลงป่าเบญจพรรณมีมากกว่าไร่ร้าง ซึ่งพิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์ (2534) ได้กล่าวไว้ว่า เนื่องจากลักษณะป่าเบญจพรรณนี้เป็นป่าที่ผ่านการทำไม้มาก่อน ต้นไม้แคระแกรนไม่สมบูรณ์เพราะอิทธิพลของไฟป่าที่เผาไหม้ทุกๆ ปี ซึ่งการเผาไหม้ของไฟป่าทำให้สูญเสียดินและน้ำเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าไหม้ต่อเนื่องกันทุกปี ประกอบกับมีการถางวัชพืชออกเพื่อทำแนวกันไฟในขณะศึกษา ทำให้ปราศจากพืชคลุมดินพื้นล่าง อีกทั้งป่าเบญจพรรณนี้มีไม้สักปะปนอยู่ด้วย ซึ่งมีผลต่อการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากอิทธิพลของน้ำพืชหยดที่ค้างมาจากใบพืช โดยเฉพาะใบสักที่ทำให้มีขนาดน้ำพืชหยดใหญ่และปริมาณมาก ส่งผลให้เกิดพลังงานจลน์มากกว่าเม็ดฝนที่ตกลงมาโดยตรง

มงคล วรรณประเสริฐ และอุทัย ทองมี (2536) ศึกษาการสูญเสียดินและน้ำจากแปลงที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันบริเวณโครงการพัฒนาชนบทลุ่มน้ำพอง อ.ภูเวียง จ.ขอนแก่น จากแปลงทดลองขนาด 4x20 เมตร บนพื้นที่ลาดชัน 8-10 เปอร์เซ็นต์ โดยผลการศึกษาพบว่าแปลงปลูกสร้างสวนป่าที่มีการปลูกไม้ยูคาลิปตัส และไม้กระถินยักษ์ แปลงปลูกพืชเกษตรที่มีการปลูกมันสำปะหลังและถั่วลิสง แปลงเกษตรป่าไม้ที่ปลูกทั้งยูคาลิปตัส ไม้กระถินยักษ์ มันสำปะหลัง และถั่วลิสง และแปลงควบคุมที่มีการปล่อยให้หญ้าขึ้นปกคลุมตามธรรมชาติ มีอัตราการสูญเสียดินเท่ากับ 0.2 9.6 5.9 และ 0.4 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับ

กฤษณะ เวชพร (2539) ได้ศึกษาผลกระทบการบุกรุกทำลายป่าเพื่อใช้ประโยชน์เพาะปลูกพืชไร่ต่อสภาพอุทกวิทยา และการพังทลายของดินบริเวณลุ่มน้ำแม่ถาง อ.ร้องกวาง จ.แพร่ ตั้งแต่ ปี 2532 - 2537 รวมระยะเวลา 6 ปี โดยใช้ลุ่มน้ำสาขาแม่ถางซึ่งป่าถูกบุกรุกทำลายจนหมดแล้วนำมาใช้เพาะปลูกพืชไร่เป็นลุ่มน้ำทดลอง และใช้ลุ่มน้ำสาขาห้วยบ่อทอง ซึ่งป่าไม่ถูกบุกรุกทำลายเป็นลุ่มน้ำควบคุม ผลการศึกษาพบว่า ลุ่มน้ำสาขาแม่ถางมีการเกิดการพังทลายของดินมากกว่าลุ่มน้ำสาขาห้วยบ่อทองถึง 25.3 เท่า และการพังทลายของดินของลุ่มน้ำสาขาแม่ถางมากกว่าค่าที่ยอมให้เกิดได้สูงสุดโดยไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตถึง 5.6 เท่า ส่วนปริมาณน้ำของลุ่มน้ำสาขาแม่ถางจะให้ปริมาณน้ำมากกว่าลุ่มน้ำสาขาห้วยบ่อทอง 3.8 เท่า และเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินมากกว่าลุ่มน้ำสาขา

ห้วยบ่อทองถึง 4.6 เท่า ดังนั้นการบุกรุกทำลายป่าเพื่อการเพาะปลูกพืชไร่จึงส่งผลกระทบให้เกิดการพังทลายของดินอย่างรุนแรงและเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินในปริมาณมากก่อให้เกิดน้ำหลาก หรือน้ำท่วมซึ่งพบเห็นได้ในช่วงฤดูฝนจะเกิดน้ำไหลหลากและน้ำมีลักษณะขุ่นแดง

ศุภมิตร จารุธัญลักษณ์ (2539) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการสูญเสียดินและน้ำจากแปลงปลูกพืชระบบวนเกษตรกับการใช้ที่ดิน 4 รูปแบบ ขนาดแปลง 4x20 เมตร ได้แก่ แปลงควบคุม (ปล่อยว่างเปล่าในปีแรก) แปลงปลูกพืชเกษตร แปลงปลูกพืชระบบวนเกษตร และแปลงปลูกสร้างสวนป่า บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภูเวียง จ.ขอนแก่น พบว่ารูปแบบของแปลงควบคุมมีค่าการสูญเสียดินมากที่สุด คือ 22.3364 ตัน/เฮกตาร์/ปี รองลงมาได้แก่ แปลงปลูกพืชเกษตร แปลงปลูกพืชระบบวนเกษตร และแปลงปลูกสร้างสวนป่า มีค่าการสูญเสียดินเท่ากับ 12.2884 9.5544 และ 0.7463 ตัน/เฮกตาร์/ปี ตามลำดับ ส่วนค่าการสูญเสียน้ำพบว่าแปลงปลูกพืชเกษตรให้ค่าการสูญเสียน้ำมากที่สุดเท่ากับ 271.3 มม./ปี รองลงมาได้แก่แปลงปลูกพืชระบบวนเกษตร และแปลงปลูกสร้างสวนป่า โดยมีค่าปริมาณการสูญเสียน้ำเท่ากับ 262.3 151.4 และ 56.4 มม./ปี ตามลำดับ สำหรับค่าปัจจัยการจัดการปลูกพืช (CP-factor) และค่าปัจจัยการดำเนินการเพื่อควบคุมการชะล้างพังทลาย (K-factor) ในสมการสูญเสียดินสากลของการใช้ประโยชน์ที่ดิน 4 รูปแบบ ได้แก่ แปลงควบคุมปล่อยว่างเปล่าในปีแรก แปลงปลูกพืชเกษตร แปลงปลูกพืชระบบวนเกษตร และแปลงปลูกสร้างสวนป่า มีค่าเท่ากับ 0.34810, 0.19967, 0.15314 และ 0.1183 ตามลำดับ ซึ่งการที่แปลงปลูกสร้างสวนป่ามีค่าปัจจัยที่น้อยที่สุดหมายถึงมีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่และพืชคลุมดินน้อยที่สุดซึ่งทำให้ดินมีความคงทนต่อการชะล้างพังทลายได้ดีที่สุด

นิพนธ์ ตั้งธรรม และ อภินันท์ ขอพร (2540) ศึกษาการสูญเสียดินและน้ำจากแปลงทดลองปลูกพืชที่ใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบต่างๆ บนพื้นที่ลาดเขา โครงการทดลองจัดการลุ่มน้ำแม่สา จ.เชียงใหม่ โดยใช้แปลงทดลองขนาด 5x20 เมตร มีความลาดเท 30 เปอร์เซ็นต์ ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่วางแปลงทดลองปลูกพืชบริเวณที่ไม่มีมาตรการอนุรักษ์มีอัตราการสูญเสียดินสูงสุดเท่ากับ 31.3 ตัน/เฮกตาร์ ตามมาด้วยแปลงทดลองปลูกพืชบริเวณที่มีการทำคันคูขอบเขาขั้นบันไดดินแบบต่อเนื่อง คันดินขอบเขา และขั้นบันไดดิน เท่ากับ 11.7 9.6 8.4 และ 5.0 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับ

จารุชาติ ปราชญ์นคร และคณะ (2544) ได้ศึกษาการสูญเสียดินและน้ำจากการใช้ประโยชน์ที่ดินรูปแบบต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยทรายขาว อ.พิปูน จ.นครศรีธรรมราช ระหว่างปี 2535 – 2543 โดยการเก็บข้อมูลจากแปลงทดลองขนาด 4 x 20 เมตร จำนวน 18 แปลง ในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดิน 3 รูปแบบ ได้แก่ พื้นที่ป่าทดแทนรุ่นสอง พื้นที่สวนยางพารา และพื้นที่รกร้าง ซึ่งผลการศึกษาพบว่า โดยเฉลี่ยแล้วการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยทราย ทำให้มี

ปริมาณการสูญเสียดินเท่ากับ 55.67 ตัน/ตร.กม./ปี และปริมาณการสูญเสียน้ำเท่ากับ 49.34 มม./ปี โดยการสูญเสียดินในพื้นที่ป่าทดแทนรุ่นสองจะมากที่สุด รองลงมาได้แก่ สวนยางพารา และพื้นที่รกร้าง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 70.72 68.98 และ 27.31 ตัน/ตร.กม./ปี ตามลำดับ ขณะที่การสูญเสียน้ำหรือน้ำไหลบ่าหน้าดินในพื้นที่สวนยางพาราจะมีมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ป่าทดแทนรุ่นที่ 2 และพื้นที่รกร้าง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 73.79 46.59 และ 27.66 มม./ปี ตามลำดับ

สมคิด แก้วพรมทะ (2546) ศึกษาเบื้องต้นของการสูญเสียดินและน้ำจากพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกันในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กห้วยแร้ง-คลองพืด อ.บ่อไร่ และ อ.เมือง จ.ตราด วางแปลงทดลองจากประเภทการใช้ที่ดินและปลูกพืช 9 ชนิด ประกอบด้วย ยางพารา เงาะ ขนุน สับปะรด มะม่วงหิมพานต์ พื้นที่ไร่ร้าง สวนป่าอินทนิล ป่าธรรมชาติ และแปลงว่างเปล่า โดยมีขนาดของแปลงอยู่ในช่วง 4x10 ถึง 6x20 เมตร มีความลาดชันระหว่าง 20-28 เปอร์เซ็นต์ พบว่าพื้นแปลงทดลองสับปะรดมีการสูญเสียดินมากที่สุดเท่ากับ 19.684 ตัน/เฮกตาร์ รองลงมาได้แก่ แปลงสวนป่าอินทนิล 13.137 ตัน/เฮกตาร์ แปลงสวนเงาะ 7.942 ตัน/เฮกตาร์ แปลงสวนยางพารา 6.109 ตัน/เฮกตาร์ แปลงสวนขนุน 5.406 ตัน/เฮกตาร์ แปลงไร่ร้าง 3.247 ตัน/เฮกตาร์ แปลงมะม่วงหิมพานต์ 2.008 ตัน/เฮกตาร์ และแปลงป่าธรรมชาติ 1.075 ตัน/เฮกตาร์

จักรพงษ์ ไชยวงศ์ (2549) ศึกษาการประมาณการไหลบ่าของน้ำและการสูญเสียดินในพื้นที่เกษตรที่สูงของ จ.เชียงใหม่ โดยใช้แปลงศึกษาการชะล้างพังทลายของดินขนาด 14 x 20 เมตร มีเปอร์เซ็นต์ความลาดชัน 20 เปอร์เซ็นต์ ปลูกกะหล่ำปลีและมีมาตรการในการอนุรักษ์ดินที่ต่างกัน ได้แก่ ใช้แถบหญ้าแฝกเป็นแถบอนุรักษ์ ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดิน และแถบหญ้าธรรมชาติเป็นแถบอนุรักษ์ ในพื้นที่ของสถานีวิจัยการพัฒนาที่ดินบนพื้นที่สูงบ้านบวกจั่น กรมพัฒนาที่ดิน ต.สะเมิงใต้ อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่ โดยใช้แบบจำลองการไหลบ่าของน้ำผิวดินและการชะล้างพังทลายของดินทางกลศาสตร์ และสมการการสูญเสียดินสากล เปรียบเทียบกับข้อมูลที่วัดได้จริงในแปลงศึกษา ผลการศึกษาในปี 2546 - 2547 พบว่า แปลงศึกษาที่ไม่มีมาตรการในการอนุรักษ์ดินมีปริมาณน้ำไหลบ่าและสูญเสียดินมากที่สุด รองลงมาคือ แถบหญ้าแฝก และแถบหญ้าธรรมชาติ ตามลำดับ โดยมีปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยเท่ากับ 45.67 33.44 และ 25.34 มม./ปี ตามลำดับ มีปริมาณการสูญเสียดินเท่ากับ 5.88 3.65 และ 3.02 ตัน/เฮกตาร์/ปี

จากงานวิจัยที่กล่าวมา เห็นได้ว่าการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินด้วยวิธีการวางแปลงทดลองนั้นมีการเลือกลักษณะความลาดชันของพื้นที่ศึกษาและขนาดของแปลงทดลอง ทั้งใกล้เคียงและแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษา ขอบเขต และข้อจำกัดในงานวิจัยนั้นๆ แต่สำหรับการเลือกความลาดชันของพื้นที่ศึกษาที่ดีนั้น สมเจตน์ จันทวัฒน์ (2526) กล่าวไว้ว่า ความถูกต้องในการใช้สมการเพื่อคาดคะเนการสูญเสียดินให้ได้ดี ก็ต่อเมื่อเนื้อดินบนพื้นที่ศึกษานั้นมีเนื้อ

ดินปานกลาง มีช่วงความลาดชันของพื้นที่อยู่ในช่วง 3-18% มีความยาวของความลาดชันไม่เกิน 120 เมตร และมีการปลูกและการจัดการพืชคล้ายกับแปลงทดลองมาตรฐาน นอกจากนี้ความถูกต้องในการคาดคะเนการสูญเสียดินเฉลี่ยบนพื้นที่ขนาดใหญ่ยังขึ้นอยู่กับการเลือกค่าปัจจัยซึ่งต้องมีสภาพกายภาพและการจัดการว่ามีความถูกต้องมากน้อยเพียงไรอีกด้วย ผู้วิจัยจึงนำการเลือกลักษณะความลาดชันที่ดีต่อการใช้สมการเพื่อคาดคะเนการสูญสูญเสียดินมาประยุกต์ใช้ในการเลือกความลาดชันของพื้นที่ศึกษาให้มีความเหมาะสม เพื่อความถูกต้องของการวิจัย

นอกจากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังมีการศึกษาของ กรมพัฒนาที่ดิน (2547) ที่ศึกษาการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดขึ้นบนพื้นที่ต่างๆของแต่ละภูมิภาคในประเทศไทย สามารถสรุปเป็นแต่ละภูมิภาคได้ดังนี้

ภาคเหนือ จากการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบต่างๆ พบว่าป่าธรรมชาติ (ป่าดิบเขา) มีการสูญเสียดินอยู่ในช่วง 2.02 - 8 ตัน/เฮกตาร์/ปี ป่าเบญจพรรณมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากสภาพที่เป็นป่าไปเป็นพื้นที่การเกษตร ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินเกิดมากขึ้นคืออยู่ในช่วง 2 – 89 ตัน/เฮกตาร์/ปี การนำระบบวนเกษตรเข้ามาใช้ เช่น 1) การปลูกกาแฟในพื้นที่ป่าดิบเขาธรรมชาติ และในพื้นที่ไร่เลื่อนลอยที่ปล่อยทิ้งไว้ พบว่าการสูญเสียดินที่เกิดขึ้นจะไม่แตกต่างจากพื้นที่ป่าไม้เลย 2) สำหรับในพื้นที่สูงและมีฝนตกมากๆ เช่น บริเวณพื้นที่ดอยตุงจังหวัดเชียงราย การนำระบบวนเกษตรและคูรับน้ำขอบเขามาใช้ในพื้นที่ จะลดปริมาณการชะล้างพังทลายของดินได้เพียงเล็กน้อย เป็นต้น

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จากการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดขึ้นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่าการชะล้างพังทลายของดินมีค่าสูงกว่าภาคอื่น ๆ ในพื้นที่ที่มีความลาดชันเท่ากัน ทั้งนี้เพราะว่าดินส่วนใหญ่จะเป็น loamy และ sandy loam ซึ่งมีส่วนผสมของ silt ในปริมาณที่มาก ทำให้ถูกชะล้างพังทลายได้ง่าย บนพื้นที่ที่ปล่อยไว้ว่างเปล่า ความลาดชันของพื้นที่ 27 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำฝน 1,542 มิลลิเมตรในช่วงเวลา 2 ปี มีค่าการสูญเสียดินประมาณ 144 ตัน/เฮกตาร์/ปี สำหรับพื้นที่ป่าดิบแล้งมีเพียง 6 ตัน/เฮกตาร์/ปี พื้นที่ไร่เลื่อนลอยที่อยู่บนที่สูง มีค่าการสูญเสียดินสูงถึง 76 ตัน/เฮกตาร์/ปี

ภาคตะวันออก จากการศึกษาการสูญเสียดินในจังหวัดระยองและจังหวัดชลบุรี ก่อน พ.ศ. 2523 ระบบต่างๆ ได้ถูกนำมาใช้ในมาตรการอนุรักษ์ เช่น การปลูกพืชหมุนเวียน การปลูกพืชคลุมดิน การปลูกหญ้าแบบเป็นแถบ การใช้เศษวัสดุเหลือจากต้นอ้อย การใช้เศษวัสดุที่ใช้ได้จากพืชจะไม่ค่อยให้ผลเท่าใดนัก แต่การปลูกพืชหมุนเวียนและการปลูกหญ้าเป็นแถบจะช่วยลดการสูญเสียดินได้มากกว่า โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ปลูกมันสำปะหลังและมีความลาดชัน 9 เปอร์เซ็นต์ ระบบการปลูกพืชร่วม เช่น การปลูกถั่วเหลือง-ถั่วลิสง ข้าวโพด-ถั่วเหลือง ข้าวโพด-ถั่วลิสง และข้าวฟ่าง-ถั่ว

ลิสง เป็นต้น สามารถที่จะลดอัตราการสูญเสียดินให้ต่ำลงกว่าค่าที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ 12 ตัน/เฮกตาร์/ปี สำหรับในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังและใช้ระบบการปลูกพืชร่วมจะให้ผลดังกล่าวก็ต่อเมื่อปลูกบนพื้นที่ที่มีความลาดชัน 16 เปอร์เซ็นต์ สำหรับพื้นที่ที่มีความลาดชัน 3 ถึง 8 เปอร์เซ็นต์ การไถพรวนขวางความลาดชันสามารถควบคุมการชะล้างพังทลายของดินได้ดีกว่าการปลูกพืชคลุมบนพื้นที่มีการไถพรวนขึ้นลง การปลูกพืชตระกูลถั่วและพวกหญ้าจะให้ประสิทธิภาพในการควบคุมการชะล้างพังทลายของดินได้เป็นอย่างดี

ภาคตะวันตก สำหรับในภาคตะวันตกจากการศึกษาพบว่า การสูญเสียจากพื้นที่ป่าธรรมชาติ (ดิบแล้ง) ป่าปลูก พื้นที่ปลูกข้าวโพดกับการปลูกตะไคร้แบบเป็นแถบและขั้นบันได การปลูกข้าวโพดในพื้นที่ที่มีความลาดชัน 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีการสูญเสียดินน้อยกว่า 1 ตัน/เฮกตาร์/ปี การปลูกพืชระบบวนเกษตรโดยการปลูกพืชการเกษตรร่วม ได้แก่ ฝ้าย ข้าวโพดข้าวไร่ร่วมกับไม้ป่าได้แก่ สะเดา ยูคาลิปตัส และกระถินยักษ์ สูญเสียหน้าดินประมาณ 4 ตัน/เฮกตาร์/ปี ซึ่งน้อยกว่าค่าที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าในพื้นที่ดังกล่าวมีเนื้อดินเป็น sandy clay loam ซึ่งมีอัตราการซึมน้ำที่สูง และมีค่าความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายต่ำ

ภาคใต้ จะมีปริมาณฝนตกชุกกว่าภาคอื่นๆจากการศึกษาการสูญเสียดินในแปลงทดลองที่มีความลาดชันในช่วง 30-35 เปอร์เซ็นต์พบว่า พื้นที่ที่เป็นป่าดิบชื้นมีปริมาณการสูญเสียดินเพียง 0.22 ถึง 1.05 ตัน/เฮกตาร์/ปี เท่านั้น สำหรับการปลูกยางพาราและปลูกไม้ท้องถิ่น คือ สะตอ ทั้งที่เป็นขั้นบันไดและไม่ได้ปลูกขั้นบันได มีค่าการสูญเสียดินมากกว่าค่าที่ยอมให้เกิดขึ้นได้เฉพาะในปีแรกที่ปลูกเท่านั้น แต่โดยเฉลี่ย 5 ปีค่าการสูญเสียดินจะมีค่าที่ต่ำกว่าค่าที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ ในการปลูกแบบเป็นขั้นบันไดหลังจากปีที่ 3 ไปแล้ว การสูญเสียดินจะเกิดขึ้นน้อยหรือแทบไม่เกิดขึ้นเลย

สำหรับงานวิจัยที่มีการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ที่ผ่านมายังไม่เคยมีการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินด้วยวิธีการวางแปลงทดลองร่วมกับการใช้สมการ USLE แต่มีงานวิจัยของ อานันต์ คำภีระ (2551) ที่ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ข้อมูลภูมิสารสนเทศเพื่อการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินพื้นที่ลุ่มน้ำเขาคอหงส์ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับสมการ USLE ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของพื้นที่ลุ่มน้ำมีอัตราการชะล้างพังทลายของดินในระดับรุนแรงมาก มีอัตราการสูญเสียดินมากกว่า 20 ตัน/ไร่/ปี แต่ไม่ได้มีการแยกพื้นที่ศึกษาเจาะจงลงไปแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ และนอกจากนี้ยังมีงานวิจัยในพื้นที่ใกล้เคียงกับเขาคอหงส์ คืองานวิจัยของ กิตติพงศ์ ทรงรักษ์เกียรติ์ (2549) ได้ศึกษาประเมินการชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา โดยใช้แบบจำลอง Morgan และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือในการประมวลผล พบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำมีการสูญเสียดินเท่ากับ 3,213,385 ตัน/

ปี และมีปริมาณตะกอนแขวนลอยในคลองสายที่ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาเท่ากับ 247,248 ตัน/ปี ซึ่งคิดเป็นอัตราส่วนการพัดพาของตะกอนเท่ากับร้อยละ 8.57

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาหาปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน พบว่าโดยส่วนมากผลจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณการชะล้างพังทลายของดินระหว่างพื้นที่ป่าธรรมชาติ พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่รกร้าง มีระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายที่แตกต่างกัน โดยพื้นที่ที่มีป่าและมีการอนุรักษ์จะมีปริมาณการชะล้างพังทลายของดินน้อยที่สุด ส่วนพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่รกร้างจะมีปริมาณสูงขึ้นตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าป่าไม้สามารถช่วยลดปริมาณและความรุนแรงของการเกิดการชะล้างพังทลายของดินได้ นอกจากนี้ยังพบว่าในภาคใต้มีงานวิจัยที่ศึกษาเปรียบเทียบป่าไม้กับสวนยางพาราเพียง 1 ชิ้น ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 2- 6 ซึ่งผู้วิจัยจะนำข้อมูลนี้มาประยุกต์กับการเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการวางแปลงทดลองการสูญเสียดินและน้ำ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณและระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายในพื้นที่ป่ากับพื้นที่สวนยางพาราของเขาคอหงส์ เพื่อศึกษาถึงสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 2-6 เปรียบเทียบผลการศึกษางานวิจัยการชะล้างพังทลายของดินด้วยวิธีการวางแปลง

ผู้วิจัย	ผลการศึกษา	
	ชนิดพื้นที่	อัตราการชะล้างพังทลาย (ตัน/เฮกตาร์)
ภาคเหนือ		
มนู ศรีขจร	1. ป่าธรรมชาติ	89.76
(2509)	2. ป่าที่ถูกทำลาย	136.00
จ.เชียงใหม่		
นคร สืนเสน และ	1. ปลูกข้าวไร่แบบเกษตรนิยม	87.50
ไชยสิทธิ์ เอนกสัมพันธ์	2. ทำขั้นบันไดดิน ปลูกพืชสลับบนขั้นบันได	3.12
(2534)	3. ปลูกพืชสลับเป็นแถบมีแถบหญ้ากว้าง 1 เมตร สลับทุกแถบ	6.25
จ.เชียงราย	4. ปลูกพืชสลับเป็นแถบมีแถบหญ้ากว้าง 1 เมตร สลับทุกแถบ	43.75
	5. ปลูกพืชสลับเป็นแถบมีแถบหญ้ากว้าง 2 เมตร สลับทุกแถบ	3.43
พิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์	1. ป่าเบญจพรรณ	1.99
(2534)	2. ไร่ร้าง	0.11
จ.น่าน	3. ถั่วเหลือง	2.63

ผู้วิจัย	ผลการศึกษา	
	ชนิดพื้นที่	อัตราการชะล้างพังทลาย (ตัน/เฮกตาร์)
	4. ข้าวไร่	2.69
	5. ข้าวโพด	1.39
	6. สวนสักอายุ 3 ปี	0.74
	7. พื้นที่ว่างเปล่า	13.82
นิพนธ์ ตั้งธรรม และ อภินันท์ ขอพร (2540) จ.เชียงใหม่	1. ปลูกพืชบริเวณที่ไม่มีมาตรการอนุรักษ์	31.30
	2. แปลงปลูกพืชบริเวณที่ทำคันดูขอบเขา	11.70
	3. ขั้นบันไดดินแบบต่อเนื่อง	9.60
	4. คันดินขอบเขา	8.40
	5. ขั้นบันไดดิน	5.00
จักรพงษ์ ไชยวงศ์ (2549) จ.เชียงใหม่	1. ใช้แถบหญ้าแฝกเป็นแถบอนุรักษ์	3.65
	2. ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดิน	5.88
	3. แถบหญ้าธรรมชาติเป็นแถบอนุรักษ์	3.02
วรากร สุจริต และ นิมิต พุกงาม (2551) จ.แพร่	1. ข้าวโพด 2. ถั่วเหลือง	ไม่ระบุข้อมูล
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		
มงคล วรรณประเสริฐ และอุทัย ทองมี (2536) จ.ขอนแก่น	1. แปลงปลูกสร้างสวนป่า	0.20
	2. แปลงปลูกพืชเกษตร	9.60
	3. แปลงเกษตรป่าไม้	5.90
	4. แปลงควบคุม	0.40
ศุภมิตร จารุธัญลักษณ์ (2539) จ.ขอนแก่น	1. แปลงควบคุมปล่อยว่างเปล่า	22.33
	2. แปลงปลูกพืชเกษตร	12.28
	3. แปลงวนเกษตร	9.55
	4. แปลงปลูกสร้างสวนป่า	0.74
ภาคตะวันออก		
สมคิด แก้วพรมทะ (2546) จ.ตราด	1. ยางพารา	6.19
	2. เงาะ	7.94
	3. ขนุน	5.40

ผู้วิจัย	ผลการศึกษา	
	ชนิดพื้นที่	อัตราการชะล้างพังทลาย (ตัน/เฮกตาร์)
	4. สับปะรด	19.68
	5. มะม่วงหิมพานต์	2.00
	6. ไร่ร้าง	3.24
	7. สวนป่าอินทนิล	13.13
	8. ป่าธรรมชาติ	1.07
ภาคใต้		
จารุชาติ ปราชญ์นคร	1. ป่าทดแทนรุ่นสอง	7.07
และคณะ (2544)	2. สวนยางพารา	6.89
จ.นครศรีธรรมราช	3. พื้นที่รกร้าง	2.73

จากตารางที่ 2-6 การศึกษาการชะล้างพังทลายของดินด้วยการวางแปลงทดลองในแต่ละภูมิภาคมีการเลือกประเภทของพื้นที่ศึกษาที่แตกต่างกัน ซึ่งส่วนมากจะเลือกศึกษาบนพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชเศรษฐกิจบนพื้นที่สูงที่มีโอกาสในการเกิดการชะล้างพังทลายของดินได้มาก โดยเฉพาะภาคเหนือที่การเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจส่วนมากจะปลูกบนพื้นที่สูง เนื่องด้วยสภาพภูมิประเทศส่วนมากเป็นภูเขา จึงมีงานวิจัยที่ศึกษาการชะล้างพังทลายของดินเพื่อเปรียบเทียบผลเสียหายจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์จากป่าธรรมชาติให้เป็นพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจมากกว่าภาคอื่นๆ ในขณะที่ภาคใต้ก็มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าธรรมชาติบนที่สูงเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจ คือ สวนยางพารา ซึ่งมีอยู่ทั่วไปตลอดทั้งภาค แต่กลับมีงานวิจัยที่ศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลเสียหายจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์จากป่าธรรมชาติให้เป็นพื้นที่ปลูกสวนยางพาราเพียงชิ้นเดียวเท่านั้น ทำให้ผู้วิจัยเห็นถึงความจำเป็นในการศึกษาผลเสียหายจากการใช้ประโยชน์พื้นที่ที่ไม่เหมาะสม เพื่อจะได้นำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในการตัดสินใจวางแผนการจัดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ให้เหมาะสมและยั่งยืน

2.7.3 งานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินในต่างประเทศ

จากการตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการชะล้างพังทลายของดินในต่างประเทศพบว่ามีงานวิจัยอยู่พอสมควร ผู้วิจัยได้คัดเลือกมาเฉพาะงานวิจัยที่สามารถนำมาเป็นองค์ความรู้และประยุกต์ใช้กับงานวิจัยครั้งนี้ได้ โดยมีทั้งงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อ

การเกิดการชะล้างพังทลายของดิน และการหาปริมาณการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ที่มีลักษณะแตกต่างกัน เช่น การศึกษาของ Sentis (1997) ศึกษาแบบจำลองการสูญเสียน้ำและดินจากการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่สูงในเขตร้อนประเทศเวเนซุเอลา สรุปได้ว่าการกัดเซาะของน้ำเป็นภัยคุกคามที่สำคัญในการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่สูงชันของเขตร้อน นอกจากปัจจัยที่เกี่ยวกับพื้นที่ลาดสูงแล้ว ยังมีปัจจัยที่เกี่ยวกับการเพาะปลูก ที่มีผลต่อการเร่งให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน จากการทำนายอัตราการพังทลายของดินโดยน้ำด้วยการวัดโดยตรงในแปลงทดลองการพังทลายของดิน หรือโดยการใช้แบบจำลองในพื้นที่เขตร้อนทั่วๆ ไป อาจมีความแปรปรวนเกิดขึ้น เนื่องจากขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการชะล้างพังทลายของดิน เช่น สภาพภูมิอากาศ สภาพของดิน ลักษณะพันธุ์พืชที่ปกคลุม ดังนั้นการปรับแก้สมการให้เหมาะสมกับพื้นที่จึงเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการทดลอง ซึ่งคล้ายคลึงกับการศึกษาของ Sidle และคณะ (2006) ที่ได้ศึกษาผลกระทบของการจัดการป่าในพื้นที่ลาดชันซึ่งมีผลต่อกระบวนการชะล้างพังทลายของดินในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยผลการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงป่าที่มีความลาดชันสูงเป็นพื้นที่การเพาะปลูกพืชเชิงเดี่ยวจะมีผลทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินได้ง่ายและรุนแรงกว่าการเพาะปลูกพืชเชิงผสมผสาน เพราะการเพาะปลูกพืชเชิงผสมผสานจะทำให้มีความหลากหลายของพืชพรรณที่ช่วยปกคลุมหน้าดิน ทำให้ลดความรุนแรงของน้ำไหลบ่าหน้าดินที่จะกัดเซาะหน้าดิน ในขณะเดียวกันความหลากหลายของพืชพันธุ์จะทำให้มีรากของพืชพรรณที่กระจายทั่วหน้าดิน จะช่วยในการยึดเกาะอนุภาคของดินทำให้ดินมีความแข็งแรงมากขึ้น ซึ่งก็สอดคล้องกับการศึกษาของ Misra and Teixeira (2001) ที่ศึกษาถึงความอ่อนไหวของการชะล้างพังทลาย การสึกกร่อนของโครงสร้างดินและความคงทนของดินในป่าประเทศออสเตรเลีย พบว่า ความแปรปรวนในระยะสั้นและระยะยาวของการสึกกร่อนของดิน จะแสดงออกมาในรูปของการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินตามช่วงระยะเวลา การเปลี่ยนแปลงของการสึกกร่อนของดินมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติของดินซึ่งอาจจะขึ้นกับความอ่อนไหวของโครงสร้างของดิน จากการวางแปลงทดลองการสูญเสียดินโดยน้ำเพื่อวัดปริมาณตะกอนก่อนและหลังการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน พบว่าปริมาณการสึกกร่อนของดินมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติของดิน ถ้าหากดินมีโครงสร้างแข็งแรงก็เกิดการสึกกร่อนได้ยาก ในขณะที่ดินที่มีโครงสร้างไม่แข็งแรงก็จะเกิดการสึกกร่อนได้มากกว่า

อย่างไรก็ตามการสึกกร่อนของดินไม่ได้ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของโครงสร้างดินเสมอไป แต่ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลกระทบด้วยเช่นกัน ดังเช่นการศึกษาของ Dymond และคณะ (2010) ที่ศึกษาถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงป่าเป็นพื้นที่ปศุสัตว์ในประเทศนิวซีแลนด์ ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของมวลดิน ซึ่งก่อให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินและเกิดการตกตะกอนในลำน้ำมากขึ้น การอนุรักษ์ดินที่มีประสิทธิภาพจะต้องอาศัยแบบจำลองที่สามารถหาปริมาณการชะล้าง

พังทลายของดินและปริมาณตะกอนในพื้นที่ที่แตกต่างกันได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอแบบจำลองในการหาปริมาณตะกอนที่เกิดจากการชะล้างพังทลายของดิน ซึ่งมีปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์โดยประยุกต์ใช้กับ GIS คือปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี พืชพันธุ์ที่ปกคลุม และลักษณะของภูมิประเทศ ทำให้สามารถหาอัตราการพัดพาของตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำได้

สำหรับการศึกษาของ Hartanto และคณะ (2003) ได้ศึกษาถึงปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินที่มีผลต่อการชะล้างพังทลายของดิน เพื่อนำไปสู่การจัดการป่าที่ยั่งยืนในประเทศอินโดนีเซีย โดยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินจากแปลงทดลองการสูญเสียน้ำและดินจำนวน 14 แปลง ในพื้นที่ โดยแบ่งเป็นพื้นที่ป่าที่ถูกรบกวนจากการทำเกษตรกรรมที่มีความลาดชันปกติ 4 แปลง พื้นที่ลาดชันสูง 6 แปลง และพื้นที่ป่าที่ไม่ถูกรบกวน 4 แปลง ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ป่าที่ถูกรบกวนจากการทำการเกษตรที่มีความลาดชันสูงมีอัตราการชะล้างพังทลายสูงสุด ตามด้วยพื้นที่ลาดชันต่ำ และพื้นที่ป่าที่ไม่ถูกรบกวนตามลำดับ

การศึกษาของ Arna´ez และคณะ (2004) ที่ศึกษาปริมาณการชะล้างพังทลายของดินโดยน้ำจากการก่อสร้างถนนลาดยางในพื้นที่ป่าทางภาคเหนือของสเปน โดยวางแปลงทดลองการสูญเสียดินโดยน้ำใน 3 บริเวณ คือ บริเวณข้างถนนที่มีการยกสูง 6 แปลง บริเวณข้างถนนที่ระดับปกติ 10 แปลง และบริเวณถนนที่มีการตัดพื้นที่ 12 แปลง พบว่าพื้นที่ที่มีการตัดถนนมีการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายของดินโดยน้ำมากที่สุด ซึ่งสรุปได้ว่าการปรับเปลี่ยนพื้นป่าเพื่อทำถนนที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน โดยเฉพาะพื้นที่ป่าที่มีการตัดถนนจะทำให้เกิดความลาดชันของพื้นที่สูง และสูญเสียต้นไม้และพืชคลุมดินเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายได้ง่ายกว่าพื้นที่อื่นที่มีความชันต่ำกว่าและมีพืชพรรณมากกว่า

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในประเทศใกล้เคียงกับประเทศไทย อย่างประเทศมาเลเซียที่สามารถพบการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินได้ง่าย อย่างการศึกษาของ Andreas และคณะ (2008) ได้ศึกษาการชะล้างพังทลายของดินจากการทำไร่เลื่อนลอยในเมืองซาราวัก ซึ่งเลือกศึกษาเปรียบเทียบในพื้นที่การใช้ประโยชน์ 3 ประเภท ได้แก่ ไร่ข้าว ไร่พริกไทย และป่าธรรมชาติ ในช่วงความลาดชัน 25-50 องศา โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อการชะล้างพังทลายของดินทางเคมี เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนในดิน และนำมาประยุกต์ใช้กับเทคนิคไอโซโทป ^{137}Cs พบว่า หน้าดินในพื้นที่ป่าจะมีคาร์บอนในดินสูงถึง 50% แต่เมื่อถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นไร่เลื่อนลอย ได้แก่ ไร่ข้าว และไร่พริกไทย จนเกิดการสูญเสียของหน้าดิน ทำให้คาร์บอนในดินลดลงเหลือเพียง 18% และ 35% ตามลำดับ ซึ่งทำให้เห็นถึงความสำคัญของการใช้ประโยชน์พื้นที่ไม่เหมาะสม อันจะนำไปสู่การทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการดำเนินการใช้ประโยชน์ใดๆ ไม่ควรคำนึงเพียงแค่เรื่องของความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม แต่ต้องพิจารณาด้วยว่าโครงการนั้นมี

ประโยชน์มากกว่าบริการของสิ่งแวดล้อมหรือไม่ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ David และคณะ (1996) ที่ได้ทำการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากการเพาะปลูกในพื้นที่สูงบนคาเมรอน ไฮแลนด์ โดยใช้วิธีการด้านระบบภูมิสารสนเทศร่วมกับแผนที่ภาพประกอบ พบว่าโดยปกติพื้นที่ที่มีการประกอบกิจกรรมโดยทั่วไปจะมีการชะล้างพังทลายของดินเท่ากับ 24 ตัน/เฮกตาร์/ปี แต่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงไปใช้ประกอบกิจกรรมหรือโครงการขนาดใหญ่ เช่น สวนผัก และฟาร์มไก่ เป็นต้น จะทำให้มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินสูงถึง 155 ตัน/เฮกตาร์/โครงการ และนำไปสู่การเกิดการทับถมของตะกอนในแหล่งน้ำและอ่างเก็บน้ำ ซึ่งสามารถประเมินความเสียหายที่เกิดขึ้นได้เท่ากับ 2 พันล้านบาท หรือคิดเป็น 4% ของรายได้จากผลผลิตทั้งหมดจากโครงการต่างๆ บนคาเมรอน ไฮแลนด์ ซึ่งนอกจากผลกระทบของสิ่งแวดล้อมในเชิงปริมาณที่เกิดขึ้นแล้ว ยังมีผลกระทบเชิงคุณภาพเกิดขึ้นด้วย เช่น ผลกระทบด้านสุขภาพที่เกิดจากสารเคมีในแหล่งน้ำบริโภคและอุปโภค ผลกระทบด้านการดำเนินชีวิตประจำวันที่ต้องสูญเสียรูปแบบการใช้ชีวิตในแบบเดิมเมื่อสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป และผลกระทบด้านการการท่องเที่ยว เป็นต้น

ยังมีการศึกษาของ Ghulam และคณะ (1995) ที่ได้ศึกษากระบวนการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่ลาดชันในชายฝั่งตะวันออกของเปนินซูลาร์ บนพื้นที่ขนาด 485 เฮกตาร์ ซึ่งมีความลาดชัน 17.6 % โดยวิธีการวางแปลงทดลองขนาดใหญ่ยาว 50 เมตร ตามเส้นทางของพื้นที่จำนวน 4 แปลง และแปลงทดลองขนาดเล็กยาว 5 เมตร บนพื้นที่เปิดโล่งที่สร้างขึ้นจำนวน 1 แปลง พบว่าพื้นที่มีการชะล้างพังทลายของดินทั้ง 4 แปลงใหญ่ เท่ากับ 104.48 5.03 16.87 1.55 ตัน/เฮกตาร์ และแปลงบนพื้นที่เปิดโล่ง เท่ากับ 181.06 ตัน/เฮกตาร์ โดยพื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายดินมากสุดใน 4 แปลงใหญ่ จะเป็นพื้นที่ที่มีพืชปกคลุมอยู่น้อย เนื่องมาจากมีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ มากที่สุด และพื้นที่ป่าดั้งเดิมที่ไม่มีการดำเนินกิจกรรมใดๆ จะมีอัตราการชะล้างพังทลายของดินน้อยที่สุด เห็นได้ว่าการใช้ประโยชน์พื้นที่ที่ไม่เหมาะสมบนพื้นที่สูงนั้นจำเป็นต้องมีการจัดการที่ดี เพื่อลดหรือทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อันจะนำไปสู่การจัดการสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนต่อไป

สรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อการชะล้างพังทลายของดินที่สำคัญ คือ จำนวนชนิดและปริมาณของต้นไม้และพืชคลุมดินในป่า หากพื้นที่ป่านั้นมีชนิดและปริมาณของพืชพันธุ์มากก็สามารถช่วยลดความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินได้ เพราะต้นไม้และพืชคลุมดินช่วยชะลอความแรงของเม็ดฝน และชะลอการเกิดและความแรงของน้ำไหลบ่าน้ำหน้าดิน ดังนั้นการจัดการป่าและการใช้ประโยชน์พื้นที่ที่ดีจึงมีความสำคัญต่อการลดปริมาณการชะล้างพังทลายของดินได้ ซึ่งการศึกษานี้มีความใกล้เคียงกับ

อย่างไรก็ตาม การศึกษาถึงกระบวนการชะล้างพังทลายของดินในปัจจุบันยังไม่ประสบความสำเร็จในแง่ของการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งการศึกษาถึงข้อจำกัดของการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินของ Boardman (2006) กล่าวไว้ว่า ในปัจจุบันการศึกษาถึงการชะล้างพังทลายนั้นจะไม่ได้มองอย่างครอบคลุม แต่เป็นการศึกษาแบบแยกส่วนไม่ได้นำเอาความสัมพันธ์ของสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการชะล้างพังทลายของดินมาเชื่อมโยงกัน ซึ่งการศึกษาที่จะก่อให้เกิดประสิทธิภาพนั้นควรจะมีการศึกษาแบบบูรณาการ โดยควรศึกษาตั้งแต่ที่มาของปัญหาการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดขึ้นว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร เพราะใคร และเมื่อปัญหาเกิดขึ้นแล้วจะมีผลกระทบอะไรบ้าง ผลกระทบนั้นมีจะส่งผลเสียหายไปแก่ใคร ทั้งผู้ที่ได้รับผลกระทบในปัจจุบันและผู้ที่จะได้รับผลกระทบในอนาคต และผลเสียหายนั้นคิดเป็นมูลค่าเท่าไร และจะมีวิธีการจัดการอย่างไร ซึ่งหากมีการนำเสนอข้อมูลหรือศึกษาในลักษณะที่กล่าวมาข้างต้นนี้ จะทำให้เพิ่มประสิทธิภาพของการศึกษาวิจัยและนักวิจัยได้มากขึ้น และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาประเมินค่าที่เกี่ยวข้องกับการชะล้างพังทลายของดินในต่างประเทศ พบว่าการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินโดยน้ำนั้นมีความอ่อนไหวได้ง่าย ขึ้นกับลักษณะของการศึกษา และปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการชะล้างพังทลายดินโดยตรง ซึ่งบางครั้งผลการศึกษาอาจจะมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง และยังมีข้อเสนอแนะให้มีการประเมินมูลค่าผลเสียหายจากการชะล้างพังทลายของดินด้วย ทำให้ผู้วิจัยได้แนวทางในการเลือกวิธีการศึกษาที่ต้องมีค่าปัจจัยต่างๆ ใกล้เคียงกัน เพื่อลดความผิดพลาดในการประเมินการชะล้างพังทลายของดินในงานวิจัยครั้งนี้ให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด และนำข้อมูลจากการประเมินการสูญเสียดินมาคิดเป็นมูลค่าความเสียหายต่อไป

2.7.4 งานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์

จากการตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากการชะล้างพังทลายของดิน พบว่ามีอยู่น้อยมาก เช่น งานวิจัยของ อานุช คีรีรัฐนิคม และ สุธาสินี โพธิสุนทร (2552) ศึกษาการสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการพังทลายของดินในพื้นที่ปลูกยางพารา อ.ตะโหมด จ.พัทลุง ศึกษาใน 3 พื้นที่ที่มีความลาดชันแตกต่างกัน คือพื้นที่ที่มีความลาดชัน 37.23 46.89 และ 52.69% โดยวิธีใช้หมุดปักเป็นระยะเวลา 1 ปี ในปี 2551 ผลการศึกษาพบว่า สวนยางพาราที่มีความลาดชัน 52.69% มีการสูญเสียดินสูงถึง 137.6 ตัน/เฮกตาร์/ปี ซึ่งถือว่าเป็นการสูญเสียดินระดับสูงตามเกณฑ์การแบ่งอัตราการสูญเสียดินของกรมพัฒนาที่ดิน รองลงมาคือ สวนยางพาราที่มีความลาดชัน 46.89% และ 37.23% มีปริมาณการสูญเสียดิน 80.1 และ 60.2 ตัน/เฮกตาร์/ปี ตามลำดับ ซึ่งถือว่าเป็นการสูญเสียดินระดับปานกลาง และพบว่าสวน

ยางพาราที่มีความลาดชัน 52.69% มีการสูญเสียธาตุอาหารรวมเฉลี่ยต่อปีมากที่สุด 238.31 กิโลกรัม/เฮกตาร์ เมื่อนำมาคิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจด้วยการใช้วิธีราคาตลาด โดยการเปรียบเทียบราคาธาตุอาหารให้เท่ากับราคาแม่ปุ๋ย ซึ่งราคาธาตุอาหารไนโตรเจนจะเปรียบเทียบกับปุ๋ยยูเรีย ธาตุอาหารฟอสฟอรัสเปรียบเทียบกับปุ๋ยทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต และธาตุอาหารโพแทสเซียมเปรียบเทียบกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ คิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจเท่ากับ 3,097.50 บาท/เฮกตาร์/ปี รองลงมาคือ สวนยางพาราที่มีความลาดชัน 46.89% และ 37.23% การสูญเสียรวมธาตุอาหารเท่ากับ 154.9 และ 82.6 กิโลกรัม/เฮกตาร์ คิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจเท่ากับ 1,933.01 และ 1,111.95 บาท/เฮกตาร์/ปี ตามลำดับ

พิสบุษ์ จัตวาพรวนิช (2531) ได้ทำการศึกษาความสมดุลของน้ำ และการพัดพาดินตะกอนตลอดจนธาตุอาหารพืชที่สำคัญในพื้นที่ลุ่มน้ำแกแล อ.บ้านค่าย จ.น่าน โดยการสังเกตและการเก็บข้อมูลเป็นรายครั้งของพายุฝนที่ตก พบว่าการพัดพาตะกอนจมและตะกอนแขวนลอยมีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูงกับปริมาณน้ำท่าทั้งหมด น้ำท่าทั้งหมดยังสัมพันธ์กับการสูญเสียดิน เพราะปริมาณของน้ำท่าจะมีอิทธิพลต่อการกัดเซาะหน้าดินและพัดพาตะกอนดิน ส่วนการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดินก็มีความสัมพันธ์กับน้ำท่าในลักษณะเดียวกัน การสูญเสียธาตุอาหารทั้งหมดเมื่อนำมาคิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจในรูปปุ๋ยที่สูญเสียเป็นจำนวนเงินด้วยการใช้วิธีราคาตลาด โดยการเปรียบเทียบราคาธาตุอาหารให้เท่ากับราคาแม่ปุ๋ย ซึ่งราคาธาตุอาหารไนโตรเจนจะเปรียบเทียบกับปุ๋ยยูเรีย ธาตุอาหารฟอสฟอรัสเปรียบเทียบกับปุ๋ยทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต และธาตุอาหารโพแทสเซียมเปรียบเทียบกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ มีมูลค่าเท่ากับ 14,831 บาท/ปี หรือ 93.20 บาท/ไร่/ปี

วุฒิพงศ์ อาจริยอาจอง (2543) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจของการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยระบบวนเกษตร เพื่อป้องกันการกร่อนของดิน กรณีศึกษา ลุ่มน้ำสุ กระจายใน 3 อำเภอ ได้แก่ อ.น้ำหนาว จ.เพชรบูรณ์ อ.คอนสาร จ.ชัยภูมิ และ อ.ภูผาม่าน จ.ขอนแก่น โดยการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตพืชในกรณีไม่มีและมีโครงการใน 1 ปี พบว่า กรณีไม่มีโครงการคือ การปลูกข้าวโพดอย่างเดียวมีมูลค่าผลผลิตสุทธิเท่ากับ 3,427.24 บาท กรณีมีโครงการคือ การปลูกพืชใน 2 ระบบ ได้แก่ข้าวโพดกับไม้สักมีมูลค่าผลผลิตสุทธิเท่ากับ 108,111.39 บาท และการปลูกข้าวโพดกับหญ้าแฝกมีมูลค่าผลผลิตสุทธิเท่ากับ 1,166.31 บาท ซึ่งผลการศึกษานี้ทำให้เห็นถึงความคุ้มค่าในการทำการเกษตรระบบวนเกษตรมีมากกว่าการทำการเกษตรแบบเชิงเดี่ยว

ประกายดาว ทรายคำ (2551) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของการเกษตรบนพื้นที่สูงต่อการชะล้างพังทลายของดิน จ.น่าน โดยการเลือกพื้นที่ทำกินแปลงที่ใหญ่ที่สุดของชุมชนขนาด 1 ไร่ เพื่อเก็บตัวอย่างดิน และทำการสุ่มเลือกตามระดับความลาดชันของพื้นที่ แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ 0-

11%, 12-20%, 21-35% และ 35% ขึ้นไป ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ที่มีความลาดชันดินมากที่สุด คือ 35% ขึ้นไป เป็นพื้นที่ปลูกกะหล่ำปลี มีการสูญเสียดินมากที่สุดเท่ากับ 30.5300 ตัน/ไร่/ปี ความรุนแรงอยู่ในระดับรุนแรง และพื้นที่ที่มีความลาดชันดิน 21-35% เป็นพื้นที่ไร่ร้าง มีการสูญเสียดินน้อยที่สุดเท่ากับ 0.0009 ตัน/ไร่/ปี ความรุนแรงอยู่ในระดับน้อยมาก และมีปริมาณดินที่สูญเสียรวมจากการทำการเกษตรเท่ากับ 4,100.81 ตัน/ปี มีการสูญเสียธาตุอาหารไนโตรเจน 70.7670 กิโลกรัม/ไร่/ปี ฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.000023 กิโลกรัม/ปี โดยมูลค่าสูญเสียทางเศรษฐกิจที่คิดจากการที่เกษตรกรต้องซื้อปุ๋ยที่สูญเสียไปมาเติมดินเพื่อเพิ่มผลผลิตมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 0.05 บาท/ไร่/ปี มากที่สุด 2,247.70 บาท/ไร่/ปี

จากงานวิจัยข้างต้นที่กล่าวมา ทุกงานวิจัยจะใช้วิธีการศึกษาการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากการชะล้างพังทลายของดินที่แตกต่างกันตามวัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย แต่ก็ไม่ได้กล่าวถึงรายละเอียดในส่วนของการเลือกวิธีการประเมินและการคำนวณมูลค่าไว้อย่างชัดเจน ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงได้กล่าวถึงการเลือกประเมินมูลค่าการสูญเสียจากผลเสียหายของการชะล้างพังทลายของดินไว้อย่างละเอียด เพื่อให้ข้อมูลของการเลือกวิธีการประเมินและการคำนวณมูลค่ามีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ในส่วนของงานวิจัยในต่างประเทศนั้น Casasnovas and Ramos (2006) ได้ศึกษามูลค่าที่ต้องสูญเสียไปจากการทำไร่องุ่นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศสเปน ซึ่งผลการศึกษาพบว่าจากการทำไร่องุ่นในพื้นที่ลาดชันจะต้องมีการยกร่องของไร่องุ่นเป็นแนวตั้งฉากกับความลาดชัน เมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูมรสุมจะทำให้เกิดฝนตกหนักเป็นผลให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินในบริเวณร่องของไร่องุ่น และตะกอนดินบางส่วนก็ถูกพัดพาไปทับถมในทางระบายน้ำ ทำให้ต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายในการขุดลอก ในขณะเดียวกันดินที่ชะล้างพังทลายลงมาทำให้เกิดการสูญเสียของธาตุอาหารไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) ซึ่งมูลค่าของการสูญเสียธาตุอาหารเหล่านี้มีมูลค่าเท่ากับ 5.4% ของรายได้ทั้งหมดจากการขายองุ่นที่เกษตรกรต้องสูญเสียไป

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยด้านเศรษฐศาสตร์เกี่ยวกับการชะล้างพังทลายของดิน ดังเช่นงานวิจัยของ Bandara และคณะ (2001) ที่ศึกษาถึงต้นทุนสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการชะล้างพังทลายของดินในประเทศศรีลังกา โดยพิจารณาด้านภาษีและนโยบาย สรุปได้ว่าผลกระทบจากการสูญเสียดินโดยเฉพาะการชะล้างพังทลายก่อให้เกิดความเสียหายกับประเทศที่กำลังพัฒนาในหลายๆ ประเทศ ซึ่งประเทศศรีลังกาได้มีการดำเนินการปฏิรูปนโยบายที่หลากหลาย เพื่อขับเคลื่อนตลาดเศรษฐกิจของประเทศให้ทัดเทียมกับตลาดโลก โดยตระหนักถึงปัญหาความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อม และการใช้ทรัพยากรที่ยั่งยืน ซึ่งผลกระทบจากการชะล้างพังทลายจำนวนมากมาจากผลของการปรับเปลี่ยนนโยบายด้านเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งการพัฒนาระบบเศรษฐกิจมี

ความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนกับการเกิดการชะล้างพังทลาย ซึ่งการพัฒนาการวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงนโยบายด้านเศรษฐกิจของประเทศศรีลังกาในครั้งนี้ ได้นำมาหาความสัมพันธ์กับการเกิดการชะล้างพังทลาย ซึ่งมีการวิเคราะห์ 3 ประเด็นที่สำคัญ คือ 1) อัตราการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดในประเทศศรีลังกา 2) การเปิดการค้าเสรีและการปฏิรูปนโยบายเพิ่มรายได้ประชาชาติส่งผลต่อการเกิดการชะล้างพังทลาย และ 3) ขณะที่เปิดการค้าเสรีควรมีการเพิ่มนโยบายด้านภาษีเงินอุดหนุน หรือสิ่งจูงใจ ที่ช่วยลดอัตราการชะล้างพังทลายของดิน

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากการชะล้างพังทลายของดิน ทุกงานวิจัยทำการประเมินมูลค่าของการสูญเสียออกมาเพียงด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น เช่น ประเมินมูลค่าการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยใช้วิธีตลาดเทียบกับราคาปุ๋ยอินทรีย์ หรือการลดลงของผลผลิตโดยเทียบกับรายได้จากผลิตที่ลดลง แต่ในความเป็นจริงผลกระทบหรือความเสียหายจากการชะล้างพังทลายของดินนั้นไม่ได้มีเพียงด้านเดียว ผู้วิจัยจึงได้แนวคิดในการที่จะประเมินมูลค่าการสูญเสียจากการชะล้างพังทลายของดินให้ครอบคลุมมากขึ้น ซึ่งจะทำให้มูลค่าที่ได้เป็นมูลค่าการสูญเสียของสิ่งแวดล้อมที่แท้จริงมากขึ้น

ผลจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดทั้งงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน การประเมินการชะล้างพังทลายของดิน และการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ เมื่อนำมาเปรียบเทียบถึงลักษณะและวิธีการในการศึกษา ได้ผลแสดงดังตารางที่ 2-7

ตารางที่ 2-7 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการชะล้างพังทลายของดิน

ผู้แต่ง	การชะล้างพังทลายดิน			วิธีการ
	ด้านปัจจัย	ด้านประเมินปริมาณ	ด้านประเมินมูลค่าการสูญเสีย	
มนู ศรีขจร (2509)	-	✓	-	-วางแปลงทดลอง
วารินทร์ จิระสุขทวีกุล (2526)	✓	-	-	-ประยุกต์ใช้แบบจำลอง
สุนทร รัชฎาวงษ์ และคณะ (2526)	✓	-	-	-วางแปลงทดลอง
ชลาทร ศรีตุลานนท์ และคณะ (2528)	✓	-	-	-ประยุกต์ใช้แบบจำลอง
พิสบุษ์ จัตวาพรวนิช (2531)	-	✓	✓	-รวบรวมข้อมูล -ราคาตลาด

ผู้แต่ง	การชะล้างพังทลายดิน			วิธีการ
	ด้านปัจจัย	ด้านประเมินปริมาณ	ด้านประเมินมูลค่าการสูญเสีย	
นคร สืนเสน และไชยสิทธิ์ เอนกสัมพันธ์ (2534)	✓	-	-	-วางแปลงทดลอง
พิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์ (2534)	-	✓	-	-วางแปลงทดลอง
มงคล วรรณประเสริฐ และอุทัย ทองมี (2536)	-	✓	-	-วางแปลงทดลอง
กฤษณะ เวชพร (2539)	✓	✓	-	-เปรียบเทียบข้อมูล
ศุภมิตร จารุธัญลักษณ์ (2539)	-	✓	-	-วางแปลงทดลอง
นิพนธ์ ตั้งธรรม และอภินันท์ ขอพร (2540)	-	✓	-	-วางแปลงทดลอง
วุฒิพงศ์ อาจริยอาจอง (2543)	-	-	✓	-วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน
จารุชาติ ปราชญ์นคร และคณะ (2544)	-	✓	-	-วางแปลงทดลอง
สมคิด แก้วพรมทะ (2546)	-	✓	-	-วางแปลงทดลอง
กรมพัฒนาที่ดิน (2547)	✓	✓	-	-รวบรวมข้อมูลจากงานวิจัย
จักรพงษ์ ไชยวงศ์ (2549)	-	✓	-	-วางแปลงทดลอง
ประกายดาว ทรายคำ (2551)	-	✓	✓	-รวบรวมข้อมูล -ราคาตลาด
วรากร สุจริต และนิมิต พุกงาม (2551)	✓	-	-	-วางแปลงทดลอง
อานุช คีรีรัฐนิคม และสุธาสินี โพธิสุนทร (2552)	-	✓	✓	-วัดความสูงหน้าดิน -ราคาตลาด

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกิดประโยชน์ต่อผู้วิจัยเป็นอย่างมากในการกำหนดแนวทางและความสำคัญในการวิจัย ซึ่งพบว่าการศึกษาการประเมินการชะล้างพังทลายของดินโดยส่วนมากจะศึกษาด้านประเมินปริมาณ และมีการศึกษาเพียงไม่กี่ชิ้นที่ได้ศึกษาต่อไปถึงการประเมินด้านมูลค่าของผลกระทบอันก่อให้เกิดความเสียหายจากการชะล้างพังทลาย ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งที่สำคัญต่อการประเมินคุณค่าของทรัพยากรสิ่งแวดล้อมให้ได้ออกมาเป็นคุณค่าที่แท้จริงมากที่สุด

การประเมินมูลค่าความเสียหายจากผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินจึงควรประเมินออกมาให้ครอบคลุมทุกๆ ด้าน ทั้งด้านกายภาพ ชีวภาพ คุณค่าการใช้ประโยชน์ และคุณภาพชีวิต ในขณะเดียวกันวิธีการในการศึกษาก็ควรเป็นวิธีที่มีความน่าเชื่อถือและมีข้อผิดพลาดน้อยที่สุด ตั้งแต่การเลือกพื้นที่ศึกษาและวางแปลงทดลอง ขนาดของแปลงทดลอง และการประเมินการชะล้างพังทลายของดิน ผลจากการทบทวนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดที่กล่าวมานี้ทำให้ผู้วิจัยได้วิธีการดำเนินการวิจัย ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดต่อไปในบทที่ 3

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในส่วนของวิธีการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยจะกล่าวถึงรายละเอียดของการวิจัยตามลำดับขั้นตอนการวิจัย ซึ่งแบ่งออกได้เป็นขั้นตอนต่างๆ (ภาพที่ 3-1) ได้แก่ การวางแปลงทดลอง การเก็บตัวอย่างด้านปริมาณน้ำฝนและการชะล้างพังทลายของดิน การวิเคราะห์ข้อมูลด้านปริมาณและผลกระทบจากการชะล้างพังทลายของดิน และการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ โดยมีรายละเอียดของการวิจัยในแต่ละขั้นตอนดังนี้

3.1 การเลือกพื้นที่ในการวางแปลงทดลอง

3.1.1 การเลือกประเภทของพื้นที่วางแปลงทดลอง

ปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งในการเกิดการชะล้างพังทลายของดินคือลักษณะของการใช้ประโยชน์พื้นที่นั้นๆ สำหรับเขาคอหงส์มีงานวิจัยของ น้ำฝน พลอยนิลเพชร (2555) ศึกษาและแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ของพื้นที่เขาคอหงส์ไว้ ดังแสดงในตารางที่ 3-1

ผู้วิจัยต้องการวางแปลงทดลองในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ ตามงบประมาณ เวลา และกำลังคนที่มี เนื่องจากการเก็บข้อมูลต้องเก็บทุกวันที่มีฝนตก ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้ว พบว่าบริเวณที่เป็นพื้นที่ป่าดั้งเดิมการเข้าถึงเพื่อเก็บปริมาณน้ำฝนและปริมาณตะกอนดินในกรณีที่มีการวางแปลงทดลองทำได้ยากและใช้เวลานาน เนื่องจากพื้นที่ป่าดั้งเดิมจะมีพืชพรรณปกคลุมหนาแน่นและพบอยู่มากบริเวณเนินเขาถึงปลายยอดภูเขา ซึ่งในวันที่มีฝนตกจะทำให้การเดินทางค่อนข้างมีความอันตราย เดินทางได้ลำบาก และต้องใช้เวลาในการเดินทางมากกว่า 3 ชั่วโมง ทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถวางแปลงทดลองบนพื้นที่ป่าดั้งเดิมได้

ส่วนพื้นที่ป่าทดแทน พื้นที่สวนยางพารา และพื้นที่เปิดโล่ง สามารถเข้าถึงได้ง่าย การเดินทางค่อนข้างจะสะดวก และใช้เวลาไม่นานมาก ถึงแม้จะมีฝนตกก็ยังดำเนินการเก็บตัวอย่างได้ ผู้วิจัยจึงเลือกวางแปลงทดลองบนพื้นที่ทั้ง 3 ประเภทนี้

สำหรับพื้นที่เขตอาคารสถานที่ ถ้าหากเป็นบริเวณที่สร้างอาคารปกคลุมพื้นที่แล้วก็ไม่สามารถวางแปลงทดลองได้ ส่วนบริเวณนอกอาคารก็อาจจะจัดว่าเป็นพื้นที่โล่งได้ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทนี้บนเขาคอหงส์มีเพียงร้อยละ 1.38 ของพื้นที่ทั้งหมดเท่านั้น ผู้วิจัยจึงไม่ศึกษาในครั้งนี้

การวางแปลงทดลอง

วางแปลงทดลอง 3 พื้นที่ คือสวนยางพารา, ป่าทดแทน และพื้นที่โล่ง พื้นที่ละ 3 แปลง

(ความลาดชัน 18-21 %)

⇩

การเก็บตัวอย่างด้านปริมาณน้ำฝน

เก็บตัวอย่างปริมาณน้ำฝนในวันที่มีฝนตก (14.00 น.) ทุกวัน ตลอดช่วงการทดลอง (พฤศจิกายน 2554-มกราคม 2555)

⇩

การเก็บตัวอย่างดินจากแปลงทดลอง

1. เก็บตัวอย่างดินบนทั้ง 3 พื้นที่ จำนวน 1 ครั้ง ก่อนช่วงการทดลอง (กันยายน 2554)

เพื่อส่งวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดิน (N P K)

2. เก็บตัวอย่างดินล่างทั้ง 3 พื้นที่ จำนวน 1 ครั้ง ก่อนช่วงการทดลอง (กันยายน 2554)

เพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการซึมซับน้ำของดิน

3. เก็บตัวอย่างตะกอนดินทุกวันที่มีฝนตก (14.00 น.) ตลอดช่วงการทดลอง

(พฤศจิกายน 2554-มกราคม 2555) เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณตะกอนดิน

⇩

วิเคราะห์ข้อมูลด้านปริมาณการชะล้างพังทลาย

1. แทนค่าสมการ A = RKLSCP

2. คำนวณอัตราการชะล้างพังทลาย

3. จัดระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลาย

⇩

วิเคราะห์ข้อมูลผลกระทบจากการชะล้างพังทลาย

1. หาค่าปริมาณการสูญเสียดิน

2. หาค่าปริมาณตะกอนในลำน้ำ (SDR) และในอ่างเก็บน้ำ

3. หาค่าปริมาณอินทรียวัตถุที่สูญเสีย

⇩

ประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์

1. วิเคราะห์และกลั่นกรองผลกระทบจากการชะล้างพังทลายของดิน

2. มูลค่าการสูญเสียหน้าดินจากการชะล้างพังทลาย

3. มูลค่าการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ธาตุอาหาร N P K)

4. มูลค่าการสูญเสียจากการทับถมของตะกอนในอ่างน้ำจนเกิดการตื้นเขิน

⇩

สรุปผลการศึกษา

1. ปริมาณการชะล้างพังทลาย

2. มูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากการชะล้างพังทลาย

ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ตารางที่ 3-1 จำแนกประเภทการใช้ประโยชน์พื้นที่บนเขาคอหงส์

พื้นที่	จำนวน (ไร่)	ร้อยละของพื้นที่
ป่าดั้งเดิม	1,548.26	20.43
ป่าทดแทน	2,824.88	37.28
สวนยางพารา	2,757.35	36.39
เปิดโล่ง	342.29	4.52
เขตอาคารสถานที่	104.82	1.38

3.1.2 การเลือกความลาดชันของพื้นที่ในการวางแปลงทดลอง

ในการเลือกความลาดชันของพื้นที่ในการวางแปลงทดลอง ผู้วิจัยได้สำรวจและวัดความลาดชันของพื้นที่ทั้ง 3 ประเภทที่จะทำการศึกษา ได้แก่ พื้นที่ป่าทดแทน พื้นที่ยางพารา และพื้นที่เปิดโล่ง เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยที่ต้องการจะศึกษาถึงผลกระทบของการใช้ประโยชน์พื้นที่สูงที่ไม่เหมาะสมในการปลูกยางพาราบนเขาคอหงส์ ผู้วิจัยจึงคัดเลือกพื้นที่วางแปลงทดลองที่มีความลาดชันต่ำกว่า 35 % เท่านั้น เนื่องจากพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงกว่า 35% ตามหลักการใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่สูงตามลักษณะความลาดชันของพื้นที่ของกรมพัฒนาที่ดิน (2533) นั้นไม่เหมาะสมแก่การทำการเกษตร และควรเก็บไว้เป็นพื้นที่ป่าเท่านั้น ผู้วิจัยจึงไม่นำความลาดชันที่สูงกว่า 35% นั้นมาพิจารณา ในขณะเดียวกันเพื่อให้ได้ความถูกต้องในการใช้สมการเพื่อประเมินการชะล้างพังทลายดินตามที่ สมเจตน์ จันทวัฒน์ (2526) ได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 2.7.2 เกี่ยวกับพื้นที่ศึกษาว่าควรมีช่วงความลาดชันของพื้นที่อยู่ในช่วงไม่น้อยกว่า 3-18% ตามแปลงทดลองมาตรฐาน แต่จากการสำรวจพื้นที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ พบว่าโดยส่วนมากความลาดชันของพื้นที่ทั้ง 3 ประเภท อยู่ในช่วง 18-21 % ซึ่งเป็นความลาดชันที่สูงที่สุดของพื้นที่ศึกษา ผู้วิจัยจึงเลือกความลาดชันในช่วง 18-21% นี้ในการวางแปลงทดลอง

3.1.3 การเลือกจำนวนของแปลงทดลอง

เพื่อให้การทดลองเป็นตัวแทนที่ดีของพื้นที่ศึกษา และมีความน่าเชื่อถือตามหลักวิชาการการวางแปลงทดลองควรมีการวางแปลงซ้ำอย่างน้อย 3 แปลงทดลองต่อพื้นที่ศึกษา ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกวางแปลงทดลองในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าทดแทน พื้นที่สวนยางพารา และพื้นที่เปิดโล่ง พื้นที่ละ 3 แปลง โดยวางแปลงทดลองแบบกระจายกันในแต่ละพื้นที่ที่สามารถเข้าถึง

และใช้วางแปลงทดลองได้ รวมทั้งหมด 9 แปลง โดยมีพิกัดของพื้นที่ป่าทดแทน 3 แปลง คือ (666752 , 774950) (666804 , 775056) และ (666933 , 773841) พื้นที่สวนยางพารา 3 แปลง คือ (666899 , 774063) (667347 , 774361) และ (666945 , 774118) และพื้นที่เปิดโล่ง 3 แปลง คือ (666410 , 774445) (666519 , 774367) และ (666592 , 774411) ดังแสดงในภาพที่ 3-2

3.1.4 การเลือกขนาดและโครงสร้างของแปลงทดลอง

ผู้วิจัยได้เลือกขนาดและโครงสร้างของแปลงทดลอง โดยการพิจารณาตามหลักการที่ เกษม จันทร์แก้ว (2539) ได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 2.2.2 เกี่ยวกับการสร้างแปลงทดลองเพื่อเก็บตะกอนดินควรใช้ขนาดของแปลงทดลองในช่วงประมาณ 2x10 ถึง 4x20 เมตร ซึ่งไม่ควรจะใช้แปลงที่มีขนาดเล็กกว่าหรือใหญ่กว่านี้ เพราะจะมีผลต่อการทำให้เกิดข้อผิดพลาดเกี่ยวกับการเป็นตัวแทนที่ดี ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง ผู้วิจัยจึงได้นำหลักการนี้มาพิจารณาร่วมกับระยะเวลา งบประมาณ และกำลังคนที่มีอยู่จำกัด[1] ทำให้ได้ขนาดของแปลงทดลองที่เหมาะสมกับการศึกษาครั้งนี้ คือ 4x12 เมตร

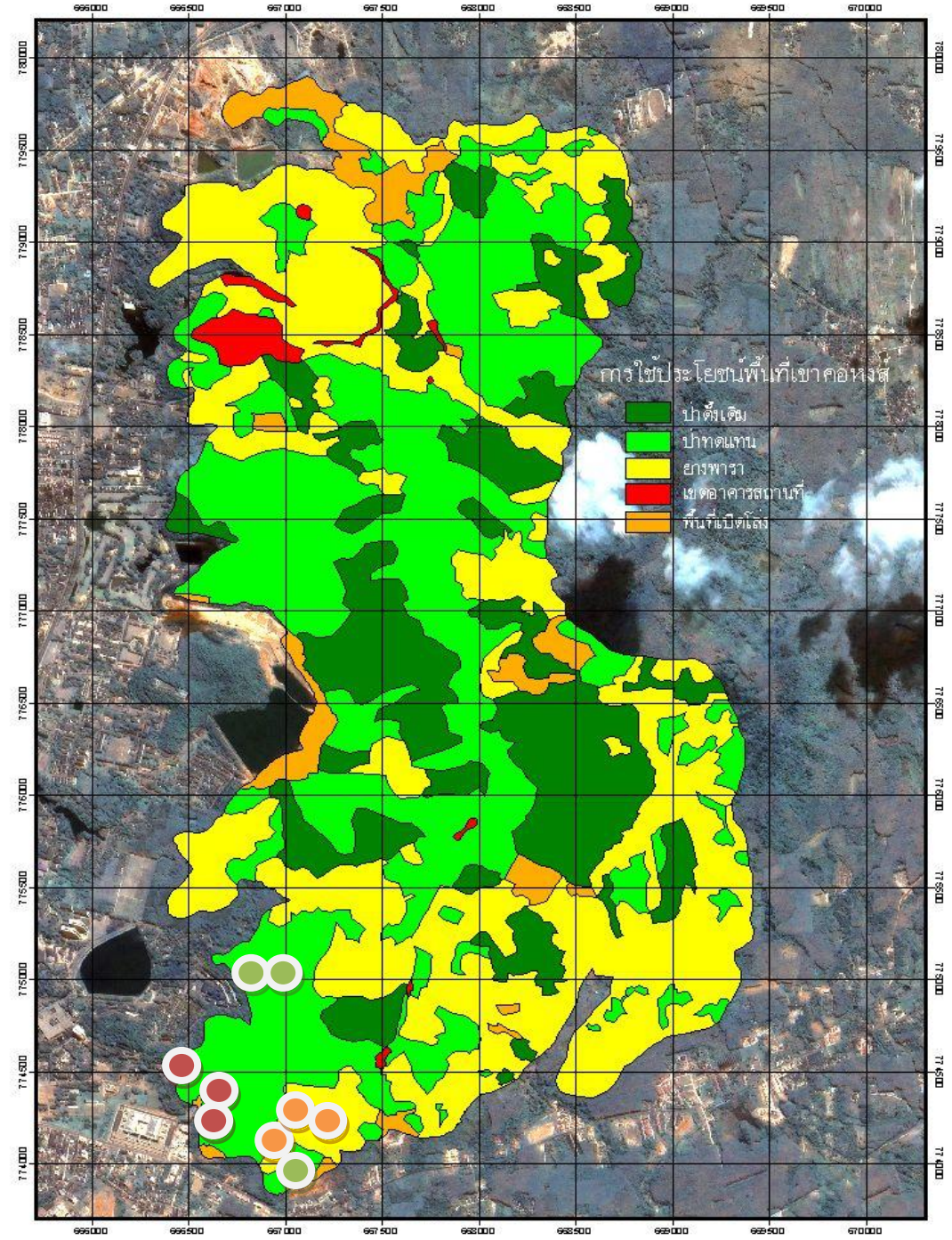
สำหรับโครงสร้างของแปลงทดลองจะมีโครงสร้างตามการวิจัยของ สมคิด แก้วพรมทะ (2546) ดังนี้

1) ขอบด้านข้างของแปลงทดลองทั้งสี่ด้าน ใช้แผ่นสังกะสีที่มีความสูง 30 เซนติเมตร โดยฝังลึกลงไปในดิน 10 เซนติเมตร

2) ถังดักตะกอนพลาสติกจำนวน 2 ถังต่อแปลง ความจุของถังมีขนาด 100 ลิตร เส้นรอบวง 168 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 58 เซนติเมตร มีพื้นที่หน้าตัดของถัง 2,640 ตารางเซนติเมตร โดยที่ถังที่ 1 ทำการทดด้วยท่อขนาด 1 : 10 ต่อไปยังถังที่ 2 ดังแสดงในภาพที่ 3-3

---

[1] งบประมาณที่ใช้ในการวางแปลงทดลองในงานวิจัยนี้เท่ากับ 5,500 บาท/แปลง รวมทั้งสิ้น 49,500 บาท (มี 3 แปลงทดลองในพื้นที่โล่ง และ 1 แปลงทดลองในพื้นที่สวนยางพารา ที่ผู้วิจัยวางไว้ถูกรื้อถอนไป และต้องแก้ปัญหาโดยการเปลี่ยนพื้นที่วางแปลงทดลองในพื้นที่โล่งใหม่ ส่วนพื้นที่สวนยางพาราได้จ่ายค่าเช่าพื้นที่วางแปลงทดลองจำนวน 3,000 บาท สำหรับกำลังคนที่ใช้ในการเก็บข้อมูลภาคสนามในครั้งนี้มีทั้งหมด 3 คน และเก็บข้อมูลทุกวันที่มีฝนตก)



แปลงทดลองเปิดโล่ง แปลงทดลองสวนยางพารา แปลงทดลองป่าทดแทน

ภาพที่ 3-2 แผนที่การใช้ประโยชน์และพิกัดวางแปลงทดลองทั้ง 9 แปลงบนเขาคอหงส์

ที่มาภาพ : การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขาคอหงส์ (น้ำฝน พลอยนิลเพชร, 2555)

ภาพ ก. แปลงทดลองในพื้นที่โล่ง

ภาพ ข. แปลงทดลองในพื้นที่สวนยางพารา

ภาพ ค. แปลงทดลองในพื้นที่ป่าทดแทน

ภาพที่ 3-3 ลักษณะแปลงทดลองในพื้นที่เปิดโล่ง สวนยางพารา และป่าทดแทน

จากการเลือกพื้นที่ในการวางแปลงทดลองที่ได้ทำการพิจารณาด้วยเงื่อนไขและวิธีการต่างๆ ตั้งแต่หัวข้อที่ 3.1 ทำให้ได้พื้นที่ในการวางแปลงทดลอง โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ประเภทพื้นที่ ความลาดชัน จำนวน และขนาดของแปลงทดลอง

ประเภทของพื้นที่วางแปลงทดลอง	ความลาดชันของแปลงทดลอง (%)	จำนวนแปลงทดลอง /ประเภทพื้นที่	ขนาดแปลงทดลอง (เมตร)
สวนยางพารา	19, 19, 20		
ป่าทดแทน	18, 19, 21	3	4x12
พื้นที่โล่ง	18, 20, 21		

3.2 การเก็บและรวบรวมข้อมูลด้านปริมาณน้ำฝนและการชะล้างพังทลายของดิน

การเก็บข้อมูลภาคสนาม เริ่มดำเนินการตั้งแต่ พฤศจิกายน 2554 – มกราคม 2555 ในช่วงฤดูฝน โดยไม่ได้ทำการทดลองตลอดทั้งปี ซึ่งข้อมูลที่ได้ใน 3 เดือนนี้ถือว่าเป็นตัวเลขขั้นต่ำเท่านั้น หากมีการเก็บข้อมูลได้ตลอดปี ตัวเลขควรจะสูงกว่าตัวเลขที่ได้ในงานวิจัยนี้ เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่ตกตลอดปีและการชะล้างพังทลายของดินย่อมจะมีปริมาณสูงกว่า 3 เดือน ซึ่งข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 1.8 และอธิบายเหตุผลไว้ในเชิงอรรถหน้า 59 แล้ว และผู้วิจัยจะนำข้อจำกัดนี้ไปอภิปรายผลการทดลองด้วย โดยมีขั้นตอนการเก็บและรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนที่ผู้วิจัยได้ประยุกต์มาจากขั้นตอนการศึกษาของ สมคิด แก้วพรมทะ (2546) ดังนี้

1) ตรวจวัดและรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝน โดยจะตรวจวัดจากเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน[2] อย่างง่ายที่ได้วางกระจายไว้ใน 3 พื้นที่ที่วางแปลงทดลอง พร้อมกับรวบรวมข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดอากาศเกษตรคอหงส์ ซึ่งเป็นพื้นที่ใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษา ซึ่งจะเก็บข้อมูลทุกๆ วันที่มีฝนตก หลังจากฝนหยุดตก

2) เก็บตัวอย่างดินบน 1 ครั้ง ที่ระดับความลึก 0 – 15 เซนติเมตร (เก็บก่อนการทดลองช่วงปลายเดือนกันยายน) จากแปลงทดลองทั้ง 9 แปลง แปลงละ 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 1 กิโลกรัม

[2] การสร้างเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน ทำตามแนวทางของ กรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งเป็นวิธีการมาตรฐานในการสร้างอุปกรณ์ชนิดนี้ เพื่อประหยัดงบประมาณในการวิจัย

โดยเก็บตัวอย่างบริเวณด้านบน กึ่งกลาง และด้านล่างของแปลงทดลอง นำตัวอย่างทั้ง 3 มาผสมคลุกเคล้ากัน แล้วนำตัวอย่างที่ผสมคลุกเคล้ากันแล้วประมาณ 1 กิโลกรัม ส่งวิเคราะห์หาปริมาณอินทรียวัตถุที่ภาควิชาปฐพี คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

3) เก็บตัวอย่างดินล่าง 1 ครั้ง ที่ระดับความลึก 15 – 30 เซนติเมตร (เก็บก่อนการทดลองช่วงปลายเดือนกันยายน) โดยวิธี core method คือการใช้กระบอกเจาะดินจากแปลงทดลองทั้ง 9 แปลง แปลงละ 3 ตัวอย่าง เวลาเจาะ ดินจะเข้าไปอยู่ในกระบอกบรรจุดินที่อยู่ปลายข้างที่เจาะ โดยตัวอย่างดินจะถูกบรรจุในกระบอกโลหะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ความยาว 15 เซนติเมตร มีฝาปิดหัวท้าย แช่ตัวอย่างดินในน้ำจนอิ่มตัวเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดิน

4) ตรวจวัดปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดินโดยวัดความสูงของน้ำในถัง และเก็บปริมาณตะกอนจากแปลงทดลองทุกวันที่มีฝนตก (เก็บตลอดช่วงการทดลอง) โดยเก็บตัวอย่างของสารละลาย (น้ำ + ตะกอน) ที่มีในถังตะกอนจำนวน 1 ลิตร ทิ้งไว้ให้ตกตะกอน แล้วนำตะกอนเปียกไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่ห้องปฏิบัติการคณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เพื่อหาน้ำหนักแห้งแล้วนำมาเทียบเป็นน้ำหนักต่อหน่วยของพื้นที่ (สมคิด แก้วพรมทะ, 2546)

5) เก็บปริมาณตะกอนแขวนลอย โดยหลังจากที่นำสารละลายที่ทิ้งไว้ให้ตกตะกอนจากข้อ 4) นำสารละลายที่อยู่เหนือระดับตะกอนเปียกไปกรองผ่านกระดาษกรอง glass-fiber filter ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน แล้วนำส่วนที่เหลือบนกระดาษกรอง นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 103-105^{o}C แล้วชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหลังจากกรอง ถือเป็นปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (สมคิด แก้วพรมทะ, 2546)

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้านปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ประยุกต์ตามการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาของ สมคิด แก้วพรมทะ (2546) ซึ่งมีปัจจัยที่ใช้คิดคำนวณการสูญเสียดิน คือ

$$\mathbf{A = RKLSCP}$$

เมื่อ A คือ การประเมินปริมาณการสูญเสียดินต่อหน่วยพื้นที่ ที่คำนวณจากทั้ง 6 ปัจจัยดังสมการ มีหน่วยเป็นตัน/เฮกตาร์/ปี เนื่องจากในงานนี้มีการเก็บข้อมูลเพียง 3 เดือน ในที่นี้จึงเป็นข้อมูลปริมาณการสูญเสียดินต่อหน่วยพื้นที่ในระยะ 3 เดือนของปี 2554

R คือ ค่าปัจจัยชะล้างพังทลายของฝน มีหน่วยเป็น ตัน/เฮกตาร์/ปี เนื่องจากในงานนี้มีการเก็บข้อมูลเพียง 3 เดือน ในที่นี้จึงเป็นค่าปัจจัยชะล้างพังทลายของฝนในระยะ 3 เดือนของปี 2554

K คือ ค่าปัจจัยความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดิน

L คือ ค่าปัจจัยความยาวของความลาดเท

S คือ ค่าปัจจัยของความลาดชัน

C คือ ค่าปัจจัยการจัดการปลูกพืช

P คือ ค่าปัจจัยวิธีการอนุรักษ์ดิน

โดยสามารถคำนวณแต่ละปัจจัยของสมการสูญเสียดินได้ดังนี้

3.3.1 คำนวณค่าดัชนีต่างๆ

ก. พลังน้ำฝน ที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน (R–factor) จากสมการ

$$R = 0.4669X - 12.1415 \quad (1)$$

เมื่อ R คือ ค่าดัชนีพลังงานการชะล้างของฝน

X คือ ค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี

ข. อิทธิพลของความยาวและดีกรีความลาด โดยวัดความยาวความลาดชัน (λ) และเปอร์เซ็นต์ความลาดชัน (s) จากแปลงทดลองแต่ละแปลง (LS-factor) จากสมการ

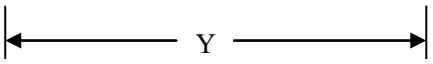
$$S = (0.43 + 0.30s + 0.043s^2) / 6.613 \quad (2)$$

$$L = (\lambda /22.13)^{0.5} \quad (3)$$

เมื่อ S คือ ปัจจัยความลาดชัน

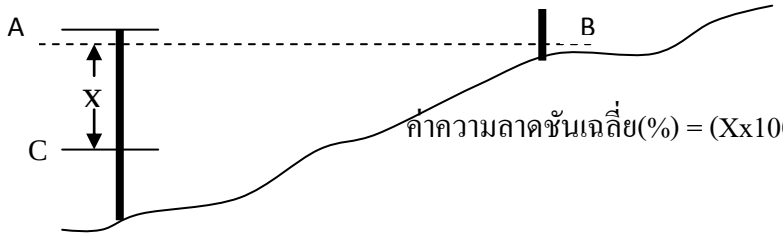
s คือ เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน

สำหรับข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความลาดชันโดยเฉลี่ยของพื้นที่ สามารถเก็บวัดในพื้นที่โดยอาศัยเทปวัดระยะทางและสายยางวัดระดับน้ำ ดังรายละเอียดที่แสดงในภาพที่ 3-4



ดึงเทปให้ตรง และวัดระยะทาง

ใช้สายยางวัดระดับน้ำให้จุด A และจุด B อยู่ในระดับเดียวกัน



ภาพที่ 3-4 วิธีการเก็บวัดและคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความลาดชันโดยเฉลี่ยของพื้นที่

ที่มา : สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช (2554)

L คือ ปัจจัยความยาวความลาดชัน

λ คือ ความยาวของความลาดชันหรือความยาวของแปลงทดลอง (เมตร)

ค. ความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดินจากแปลงทดลอง (soil erodibility factor, K-factor) จากสมการ

$$K = A / RLSCP \quad (4)$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักของตะกอนแห้งที่ได้จากแปลงทดลอง

R คือ ดัชนีพลังงานการชะล้างของฝน

LS คือ ดัชนีที่เกิดจากอิทธิพลของความยาวและดีกรีความลาดชัน

CP คือ ดัชนีพืชพรรณคลุมดิน

ง. พืชพันธุ์ที่ปกคลุมและมาตรการอนุรักษ์ที่มีผลต่อการควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน (soil and crop management factor, CP-factor) จากสมการ

$$CP = A_{cp} / A_{bare-plot} \quad (5)$$

เมื่อ A_{cp} คือ น้ำหนักแห้งของตะกอนที่ได้จากแปลงทดลองที่มีพืชพันธุ์และสิ่งปกคลุมดินปกคลุมในที่ลาดชัน มีหน่วยเป็นตัน/เฮกตาร์

$A_{bare-plot}$ คือ น้ำหนักแห้งของตะกอนที่ได้จากแปลงทดลองของพื้นที่เปิดโล่งตามแนวลาดชัน (bare soil) มีหน่วยเป็นตัน/เฮกตาร์

3.3.2 ประเมินการสูญเสียดินทั้งหมด

ปริมาณการสูญเสียดินทั้งหมดที่ได้จากแปลงทดลองการชะล้างพังทลายดินทั้ง 9 แปลง หรือที่ได้จากการคำนวณค่า A (น้ำหนักของตะกอนแห้งที่ได้จากแปลงทดลองมีหน่วยเป็นตัน/เฮกตาร์) ในหัวข้อที่ 3.3.1 มาเฉลี่ยปริมาณการสูญเสียดินบนพื้นที่แต่ละประเภท แล้วนำมาคำนวณหาผลรวมของปริมาณการสูญเสียดินทั้งหมด ซึ่งใช้เป็นตัวแทนการสูญเสียดินบนเขาคอหงส์ มีหน่วยเป็น ตัน/เฮกตาร์

3.3.3 ประเมินการสูญเสียธาตุอาหารในดินทั้งหมด (N P และ K)

ผลจากการส่งวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน 1 กิโลกรัม ที่ภาควิชาปฐพี คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ทำให้ทราบปริมาณธาตุอาหาร N P และ K ในดิน 1 กิโลกรัม เพราะฉะนั้นถ้าจะคำนวณปริมาณธาตุอาหาร N P และ K ทั้งหมดที่สูญเสียไป ทำได้โดยการนำมาคูณกับปริมาณดินที่สูญเสียทั้งหมด

3.3.4 คำนวณอัตราส่วนการถูกพัดพาเป็นตะกอนในลำน้ำทั้งหมด (sediment delivery ratio, SDR)

จากค่าตะกอนแขวนลอย (suspended solids, SS) และปริมาณค่าการสูญเสียดินจากสมการ USLE โดยในที่นี้ตั้งสมมติฐานให้ปริมาณตะกอนแขวนลอยในลำน้ำ (SS) ทั้งหมดจะถูกพัดพามาตกทับถมในอ่างเก็บน้ำมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์และอ่างเก็บน้ำค่ายเสนาณรงค์

$$SS = SDR \times E$$

หรือ $$SDR = SS/E \qquad (6)$$

เมื่อ SS = ปริมาณตะกอนแขวนลอยในลำน้ำ (ตัน/หน่วยเวลา)

E = ปริมาณดินในที่ถูกกัดเซาะ (on site soil erosion) (ตัน/หน่วยเวลา)

3.4 การประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์

3.4.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์และกลั่นกรองผลกระทบจากการชะล้างพังทลายของดิน

ในส่วนของการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ จะพิจารณาจากผลกระทบที่เกิดจากการชะล้างพังทลายของดินที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งอาศัยหลักในการจำแนกและกลั่นกรองผลกระทบตามหลักการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้ง 4 ด้าน ที่ใช้ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) ทั่วไปมาเป็นแนวทาง ได้แก่ ผลกระทบต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อมทางด้านกายภาพ ผลกระทบต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อมทางด้านชีวภาพ ผลกระทบต่อคุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ และผลกระทบต่อคุณภาพชีวิต (กองวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม, มปป. อ้างถึงในเสาวลักษณ์ รุ่งตะวันเรืองศรี, 2548)

เมื่อพิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดจากการชะล้างพังทลายของดิน (นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2545) ซึ่งมีผลเสียหายต่อเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตของประชากรหลายด้านด้วยกัน ในกรณีของเขาคอหงส์ ผลกระทบที่น่าจะต้องพิจารณาสามารถสรุปได้ดังนี้

1) ทำให้มีการสูญเสียหน้าดิน มีผลต่อเนื่องไปถึงการลดลงของความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความจุในการเก็บความชื้น ความเหมาะสมต่อการทำการเกษตร และอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดิน ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรตกต่ำและต้องลงทุนในการบำรุงรักษาดินสูงมากขึ้น

2) ทำให้ลำน้ำและสมบัติของดินเสื่อมลง ตะกอนทรายที่ลงไปทับถมที่ราบต่ำเป็นผลทำให้ดินเสียโครงสร้างทางกายภาพ ความเหมาะสมต่อการปลูกพืชเกษตรลดน้อยลง น้ำในลำน้ำมีสมบัติทางเคมี ชีวภาพ และกายภาพเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

3) ทำให้มีการสูญเสียน้ำในลักษณะน้ำไหลบ่าหน้าดินออกจากพื้นที่มากขึ้น เนื่องจากการแน่นตัวของผิวหน้าดินและอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินน้อยลง โอกาสที่ดินจะเก็บน้ำไว้ให้พืชใช้ได้นานจะลดน้อยลงด้วย

4) เกิดภาวะมลพิษในแม่น้ำลำธาร สารเคมีที่เป็นพิษ เช่น โลหะหนัก ยาฆ่าแมลง ตลอดจนปุ๋ยและธาตุอาหารจะลงสู่ลำน้ำได้มากขึ้นจนทำให้เกิดมลพิษในน้ำ ทั้งนี้เพราะสารเหล่านั้นติดมากับตะกอนได้มากกว่าละลายมากับน้ำ เป็นต้น

5) ทำให้ลำน้ำอ่างเก็บน้ำตื้นเขิน เมื่อหน้าดินมีการชะล้างพังทลายมากขึ้น การตกทับถมของตะกอนในลำน้ำมากขึ้น ขณะเดียวกันปริมาณตะกอนในลำน้ำจะถูกเคลื่อนย้ายลงไปทับถมตามอ่างเก็บน้ำมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อปริมาณปลาที่ลดลง เพราะสภาพทางกายภาพของน้ำที่

เปลี่ยนแปลงไป เกิดการขุ่นของตะกอนในน้ำ ปัญหาทางด้านเศรษฐกิจและสังคมของสาธารณชนก็จะตามมาเป็นผลต่อเนื่อง

เมื่อทราบรายละเอียดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้งหมดแล้ว จึงนำผลกระทบเหล่านั้นมาผ่านการกลั่นกรอง โดยใช้หลักเกณฑ์การกลั่นกรอง 4 หลักเกณฑ์ ซึ่งผู้วิจัยปรับปรุงจากกองวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (มปป. อ้างถึงใน เสาวลักษณ์ รุ่งตะวันเรืองศรี, 2548) เพื่อให้ง่ายขึ้นในการกลั่นกรอง ดังนี้

การกลั่นกรองที่ 1 ผลกระทบนั้นไม่ได้รับการดูแล “ภายใน” หรือยังไม่มีมาตรการบรรเทาแล้วหรือไม่

การกลั่นกรองพิจารณา 2 ประเด็น ประเด็นแรก ผลกระทบดังกล่าวถูกรวมอยู่ในการวิเคราะห์ด้านเศรษฐกิจโดยเป็นต้นทุนหรือผลประโยชน์ภายในแล้วหรือไม่ ถ้ารวมอยู่แล้วก็ไม่ควรพิจารณาอีก เพราะจะเป็นการนับซ้ำ ประเด็นที่สอง ผลกระทบนั้นถูกทำให้บรรเทาลงทั้งหมด (หรือส่วนใหญ่) หรือไม่ ถ้าหากมีมาตรการบรรเทาแล้ว ต้นทุนของการบรรเทานั้นย่อมถูกรวมไว้ในต้นทุนของโครงการ

- ถ้าคำตอบคือ “ใช่” (หรือไม่แน่นอน) ต้องพิจารณากลั่นกรองต่อไป

- ถ้าคำตอบในข้อใดข้อหนึ่ง คือ “ไม่” ก็ไม่ต้องประเมินผลกระทบประเภทนั้นเป็นตัวเงิน แต่ควรจะระบุรายการผลกระทบนั้นไว้ในตาราง พร้อมทั้งระบุเหตุผลอย่างชัดเจนของการตัดออก

การกลั่นกรองที่ 2 ผลกระทบนั้นไม่ได้มีขนาด “เล็ก” (ในความหมายเชิงเปรียบเทียบ) หรือไม่

การกลั่นกรองพิจารณาว่าผลกระทบนั้นๆ ไม่ได้มีขนาด “เล็ก” หรือมีขนาดไม่เล็กเมื่อเปรียบเทียบกับหัวเรื่องอื่น

- ถ้าคำตอบคือ “ใช่” (หรือไม่แน่นอน) ต้องพิจารณากลั่นกรองขั้นต่อไป

- ถ้าคำตอบคือ “ไม่” หมายความว่า ผลกระทบนั้นไม่มีนัยสำคัญพอเพียง ก็ไม่จำเป็นต้องประเมินผลกระทบประเภทนั้นเป็นตัวเงิน แต่ควรจะระบุรายการผลกระทบนั้นไว้ในตาราง พร้อมทั้งระบุเหตุผลอย่างชัดเจนของการตัดออก

การกลั่นกรองที่ 3 ผลกระทบนั้นมีความแน่นอน หรือไม่อ่อนไหวง่ายหรือไม่

การกลั่นกรองพิจารณาว่า มีความแน่นอนสูงในเรื่องที่กำลังพิจารณาหรือไม่

- ถ้าคำตอบคือ “ใช่” (หรือไม่แน่ใจ) ต้องพิจารณากลั่นกรองขั้นต่อไป

- ถ้าคำตอบคือ “ไม่” ควรดำเนินการประเมินเชิงคุณภาพ แต่ไม่ต้องประเมินเป็นตัวเงิน แต่ควรจะระบุรายการผลกระทบนั้นไว้ในตาราง พร้อมระบุเหตุผลว่าทำไมไม่สามารถวัดค่าเป็นตัวเงินได้

การกลั่นกรองที่ 4 การประเมินผลเชิงปริมาณสามารถทำได้ “ครบถ้วนหรือไม่”

การกลั่นกรองขั้นนี้ พิจารณาว่ามีข้อมูลข่าวสารเพียงพอที่จะนำมาประเมินได้มากกว่าการประเมินเชิงคุณภาพหรือไม่

- ถ้าคำตอบคือ “ ใช่” (หรือไม่แน่ใจ) ควรดำเนินผลกระทบเชิงปริมาณต่อไป

- ถ้าคำตอบคือ “ไม่” ควรทำการประเมินเชิงคุณภาพ แต่ทั้งนี้ควรระบุผลกระทบเชิงปริมาณเท่าที่จะทำได้ และระบุเหตุผลว่าทำไมไม่สามารถระบุผลกระทบออกมาเชิงปริมาณหรือตัวเงินได้

จากหลักเกณฑ์การกลั่นกรองและผลกระทบจากการชะล้างพังทลายดินที่กล่าวมาแล้วนั้น ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนและการพิจารณากลั่นกรองประเด็นผลกระทบที่จะสามารถประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากการชะล้างพังทลายของดินของเขาคอหงส์แสดงดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 ขั้นตอนและผลการกลั่นกรองการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์

ผลกระทบต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อม	การกลั่นกรอง (ถ้าหลักการพิจารณา ✓ หมดทุกข้อ แสดงว่าต้องพิจารณาประเมินมูลค่า)				ผลการกลั่นกรอง
	1 ไม่มีมาตรการป้องกัน	2 ไม่ได้มีขนาดเล็ก	3 ไม่มีความอ่อนไหว	4 มีข้อมูลครบถ้วน	
ด้านกายภาพ					
1. ทำให้มีการสูญเสียหน้าดิน	✓	✓	✓	✓	การสูญเสียดินที่เกิดจากการชะล้างพังทลายโดยน้ำ ซึ่งน้ำจำนวนมากที่กระทบผิวดินโดยตรงจะกัดเซาะผิวดินให้หลุดลอยไปตามน้ำ การสูญเสียบริเวณผิวดินจะเป็นพื้นที่กว้าง หรือถูกกัดเซาะเป็นร่องเล็ก ๆ ก็ขึ้นอยู่กับความแรงและบริเวณของน้ำที่ไหลบ่าลงมาก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545) ดังนั้นผู้วิจัยคิดว่าผลจากการวางแปลงทดลองจะทำให้ทราบปริมาณของการสูญเสียดินและนำมาตีมูลค่าได้
2. ทำให้มีการสูญเสียน้ำในลักษณะน้ำไหลบ่าหน้าดินออกจากพื้นที่มากขึ้น	✓	✓	✗	✗	การสูญเสียหน้าดินจะทำให้ผิวดินแน่น จำนวนรูพรุนขนาดใหญ่ลดลง การซึมของน้ำผ่านผิวดินลดลง ก่อให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าผิวดินเพิ่มมากขึ้นจนระบายน้ำไม่ทัน อาจทำให้เกิดเป็นอุทกภัยในพื้นที่ตอนล่างได้ (นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2545) แต่การนำปริมาณน้ำมาคิดเป็นมูลค่ายังมีความอ่อนไหวสูง เนื่องจากถ้าน้ำที่ไหลบ่าหน้าดินนั้นไหลไปสู่แหล่งน้ำหรือซึมลงไปในดิน ก็ไม่สามารถระบุได้ว่าน้ำนั้นได้สูญเสียไปจากพื้นที่จริงๆ จึงเป็นการยากที่จะนำมาตีมูลค่า ผู้วิจัยจึงไม่ประเมินมูลค่านี้ เนื่องจากขาดข้อมูลการไหลบ่าของน้ำโดยละเอียด

ตารางที่ 3-3 ขั้นตอนและผลการกลั่นกรองการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ (ต่อ)

ผลกระทบต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อม	การกลั่นกรอง (ถ้าหลักการพิจารณา ✓ หมดทุกข้อ แสดงว่าต้องพิจารณาประเมินมูลค่า)				ผลการกลั่นกรอง
	1 ไม่มีมาตรการป้องกัน	2 ไม่ได้มีขนาดเล็ก	3 ไม่มีความอ่อนไหว	4 มีข้อมูลครบถ้วน	
3. ลดความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ธาตุอาหาร N, P, K)	✓	✓	✓	✓	การสูญเสียดินเนื่องจากการชะล้างพังทลาย จะมีธาตุอาหารพืชที่อยู่ในดินซึ่งอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้อยู่ในสารละลายดิน ซึ่งเป็นส่วนที่เป็นของเหลวที่อยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน และรูปที่เป็นอิออนที่ถูกดูดซับอยู่กับอนุภาคดิน ธาตุอาหารที่ละลายอยู่ในสารละลายดินจะสูญเสียไปด้วยการชะละลาย ส่วนธาตุอาหารที่เกาะอยู่กับอนุภาคดินนั้น หากเกษตรกรมีการปลูกพืชบนพื้นที่ที่มีความลาดชันค่อนข้างสูง และไม่มีระบบอนุรักษ์ดินเพื่อลดการชะล้างพังทลายของดินแล้ว หากดินถูกกัดเซาะพังทลายสูญหายไปจากพื้นที่แล้ว จะเกิดการสูญเสียธาตุอาหารพืชได้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545) ซึ่งธาตุอาหารที่สูญเสียไปนั้นสามารถหาได้จากการส่งดินวิเคราะห์ในระหว่างการทดลองหาปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน ดังนั้นผู้วิจัยจึงคิดว่าข้อมูลส่วนนี้สามารถนำมาประเมินต่อในเชิงปริมาณและนำมาตีมูลค่าได้

ตารางที่ 3-3 ขั้นตอนและผลการกลั่นกรองการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ (ต่อ)

ผลกระทบต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อม	การกลั่นกรอง (ถ้าหลักการพิจารณา ✓ หมดทุกข้อ แสดงว่าต้องพิจารณาประเมินมูลค่า)				ผลการกลั่นกรอง
	1 ไม่มีมาตรการป้องกัน	2 ไม่ได้มีขนาดเล็ก	3 ไม่มีความอ่อนไหว	4 มีข้อมูลครบถ้วน	
4. เกิดมลพิษในน้ำ จากปุ๋ยและธาตุอาหารไหลลงสู่ลำน้ำ	✓	✓	✗	✗	ผลกระทบจากการชะล้างพังทลายของดินทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญเนื่องจากปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ตลอดจนตะกอนที่เพิ่มขึ้นเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้คุณภาพน้ำลดลง ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสามารถเคลื่อนที่ผ่านการไหลของน้ำท่าและการชะล้างพังทลายของดินจากพื้นที่เกษตรกรรมลงสู่น้ำผิวดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545) ตะกอนที่อุดมด้วยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสนี้ ส่งผลให้เกิดภาวะธาตุอาหารพืชสูงในแหล่งน้ำ (eutrophication) และการลดลงของออกซิเจนในแหล่งน้ำ แต่การเคลื่อนที่ของอนุภาคดินออกจากลุ่มน้ำเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนซึ่งประกอบด้วย การเคลื่อนที่ของตะกอนบนพื้นผิวของลุ่มน้ำ การถูกพัดพาเข้าสู่ระบบการระบายน้ำ รวมทั้งการสะสมของตะกอนภายในลุ่มน้ำและบริเวณปลายน้ำ ตลอดจนต้องทราบข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสกับอัตราการเกิด eutrophication ด้วยเหตุผลนี้ต้องอาศัยข้อมูลในการประเมินค่อนข้างมาก จึงไม่สามารถประเมินมูลค่าได้ในงานวิจัยนี้
5. ทำให้ลำน้ำและอ่างเก็บน้ำตื้นเขินจากการทับถมของตะกอน	✓	✓	✓	✓	การทับถมของตะกอนดินในพื้นที่ที่ต่ำกว่า ทำให้แม่น้ำลำคลอง หนอง บึง อ่างเก็บน้ำ เกิดการตื้นเขิน ลดความสามารถในการกักเก็บน้ำ (นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2545) อาจก่อให้เกิดสภาวะน้ำท่วมอย่างฉับพลัน บางครั้งตะกอนดินอาจถูกน้ำพัดพาลงสู่ที่ต่ำ ทำให้เกิดความเสียหายแก่ไร่นา ไปทับถมดินที่มีความอุดมสมบูรณ์มากกว่า แม่น้ำบางสายอาจมีปัญหาต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขุดลอกร่องน้ำ ซึ่งในการทดลองของผู้วิจัย ทำให้ทราบอัตราการทับถมของตะกอนในลำน้ำ ดังนั้นจึงสามารถนำมาประเมินในเชิงปริมาณและตีมูลค่าจากความเสียหายได้

ตารางที่ 3-3 ขั้นตอนและผลการกลั่นกรองการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ (ต่อ)

ผลกระทบต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อม	การกลั่นกรอง (ถ้าหลักการพิจารณา ✓ หมดทุกข้อ แสดงว่าต้องพิจารณาประเมินมูลค่า)				ผลการกลั่นกรอง
	1 ไม่มีมาตรการป้องกัน	2 ไม่ได้มีขนาดเล็ก	3 ไม่มีความอ่อนไหว	4 มีข้อมูลครบถ้วน	
ด้านชีวภาพ					
1. ทำให้ทรัพยากรป่าไม้และทรัพยากรสัตว์ลดลง	✓	✓	✗	✗	พื้นที่ที่เกิดการชะล้างพังทลายของดินระดับรุนแรง ส่งผลทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ และมีการพัดพาหน้าดินที่มีวัชพืชหรือป่าไม้ปกคลุมได้มากตามไปด้วย โดยเฉพาะวัชพืชบริเวณผิวหน้าดิน รวมถึงต้องสูญเสียสัตว์หน้าดินตามไปด้วย ซึ่งสัตว์หน้าดินเป็นอาหารธรรมชาติที่สำคัญของสัตว์น้ำพวก ปู กุ้ง ปลา เมื่อไม่มีสัตว์หน้าดินทำให้สัตว์เหล่านี้ไม่มีอาหารในการดำรงชีวิต นอกจากนี้ผลจากการทับถมของตะกอนทำให้เกิดสันดอนตามปากน้ำต่างๆ ทำให้มีผลต่อระบบนิเวศกระทบกระเทือนต่อการขยายพันธุ์สัตว์น้ำต่างๆโดยตรง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545) ซึ่งในการประเมินผลของการลดลงของป่าไม้และสัตว์ป่าต้องอาศัยข้อมูลจำนวนมากในการประเมิน ด้วยข้อจำกัดนี้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงไม่สามารถประเมินมูลค่าได้ในงานวิจัยนี้

ตารางที่ 3-3 ขั้นตอนและผลการกลั่นกรองการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ (ต่อ)

ผลกระทบต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อม	การกลั่นกรอง (ถ้าหลักการพิจารณา ✓ หมดทุกข้อ แสดงว่าต้องพิจารณาประเมินมูลค่า)				ผลการกลั่นกรอง
	1 ไม่มีมาตรการป้องกัน	2 ไม่ได้มีขนาดเล็ก	3 ไม่มีความอ่อนไหว	4 มีข้อมูลครบถ้วน	
คุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์					
1. ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง	✓	✓	✗	✗	ปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน ทำให้ดินเสื่อมคุณภาพลง ผลิตภาพของดินก็ลดลง ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อผลผลิต ทำให้ผลผลิตต่อหน่วยของที่ดินลดลง (ทรงศักดิ์ ศรีบุญจิตต์, 2531) เพราะน้ำซึ่งเป็นตัวการสำคัญ จะพัดพาเอาธาตุอาหารของพืชที่อยู่บริเวณผิวหน้าดินให้หมดไป หากต้องการทำการเกษตรในพื้นที่ที่ดินสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ไปแล้ว และต้องการให้ได้ผลดีเช่นเดิม ก็ต้องมีการใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ ทำให้การลงทุนในการเกษตรสูงขึ้น เมื่อคิดถึงรายได้รายจ่ายแล้ว เกษตรกรอาจขาดทุน จึงเห็นได้ว่าการป้องกันการชะล้างพังทลายของดินดีกว่าและได้ผลกว่าการปรับปรุงดินที่ถูกชะล้างพังทลายแล้ว ซึ่งการประเมินในลักษณะนี้จะต้องอาศัยระยะเวลาที่ต่อเนื่องและยาวนานในการติดตามและประเมินผล ด้วยเหตุจำกัดในเรื่องของระยะเวลาในการศึกษา ดังนั้นผู้วิจัยจึงไม่ประเมินมูลค่าผลกระทบนี้
2. ทำให้การใช้ประโยชน์ที่ดินลำบากขึ้น	✓	ระบุไม่ได้	ไม่ต้องประเมินต่อ		เมื่อน้ำกัดเซาะพื้นที่ดิน ทำให้เกิดเป็นร่องทั้งเล็กและใหญ่ มีผลทำให้เกิดความยากลำบากแก่การไถพรวน (มัลลิกา ศรีสุธรรม, 2547) แต่เนื่องจากพื้นที่ในการศึกษา ไม่ได้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม จึงไม่มีการไถพรวนดิน ดังนั้นผู้วิจัยจึงไม่ประเมินมูลค่าผลกระทบนี้

ตารางที่ 3-3 ขั้นตอนและผลการกลั่นกรองการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ (ต่อ)

ผลกระทบต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อม	การกลั่นกรอง (ถ้าหลักการพิจารณา ✓ หมดทุกข้อ แสดงว่าต้องพิจารณาประเมินมูลค่า)				ผลการกลั่นกรอง
	1 ไม่มีมาตรการป้องกัน	2 ไม่ได้มีขนาดเล็ก	3 ไม่มีความอ่อนไหว	4 มีข้อมูลครบถ้วน	
3. ทำให้สูญเสียประสิทธิภาพสูงสุดในการผลิตน้ำประปา	✓	✓	✓	✓	การพัดพาของตะกอนมาทับถมในอ่างน้ำนอกจากจะทำให้อ่างน้ำตื้นเขินแล้วยังทำให้ลดอายุการใช้งานของอ่างลง อ่างกักน้ำได้น้อยลง น้ำขุ่นไม่เหมาะในการอุปโภคบริโภค (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545) ประสิทธิภาพในการนำน้ำดิบมาผลิตน้ำประปาจึงลดน้อยลง จึงทำให้น้ำประปาไม่เพียงพอต่อการอุปโภค บริโภค จำเป็นต้องนำน้ำประปาจากแหล่งอื่นมาทดแทน แต่ผลกระทบนี้ต่อเนื่องจากการตื้นเขินของอ่างน้ำ และถ้ามีการขุดลอกตะกอนแล้ว ผลกระทบนั้นก็ได้รับการแก้ไขด้วย (ซึ่งได้กล่าวไว้ในส่วนของการกลั่นกรองด้านกายภาพแล้ว) ดังนั้นจึงไม่ประเมินด้านนี้อีก เพื่อไม่ให้เป็นการนับซ้ำ
	หมายเหตุ : แต่เป็นการนับซ้ำกับผลกระทบของการทำให้ลำน้ำและอ่างเก็บน้ำตื้นเขินจากการทับถมของตะกอน จึงไม่ต้องประเมิน				

ตารางที่ 3-3 ขั้นตอนและผลการกลั่นกรองการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ (ต่อ)

ผลกระทบต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อม	การกลั่นกรอง (ถ้าหลักการพิจารณา ✓ หมดทุกข้อ แสดงว่าต้องพิจารณาประเมินมูลค่า)				ผลการกลั่นกรอง
	1 ไม่มีมาตรการป้องกัน	2 ไม่ได้มีขนาดเล็ก	3 ไม่มีความอ่อนไหว	4 มีข้อมูลครบถ้วน	
คุณภาพชีวิต					
1. ทำให้สูญเสียเนื้อที่เพาะปลูก	✓	ระบุไม่ได้	ไม่ต้องประเมินต่อ		ในกรณีที่เกิดการชะล้างพังทลายที่รุนแรงจนสูญเสียโครงสร้างของดิน ซึ่งโครงสร้างของดิน คือสมบัติทางกายภาพของดิน ที่เกิดขึ้นจากการเกาะจับกันของอนุภาคที่เป็นของแข็งในดิน เกิดเป็นเม็ดดินหรือเป็นก้อนดินที่มีขนาด รูปร่าง และความคงทนแข็งแรงในการยึดตัวต่างๆ ซึ่งโครงสร้างดินจะมีความสำคัญต่อ การซึมผ่านของน้ำ การอุ้มน้ำ การระบายน้ำ และการถ่ายเทอากาศในดิน รวมถึงการแพร่กระจายของรากพืช ดังนั้นเมื่อโครงสร้างดินถูกทำลายทำให้ดินไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ต่อไป จึงต้องปล่อยทิ้งร้าง (ทรงศักดิ์ ศรีบุญจิตต์, 2531) แต่ส่วนมากการสูญเสียพื้นที่ในลักษณะนี้มักจะเกิดกับพื้นที่เกษตรกรรม แต่เนื่องจากเขาคอหงส์ไม่ใช่พื้นที่เกษตรกรรม ผลกระทบนี้จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาประเมินมูลค่าในกรณีนี้
2. ทำให้สุนทรียภาพเปลี่ยนแปลง	✓	ระบุไม่ได้	ไม่ประเมินต่อ		ปัญหาจากการชะล้างพังทลายของดินทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ธรรมชาติหรือพื้นที่เกษตรกรรมกลายเป็นพื้นที่รกร้าง (ทรงศักดิ์ ศรีบุญจิตต์, 2531) ซึ่งทำให้สุนทรียภาพและแหล่งธรรมชาติอันควรแก่การอนุรักษ์ต้องสูญหายไป แต่ในการประเมินการเปลี่ยนแปลงสุนทรียภาพนี้ เป็นการประเมินมูลค่าในลักษณะ non – use value ซึ่งต้องใช้เวลา และมีรายละเอียดในการประเมินมากเกินขอบเขตของงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงไม่ประเมิน

จากตารางแสดงขั้นตอนการพิจารณาประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากการชะล้างพังทลายดินของเขาคอหงส์ สรุปได้ว่าผลกระทบต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อมที่สามารถนำมาประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐกิจได้มี 3 ประเด็นคือ

1. การสูญเสียหน้าดิน
2. การสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ธาตุอาหาร N P และ K)
3. การตื้นเขินของอ่างเก็บน้ำจากการทับถมของตะกอน

3.4.2 ขั้นตอนการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์

3.4.2.1 ประเมินมูลค่าการสูญเสียหน้าดิน

การประเมินมูลค่าการสูญเสียหน้าดิน โดยนำมาเปรียบเทียบกับราคาซื้อขายหน้าดินในท้องตลาด ซึ่งมีการซื้อขายอยู่หลักๆ 2 แบบ คือ 1) เพื่อนำไปปลูกต้นไม้ 2) เพื่อนำไปปรับแต่งพื้นที่หรือก่อสร้าง ซึ่งผู้วิจัยได้นำการซื้อขายทั้ง 2 แบบมาพิจารณาเลือกแบบที่มีความเหมาะสมในการตีมูลค่ากับงานวิจัยนี้ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) หน้าดินเพื่อนำไปปลูกต้นไม้ เป็นการซื้อขายหน้าดินในหน่วย ราคา/กิโลกรัม เพื่อนำไปปลูกต้นไม้ โดยส่วนมากผู้ขายจะมีการเติมธาตุอาหารลงไปในดิน เพื่อให้มีปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมกับความต้องการของพืช ซึ่งการเติมธาตุอาหารลงไปนั้นทำให้ราคาของหน้าดินดังกล่าวไม่ใช่ราคาที่สะท้อนเฉพาะหน้าดินเท่านั้น แต่เป็นราคาที่รวมมูลค่าของธาตุอาหารด้วย ผู้วิจัยจึงไม่เลือกการตีมูลค่าด้วยวิธีนี้ เนื่องจากไม่สามารถรู้ถึงรายละเอียดของชนิดและปริมาณของปุ๋ยที่เติมลงไป จึงไม่สามารถกำจัดราคาธาตุอาหารได้ ซึ่งถ้าใช้ราคาดังกล่าวจะทำให้การประเมินมูลค่าสูงกว่าที่ควรจะเป็น (overestimation)

2) การซื้อขายหน้าดินเพื่อนำไปปรับแต่งพื้นที่หรือก่อสร้าง เป็นการซื้อขายหน้าดินโดยการขุดในหน่วย ราคา/ภาระบรรทุก ซึ่งแต่ละภาระบรรทุกจะมีขนาดแตกต่างกันไปตั้งแต่ขนาด 6 - 10 ลูกบาศก์เมตร ตามความเหมาะสมในการซื้อขาย ซึ่งผู้วิจัยพิจารณาแล้วว่ามีความเหมาะสมกับการนำไปตีมูลค่าหน้าดินในงานวิจัยมากที่สุด จึงได้นำหน้าดินที่สูญเสียมาตีมูลค่าโดยอาศัยข้อมูลจากบริษัท จ เจริญการโยธาหาดใหญ่ ปี 2556 ซึ่งมีการซื้อขายหน้าดินขุดเท่ากับ 800 บาท/ภาระบรรทุกขนาด 6 ลูกบาศก์เมตร (รถบรรทุก 6 ล้อ) โดยดินขนาด 1 ลูกบาศก์เมตรมีน้ำหนักเท่ากับ 1.5 ตัน และมีราคาเท่ากับ 133 บาท/ลูกบาศก์เมตร สามารถคำนวณมูลค่าได้ดังนี้

สูตรการคำนวณมูลค่า

$S_L = Q_S \times P_S$ (7)

เมื่อ S_L คือ มูลค่าของหน้าดินที่สูญเสีย (บาท)

Q_S คือ ปริมาณดินที่สูญเสีย (ลูกบาศก์เมตร)

P_S คือ ราคาดินต่อหน่วยน้ำหนัก (บาท/ลูกบาศก์เมตร)

3.4.2.2 ประเมินมูลค่าการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ธาตุอาหาร N P และ K)

การประเมินมูลค่าการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ธาตุอาหาร N P และ K) สามารถคำนวณได้จากราคาแม่ปุ๋ยของกรมการค้าภายในประเทศ ปี 2554 เนื่องจากการซื้อขายปุ๋ยในท้องตลาดไม่มีการซื้อขายปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโพแทสเซียม แท้ๆ โดยไม่มีการผสมกับวัสดุอื่น ดังนั้นการจะตีราคาของธาตุอาหาร N P และ K ที่ดีและใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด คือการเทียบกับราคาของแม่ปุ๋ยที่มีส่วนผสมของธาตุอาหารนั้นเป็นหลัก ซึ่งสามารถนำไปผสมเป็นปุ๋ยสูตรต่างๆ ต่อไปได้ โดยมูลค่าของธาตุอาหารไนโตรเจน (N) นำมาเปรียบเทียบกับราคาแม่ปุ๋ยไนโตรเจน (Urea) สูตร 46-0-0 มูลค่าของธาตุอาหารฟอสฟอรัส (P) นำมาเปรียบเทียบกับราคาแม่ปุ๋ยฟอสเฟต (DAP) สูตร 18-46-0 และมูลค่าของธาตุอาหารโพแทสเซียม (K) นำมาเปรียบเทียบกับราคาแม่ปุ๋ยโพแทสเซียม (MOP) สูตร 0-0-60 (อานุช คีรีรัฐนิคม และ สุธาสินี โพธิสุนทร, 2552)

สูตรการคำนวณมูลค่า

1) การหาปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสีย จะนำข้อมูลจากปริมาณการสูญเสียดินและปริมาณธาตุอาหารในดินมาคำนวณโดยใช้สมการคำนวณดังนี้

ปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสีย (กิโลกรัม) = ปริมาณดินที่สูญเสีย (กิโลกรัม) x สัดส่วนของธาตุอาหารในดิน (กิโลกรัม) (8)

2) เมื่อได้ปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียแล้ว นำมาคำนวณมูลค่าการสูญเสียธาตุอาหารในดินโดยใช้สมการ

$N_L = Q_{Ni} \times P_{Ni}$ (9)

โดยที่ $i = N, P, K$

เมื่อ N_L คือ มูลค่าธาตุอาหารในดินที่สูญเสีย (บาท)

Q_{Ni} คือ ปริมาณของธาตุอาหารที่สูญเสีย (กิโลกรัม)

P_{Ni} คือ ราคาต่อหน่วยของธาตุอาหาร (บาท/กิโลกรัม)

3.4.2.3 ประเมินมูลค่าความเสียหายอันเนื่องจากการตื้นเขินของแหล่งน้ำจากการทับถมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำ

โดยใช้ข้อมูลจากการคำนวณอัตราส่วนการถูกพัดพาเป็นตะกอนในลำน้ำ ซึ่งจะทำให้ตะกอนทับถมในแหล่งน้ำ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้สมมุติฐานให้อ่างเก็บน้ำบริเวณใกล้เคียงนั้น มีการใช้ประโยชน์เหมือนกับอ่างเก็บน้ำมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์และอ่างเก็บน้ำค่ายเสนาณรงค์ การที่ตะกอนทับถมดังกล่าวก็ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขินและลดความจุของการกักเก็บน้ำลง ส่งผลให้เกิดความเสียหาย คือ ทำให้ต้องสูญเสียพื้นที่ในการผลิตน้ำเพื่อใช้ในการอุปโภคและบริโภคจึงต้องมีการซื้อน้ำประปาจากแหล่งผลิตภายนอกเพิ่มขึ้น หรือถ้าไม่ซื้อน้ำประปาก็ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการต้องปรับปรุงหรือขุดลอกพื้นที่ที่เกิดปัญหาตื้นเขินจากการทับถมของตะกอน ดังนั้นในการคำนวณมูลค่าผลกระทบของการที่ตะกอนตกทับถมในแหล่งน้ำ จึงสามารถคำนวณได้ 2 วิธีคือ คำนวณจากค่าน้ำประปาและค่าขุดลอกจากความเสียหายหรือต้นทุนอย่างใดอย่างหนึ่งของความเสียหาย 2 ประการข้างต้น ดังนี้

<u>สูตรการคำนวณมูลค่า</u>

กรณีที่ 1 ทำให้ต้องสูญเสียพื้นที่ในการผลิตน้ำเพื่อใช้ในการอุปโภคและบริโภคจึงต้องมีการซื้อน้ำประปาจากแหล่งผลิตภายนอกมาชดเชยในส่วนที่ต้องสูญเสียไป ได้สูตรคำนวณมูลค่าดังนี้

$$S_{DL} = Q_W \times P_W \quad (10)$$

เมื่อ S_{DL} = มูลค่าการสูญเสียจากการตื้นเขิน (บาท)

Q_W = ปริมาตรน้ำในอ่างที่สูญเสียไปจากการทับถมของตะกอน (ลูกบาศก์เมตร)

P_W = ค่าใช้จ่ายในการซื้อน้ำประปาจากการประปาส่วนภูมิภาคสาขาหาดใหญ่ (บาท/ลูกบาศก์เมตร)

ทั้งนี้ มีสมมติฐานว่า ปริมาตรของน้ำในอ่างที่สูญเสียไปนั้นมีค่าเท่ากับปริมาตรของตะกอน

กรณีที่ 2 ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการต้องปรับปรุงหรือขุดลอกพื้นที่ที่เกิดปัญหาตื้นเขินจากการทับถมของตะกอน ได้สูตรคำนวณมูลค่าดังนี้

$$S_{DL} = Q_{SS} \times P_R$$

เมื่อ S_{DL} = มูลค่าการสูญเสียจากการตื้นเขิน (บาท)

Q_{SS} = ปริมาณตะกอนทับถม (ลูกบาศก์เมตร)

P_R = อัตราราคางานต่อหน่วยในการขุดลอกพื้นที่ (บาท/ลูกบาศก์เมตร) (11)

ซึ่งในการคิดมูลค่าความเสียหายควรพิจารณาเฉพาะมูลค่าใดมูลค่าหนึ่งจาก 2 มูลค่านี้เท่านั้น เพื่อไม่ให้เป็นการนับซ้ำ โดยผู้วิจัยจะพิจารณาจากความสมบูรณ์ของข้อมูลที่รวบรวมได้เป็นสำคัญ

3.4.3 มูลค่ารวมของการสูญเสียจากการชะล้างพังทลายของดิน (เฉพาะผลกระทบที่มีการประเมินมูลค่า)

$$E_L = S_L + N_L + S_{DL} \quad (12)$$

เมื่อ

E_L คือ มูลค่ารวมของการสูญเสียจากการชะล้างพังทลายของดิน (บาท)

S_L คือ มูลค่าการสูญเสียหน้าดิน (บาท)

N_L คือ มูลค่าการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ธาตุอาหาร N, P, K) (บาท)

S_{DL} คือ มูลค่าความเสียหายของการตื้นเขินของอ่างเก็บน้ำจากการทับถมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำ (บาท)

จากการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากการชะล้างพังทลายของดินทั้ง 3 มูลค่า ได้แก่ การสูญเสียหน้าดิน การสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ธาตุอาหาร N P และ K) และการตื้นเขินของอ่างเก็บน้ำจากการทับถมของตะกอน สามารถสรุปวิธีการประเมินได้ดังแสดงในตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 สรุปการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์

ผลกระทบต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อม	วิธีประเมิน
1) การสูญเสียหน้าดิน	ประเมินมูลค่าปริมาณดินที่ต้องสูญเสียไปโดยเทียบกับราคาซื้อขายหน้าดินในตลาด คำนวณโดยใช้สูตร $S_L = Q_S \times P_S$ เมื่อ S_L คือ มูลค่าของหน้าดินที่สูญเสีย (บาท) Q_S คือ ปริมาณดินที่สูญเสีย (ลูกบาศก์เมตร) P_S คือ ราคาดินต่อหน่วยน้ำหนัก (บาท/ลูกบาศก์เมตร)

ผลกระทบต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อม	วิธีประเมิน
2) การสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ธาตุอาหาร N P และ K)	ประเมินมูลค่าของธาตุอาหารที่สูญเสียไป คำนวณโดยใช้สูตร $N_L = Q_{Ni} \times P_i$ โดยที่ i = N, P, K เมื่อ N_L คือ มูลค่าธาตุอาหารในดินที่สูญเสีย (บาท) Q_{Ni} คือ ปริมาณของธาตุอาหารที่สูญเสีย (กิโลกรัม) P_{Ni} คือ ราคาต่อหน่วยของธาตุอาหาร (บาท/กิโลกรัม)
3) การตื้นเขินของอ่างเก็บน้ำจากการทับถมของตะกอน	ประเมินค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ในการปรับปรุงพื้นที่ คำนวณโดยใช้สูตร $S_{DL} = Q_W \times P_W$ เมื่อ S_{DL} = มูลค่าการสูญเสียจากการตื้นเขิน (บาท) Q_W = ปริมาตรน้ำในอ่างที่สูญเสียไปจากการทับถมของตะกอน (ลูกบาศก์เมตร) P_W = ค่าใช้จ่ายในการซื้อน้ำประปาจากการประปาส่วนภูมิภาคสาขาหาดใหญ่ (บาท/หน่วย) *หรือ* $S_{DL} = Q_{SS} \times P_R$ เมื่อ S_{DL} = มูลค่าการสูญเสียจากการตื้นเขิน (บาท) Q_{SS} = ปริมาณตะกอนทับถม (ลูกบาศก์เมตร) P_R = อัตราราคางานต่อหน่วยในการขุดลอกพื้นที่ (บาท/ลูกบาศก์เมตร)

หมายเหตุ : หน่วยของมูลค่าการสูญเสียทั้งหมดเป็นหน่วยบาทต่อปีที่ทำการทดลอง

จากวิธีการดำเนินการวิจัยทั้งหมดที่ได้กล่าวมา ผู้วิจัยได้ดำเนินการวางแปลงทดลอง เก็บตัวอย่างด้านปริมาณน้ำฝนและการชะล้างพังทลายของดิน วิเคราะห์ข้อมูลด้านปริมาณและผลกระทบจากการชะล้างพังทลายของดิน และประเมินมูลค่าสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ ตามขั้นตอนและวิธีการที่ได้วางแผนไว้ และได้รวบรวมข้อมูลทั้งหมดแล้วนำมาสรุปผลการศึกษา ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดต่อไปในบทที่ 4

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การศึกษาการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ตามขั้นตอนการวิจัยในการวิจัยครั้งนี้ ได้มาซึ่งผลของการศึกษาต่างๆ ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยสามารถแบ่งผลการวิจัยออกเป็น 2 ส่วน คือ

1) ผลการประเมินปริมาณการชะล้างพังทลายดินและค่าปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์

2) ผลการการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์

4.1. ผลการประเมินปริมาณการชะล้างพังทลายของดินและค่าปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์

ผู้วิจัยได้ทำการประเมินปริมาณการชะล้างพังทลายของดินและค่าปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ ได้แก่ การประเมินอัตราการชะล้างพังทลายของดิน การประเมินระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน การประเมินปริมาณอินทรียวัตถุที่สูญเสียไปจากการชะล้างพังทลายของดิน และการประเมินปริมาณตะกอนที่ทับถมในแหล่งน้ำจากการชะล้างพังทลายของดิน โดยมีผลการวิจัยดังนี้

4.1.1 ผลการประเมินอัตราการชะล้างพังทลายของดิน

ผลการประเมินอัตราการชะล้างพังทลายของดิน แบ่งการนำเสนอผลการศึกษาเป็น 2 ด้าน คือ ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองเพื่อใช้ในการประเมินอัตราการชะล้างพังทลายและผลการประเมินอัตราการชะล้างพังทลาย

4.1.1.1 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองเพื่อใช้ในการประเมินอัตราการชะล้างพังทลาย

ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากการทดลองที่ใช้ในการประเมินอัตราการชะล้างพังทลาย ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนและปริมาณตะกอนแห้ง ดังนี้

1) ปริมาณน้ำฝน

ผลจากการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนระหว่าง เดือนพฤศจิกายน 2554 – เดือนมกราคม 2555 ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนของปี 2554 จากเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนอย่างง่ายที่ได้วางกระจายไว้ใน 3 พื้นที่ที่ทำการศึกษา โดยพื้นที่ที่ 1 คือ บริเวณแปลงทดลองพื้นที่เปิดโล่ง พื้นที่ที่ 2 คือ บริเวณแปลงทดลอง

สวนยางพารา และพื้นที่ที่ 3 คือ บริเวณแปลงทดลองป่าทดแทน ซึ่งผู้วิจัยนำปริมาณน้ำฝนของทั้ง 3 พื้นที่ที่เก็บรวบรวมในแต่ละวันมารวมกัน แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นค่าปริมาณน้ำฝนรายวันของเขาคอหงส์ แสดงดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันของเขาคอหงส์

วันที่เก็บตัวอย่าง	**ปริมาณน้ำฝนจากการเก็บตัวอย่าง (มม.)**		
	พื้นที่ 1	**พื้นที่ 2**	**พื้นที่ 3**
พฤศจิกายน 2554			
6	5.00	4.80	4.50
7	24.50	23.00	23.00
14	10.00	9.60	9.20
15 และ 16	37.00	34.50	33.00
18	35.00	33.50	32.00
19 และ 20	65.00	62.00	61.00
21 และ 22	148.50	145.50	145.00
23 และ 24	131.00	128.00	127.00
25	15.60	14.40	14.00
26 และ 27	25.50	25.00	24.20
รวม	**497.10**	**480.30**	**472.90**
ผลรวมเฉลี่ย	**483.44**		
ธันวาคม 2554			
3 และ 4	40.00	40.00	38.50
8 9 และ 10	38.00	38.00	36.50
11	23.50	23.00	23.00
12	64.00	64.50	63.00
15	50.00	49.00	49.00
16 และ 17	100.50	100.00	99.00
18	11.00	11.00	13.00
19 และ 20	13.00	12.40	11.60
21	34.00	33.40	32.00
22 และ 23	20.50	20.20	21.50
24	11.00	11.20	10.00

วันที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณน้ำฝนจากการเก็บตัวอย่าง (มม.)		
	พื้นที่ 1	**พื้นที่ 2**	**พื้นที่ 3**
29	38.40	38.00	37.00
30	19.50	20.00	20.20
31	185.00	184.20	182.60
รวม	**648.40**	**644.90**	**636.90**
ผลรวมเฉลี่ย	**643.40**		
มกราคม 2555			
1	32.00	33.00	31.60
2	-	-	-
8	16.00	15.40	15.60
9	30.40	30.00	29.00
10	33.00	32.20	31.40
11 และ 12	75.00	76.20	75.40
13	50.20	50.00	49.00
14 และ 15	8.00	7.80	7.80
16	13.00	13.40	12.60
17	9.00	8.80	8.20
18 และ 19	50.40	50.00	49.80
29	20.00	19.40	19.80
30 และ 31	11.50	11.20	11.00
รวม	**348.50**	**347.40**	**341.20**
ผลรวมเฉลี่ย	**345.70**		
รวมทั้งหมด	**1,472.54**		

หมายเหตุ : วันที่เก็บข้อมูลรวมกัน เนื่องจากเป็นวันที่ฝนตกต่อเนื่องกัน และไม่สามารถเข้าไปเก็บข้อมูลได้

จากตารางที่ 4-1 เมื่อนำข้อมูลมาสรุปเป็นปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของแต่ละเดือน และปริมาณน้ำฝนรวมตลอดช่วงการทดลอง จะมีรายละเอียดดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนของเขาคอหงส์ที่ได้จากแปลงทดลอง

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)
พฤศจิกายน 2554	483.44
ธันวาคม 2554	643.40
มกราคม 2555	345.70
รวม	**1,472.54**

จากตารางที่ 4-2 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองทั้ง 3 เดือนที่ทำการทดลองเท่ากับ 1,472.54 มิลลิเมตร โดยเดือนธันวาคม 2554 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 643.40 มม. รองลงมาคือเดือนพฤศจิกายน 2554 เท่ากับ 483.44 มม. และเดือนมกราคม 2555 เท่ากับ 345.70 มม. ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยจากสถานีตรวจวัดอากาศเกษตรคอหงส์ (ภาคผนวก ก) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน

2) ปริมาณตะกอนแห้ง

จากการทดลองเก็บปริมาณตะกอนจากแปลงทดลองทั้ง 9 แปลงทุกวันที่มีฝนตกตลอดช่วงการทดลอง ตามหัวข้อที่ 3.3 โดยเก็บตัวอย่างของสารละลาย (น้ำ + ตะกอน) ที่มีในถังตะกอนจำนวน 1 ลิตร ทิ้งไว้ให้ตกตะกอน แล้วนำตะกอนเปียกไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักแห้ง ซึ่งน้ำหนักแห้งที่ได้นั้นคือน้ำหนักสุทธิของตะกอนดินจากการชะล้างพังทลาย มีหน่วยเป็นตัน/เฮกตาร์ แสดงดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ปริมาณตะกอนแห้งจากแปลงทดลองทั้ง 9 แปลง

วันที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณตะกอนแห้งจากแปลงทดลอง (ตัน/เฮกตาร์)		
	พื้นที่เปิดโล่ง เฉลี่ย 3 แปลง[1]	สวนยางพารา เฉลี่ย 3 แปลง[1]	ป่าทดแทน เฉลี่ย 3 แปลง[1]
พฤศจิกายน 2554			
6	0.73	0.42	0.08
7	1.75	0.81	0.25
14	1.30	0.65	0.25
15	1.73	1.54	0.35
16 และ 18	3.83	2.25	0.42

วันที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณตะกอนแห้งจากแปลงทดลอง (ตัน/เฮกตาร์)		
	พื้นที่เปิดโล่ง เฉลี่ย 3 แปลง[1]	สวนยางพารา เฉลี่ย 3 แปลง[1]	ป่าทดแทน เฉลี่ย 3 แปลง[1]
19 และ 20	3.83	2.60	0.44
21 และ 22	6.02	4.29	0.75
23 และ 24	5.73	3.29	0.54
25	1.25	0.67	0.38
26 และ 27	2.75	2.23	0.29
รวม	**28.92**	**18.75**	**3.75**
ธันวาคม 2554			
3 และ 4	4.27	2.96	1.29
8 9 และ 10	3.91	2.92	1.00
11	2.63	2.25	0.65
12	5.17	4.29	1.67
15	5.6	4.67	1.58
16 และ 17	8.00	6.70	1.96
18	1.50	1.27	0.50
19 และ 20	1.69	1.50	0.42
21	4.65	3.85	1.50
22 และ 23	3.04	2.77	0.94
24	1.42	1.02	0.27
29	4.19	3.52	1.42
30	3.79	3.23	1.29
31	12.65	10.29	3.02
รวม	**62.51**	**51.24**	**17.51**
มกราคม 2555			
1 และ 2	2.96	3.08	0.67
8	2.27	1.08	0.25
9	2.63	3.17	0.79
10	4.08	2.96	0.87
11 และ 12	6.19	5.06	1.27
13	4.42	4.75	1.20
14 และ 15	2.27	1.33	0.31

วันที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณตะกอนแห้งจากแปลงทดลอง (ตัน/เฮกตาร์)		
	พื้นที่เปิดโล่ง เฉลี่ย 3 แปลง[1]	สวนยางพารา เฉลี่ย 3 แปลง[1]	ป่าทดแทน เฉลี่ย 3 แปลง[1]
16	2.50	1.29	0.38
17	1.63	1.65	0.40
18 และ 19	4.85	3.42	0.81
29	2.73	1.40	0.29
30 และ 31	1.35	1.44	0.25
รวม	**34.92**	**27.55**	**6.82**
รวมทั้งหมด	**126.35**	**97.54**	**28.08**
ค่าเฉลี่ยรายวัน[1]	**3.59**	**2.78**	**0.79**

หมายเหตุ : วันที่เก็บข้อมูลรวมกัน เนื่องจากเป็นวันที่ฝนตกต่อเนื่องกัน และไม่สามารถเข้าไปเก็บข้อมูลได้

[1] คือค่าเฉลี่ยปริมาณตะกอนแห้งจากแปลงทดลองที่เก็บเป็นรายวัน

จากการเก็บตัวอย่างปริมาณตะกอนแห้งจากแปลงทดลองทั้ง 3 ประเภทพื้นที่ รวม 9 แปลง ผู้วิจัยได้นำข้อมูลของปริมาณตะกอนแห้งในแปลงทดลองของแต่ละแปลงในแต่ละพื้นที่ ได้แก่ พื้นที่เปิดโล่ง จำนวน 3 แปลง สวนยางพาราจำนวน 3 แปลง และป่าทดแทน จำนวน 3 แปลง มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) เพื่อดูค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณตะกอนแห้งว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ ก่อนจะนำค่าเฉลี่ยมาเป็นตัวแทนของข้อมูลปริมาณตะกอนแห้งในแต่ละประเภทพื้นที่ พบว่าปริมาณตะกอนแห้ง 3 แปลงในพื้นที่เปิดโล่ง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นเดียวกันปริมาณตะกอนแห้ง 3 แปลงในสวนยางพารา และ 3 แปลงในป่าทดแทน ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติดังตารางที่ 4-4 4-5 และ 4-6

จากตารางที่ 4-3 ปริมาณตะกอนแห้งจากแปลงทดลอง คือปริมาณดินที่สูญเสียจากการชะล้างพังทลาย ซึ่งปริมาณการชะล้างพังทลายของดินมีหน่วยเป็น ตัน/พื้นที่ และเนื่องจากปริมาณการสูญเสียดินดังกล่าวอยู่ในรูปต่อพื้นที่ ดังนั้นจึงสามารถบ่งบอกอัตราการชะล้างพังทลายของดินได้ในขณะเดียวกัน จึงสามารถสรุปอัตราการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่เปิดโล่ง สวนยางพารา และป่าทดแทน แสดงดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ปริมาณหรืออัตราดินที่สูญเสียจากการชะล้างพังทลาย

พื้นที่	ปริมาณหรืออัตราการชะล้างพังทลายของดิน		ร้อยละ
	ตัน/เฮกตาร์	ตัน/ไร่	
พื้นที่เปิดโล่ง	126.35	20.22	50.16
สวนยางพารา	97.54	15.60	38.70
ป่าทดแทน	28.08	4.49	11.14
รวม	**-**	**-**	**100**

หมายเหตุ : (1) 1 เฮกตาร์ เท่ากับ 6.25 ไร่

(2) ปริมาณดินที่สูญเสียจากการชะล้างพังทลายจากการทดลองนี้เก็บข้อมูลเพียง 3 เดือนเท่านั้น ซึ่งถ้าหากเก็บข้อมูลครบ 1 ปี ปริมาณดินที่สูญเสียควรจะมีค่ามากกว่านี้

จากตารางที่ 4-4 พื้นที่เปิดโล่งมีอัตราการชะล้างพังทลายของดินมากที่สุด เท่ากับ 20.22 ตัน/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 50.16 ของการชะล้างพังทลายดินในพื้นที่ 3 ประเภทรวมกัน รองลงมาคือ สวนยางพารา เท่ากับ 15.60 ตัน/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 38.70 และป่าทดแทน เท่ากับ 4.49 ตัน/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 11.14 เมื่อนำข้อมูลอัตราการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 ประเภท มาประเมินเป็นการชะล้างพังทลายของดินทั้งหมดของแต่ละพื้นที่ โดยการนำมาคูณกับจำนวนพื้นที่ทั้งหมดของแต่ละประเภท ได้ผลสรุปแสดงดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 อัตราการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์และปริมาณการสูญเสียดินทั้งหมด

พื้นที่ (ไร่)	จำนวน (ไร่)[1]	การสูญเสียดินทั้งหมด	
		ตัน/ไร่	ตัน[2]
พื้นที่เปิดโล่ง	342.29	20.22[a]	6,921.10
สวนยางพารา	2,757.35	15.60[b]	43,014.66
ป่าทดแทน	2,824.88	4.49[c]	12,683.70
รวม	**5,924.52**	**-**	**62,619.46**

หมายเหตุ : (1) [1] ตารางที่ 3 – 1

(2) [2] มาจากจำนวนไร่คูณกับการสูญเสียดินทั้งหมด (ตัน/ไร่)

(3) ปริมาณดินที่สูญเสียจากการชะล้างพังทลายจากการทดลองนี้เก็บข้อมูลเพียง 3 เดือนเท่านั้น ซึ่งถ้าหากเก็บข้อมูลครบ 1 ปี ปริมาณดินที่สูญเสียควรจะมีค่ามากกว่านี้

(4) a b และ c คือ กลุ่มของผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการสูญเสียดินของพื้นที่เปิดโล่ง สวนยางพารา และป่าทดแทน ซึ่งทั้ง 3 พื้นที่ตกอยู่ในคนละกลุ่มกัน

จากตาราง 4-5 การสูญเสียดินทั้งหมดบนพื้นที่โล่ง สวนยางพารา และป่าทดแทนเท่ากับ 6,921.10 43,014.66 และ 12,683.70 ตัน ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลปริมาณการสูญเสียดินที่ได้จากพื้นที่ทั้ง 3 ประเภท มาวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณดินที่สูญเสียในแต่ละพื้นที่ (ANOVA) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อทดสอบต่อไปว่าคู่ของพื้นที่ใดบ้างที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ได้แก่ คู่ของป่าทดแทนกับสวนยางพารา คู่ของป่าทดแทนกับพื้นที่เปิดโล่ง และคู่ของสวนยางพารากับพื้นที่เปิดโล่ง โดยการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Duncan 's multiple range test) พบว่าทุกคู่พื้นที่ มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันทุกคู่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.05 จะเห็นว่าการสูญเสียดินรวมในพื้นที่แต่ละประเภทจะขึ้นอยู่กับจำนวนพื้นที่ของแต่ละประเภท และเมื่อนำการสูญเสียดินของพื้นที่ทั้ง 3 ประเภทมารวมกัน ก็จะได้เป็นข้อมูลการสูญเสียดินบนเขาคอหงส์ของปีที่ทำการทดลอง ตามเกณฑ์ที่ได้พิจารณาไว้ในหัวข้อที่ 3.1.1 ซึ่งมีการชะล้างพังทลายของดินเท่ากับ 62,619.46 ตัน

จากข้อมูลการสูญเสียดินในพื้นที่แต่ละประเภท เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับสมการสูญเสียดินสากล USLE เพื่อสร้างเป็นสมการคำนวณการสูญเสียดินบนพื้นที่เขาคอหงส์ โดยมีสมการ A = RKLSCP แสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อที่ 4.1.1.2 ที่จะกล่าวต่อไป

4.1.1.2 ผลการคำนวณค่าปัจจัยต่างๆ ในสมการสูญเสียดินสากล

เมื่อนำข้อมูลการสูญเสียดินมาคำนวณหาค่าปัจจัยต่างๆ เป็นสมการการสูญเสียดินของพื้นที่เขาคอหงส์ จากสมการ A = RKLSCP โดย A คือปริมาณการสูญเสียดินตามการวิเคราะห์ข้อมูลในหัวข้อที่ 3.3 มีผลการคำนวณ ดังนี้

ก. พลังน้ำฝน ที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน (R–factor) จากสมการ

$$R = 0.4669 X – 12.1415$$

เมื่อ R คือ ค่าดัชนีพลังงานการชะล้างของฝน (เมตริกตัน/เฮกตาร์)

X คือ ค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่ได้จากการทดลองในฤดูฝน (ตารางที่ 4-2) เท่ากับ 1472.54 มิลลิเมตร

เพราฉะนั้น

$$R = 0.4669 \times 1472.54 – 12.1415$$

$$= 675.387 \text{ เมตริกตัน/เฮกตาร์}$$

ข. อิทธิพลของความยาวและดีกรีความลาด โดยวัดความยาวความลาดชัน (λ) และเปอร์เซ็นต์ความลาดชัน (s) จากแปลงทดลองแต่ละแปลง (LS-factor) จากสมการ

$$S = (0.43 + 0.30s + 0.043s^2) / 6.613$$

$$L = (\lambda /22.13)^{0.5}$$

ดังนั้น $$LS = [(0.43 + 0.30s + 0.043s^2) / 6.613] \times [(\lambda /22.13)^{0.5}]$$

เมื่อ S คือ ปัจจัยความลาดชัน

s คือ เปอร์เซ็นต์ความลาดชันเฉลี่ยของพื้นที่ป่าทดแทน สวนยางพารา และพื้นที่เปิดโล่ง เท่ากับ 19, 19 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

L คือ ปัจจัยความยาวความลาดชัน

λ คือ ความยาวของความลาดชันหรือความยาวของแปลงทดลองเท่ากับ 12 เมตร

เพราะฉะนั้น

LS ของป่าทดแทน $= [(0.43 + 0.30(19) + 0.043(19)^2) / 6.613]x[(12 /22.13)^{0.5}]$

$= 2.411$

LS ของสวนยางพารา $= [(0.43 + 0.30(19) + 0.043(19)^2) / 6.613]x[(12 /22.13)^{0.5}]$

$= 2.411$

LS ของพื้นที่เปิดโล่ง $= [(0.43 + 0.30(20) + 0.043(20)^2) / 6.613]x[(12 /22.13)^{0.5}]$

$= 2.631$

ค. พืชพันธุ์ที่ปกคลุมและมาตรการอนุรักษ์ที่มีผลต่อการควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน (soil and crop management factor, CP-factor) จากสมการ

$$CP = A_{cp} / A_{bare-plot}$$

เมื่อ A_{cp} คือ น้ำหนักแห้งของตะกอนที่ได้จากแปลงทดลองที่มีพืชพันธุ์และสิ่งปกคลุมดินปกคลุมในที่ลาดชัน มีหน่วยเป็นตัน/เฮกตาร์ โดยพื้นที่ป่าทดแทนและสวนยางพารา มีน้ำหนักแห้งของตะกอน (ตารางที่ 4-7) เท่ากับ 28.080 และ 97.540 ตัน/เฮกตาร์

$A_{bare-plot}$ คือ น้ำหนักแห้งของตะกอนที่ได้จากแปลงทดลองว่างเปล่าบนพื้นที่เปิดโล่งตามแนวลาดชัน (bare soil) มีหน่วยเป็นตัน/เฮกตาร์ โดยที่น้ำหนักแห้งของตะกอนที่ได้จากพื้นที่เปิดโล่ง (ตารางที่ 4-7) เท่ากับ 126.350 ตัน/เฮกตาร์

เพราะฉะนั้น

CP ของป่าทดแทน $= 28.080/126.350$

$= 0.222$

CP ของสวนยางพารา $= 97.540/126.350$

$= 0.772$

CP ของพื้นที่เปิดโล่ง $= 126.350/126.350$

$= 1$

ง. ความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดินจากแปลงทดลอง (soil erodibility factor, K-factor) จากสมการ

$$K = A / RLSCP$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักของตะกอนแห้งที่ได้จากแปลงทดลอง มีหน่วยเป็นตัน/เฮกตาร์ โดยพื้นที่ป่าทดแทน สวนยางพารา และพื้นที่เปิดโล่งมีน้ำหนักของตะกอนแห้ง เท่ากับ 28.080, 97.540 และ 126.350 ตัน/เฮกตาร์

R คือ ดัชนีพลังงานการชะล้างของฝนเท่ากับ 675.387 เมตริกตัน/เฮกตาร์

LS คือ ดัชนีที่เกิดจากอิทธิพลของความยาวและดีกรีความลาดชันโดยพื้นที่ป่าทดแทน สวนยางพารา และพื้นที่เปิดโล่ง มีค่า LS เท่ากับ 2.411, 2.411 และ 2.631 ตามลำดับ

CP คือ ดัชนีพืชพรรณคลุมดิน

เพราฉะนั้น

K ของป่าทดแทน = 28.080/(675.387x2.411x0.222)
= 0.077

K ของสวนยางพารา = 97.540/(675.387x2.411x0.772)
= 0.077

K ของพื้นที่เปิดโล่ง = 126.350/(675.387x2.631x1.000)
= 0.071

สรุปค่าปัจจัยต่างๆ ในสมการการสูญเสียดินสากล A = RKLSCP ที่ได้จากการคำนวณข้างต้น ได้ดังตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 ผลการคำนวณค่าปัจจัยในสมการสูญเสียดินสากล A=RKLSCP

พื้นที่	A ปริมาณตะกอนแห้งจากแปลงทดลอง (ตัน/เฮกตาร์)	R ดัชนีพลังงานการชะล้างของฝน (เมตริกตัน/เฮกตาร์/ปี)	K ดัชนีความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดิน	LS ดัชนีความยาวและความลาดชัน	CP ดัชนีพืชพรรณคลุมดิน
พื้นที่เปิดโล่ง	126.375	675.387	0.071	2.631	1.000
สวนยางพารา	97.500	675.387	0.077	2.411	0.772
ป่าทดแทน	28.063	675.387	0.077	2.411	0.222

หมายเหตุ : ค่าปัจจัยต่างๆ ในตารางนี้เป็นค่าที่ได้จากการทดลองเก็บข้อมูลเพียง 3 เดือนเท่านั้น ซึ่งถ้าหากเก็บข้อมูลครบ 1 ปี ค่า A และ R ควรจะมีค่ามากกว่านี้ ส่วนค่าอื่นๆ อาจจะมีค่ามากขึ้นหรือน้อยลงขึ้นอยู่กับสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงของ A และ R

จากตารางที่ 4-6 คือค่าปัจจัยในสมการสูญเสียดินของพื้นที่เขาคอหงส์ ซึ่งสมการแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์กันของค่าแต่ละปัจจัยที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน

4.1.2 ผลการประเมินระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน

ผลการประเมินระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน ตามการจัดชั้นความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินของกรมพัฒนาที่ดิน (2524) ซึ่งได้จัดชั้นการรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินไว้ 5 ระดับ คือ น้อยมาก (0-2 ตัน/ไร่/ปี) น้อย (2-5 ตัน/ไร่/ปี) ปานกลาง (5-15 ตัน/ไร่/ปี) รุนแรง (15-20 ตัน/ไร่/ปี) และรุนแรงมาก (>20 ตัน/ไร่/ปี) พบว่าเมื่อนำอัตราการสูญเสียดินทั้งหมดในระยะเวลา 3 เดือน ซึ่งเท่ากับ 62,619.46 ตัน/ปี หารด้วยพื้นที่ทั้งหมด 5,924.52 ไร่ เขาคอหงส์มีระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินเฉลี่ยอยู่ในระดับ ปานกลาง (10.57 ตัน/ไร่) โดยเมื่อจัดระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินตามพื้นที่ พบว่า พื้นที่ป่าทดแทน พื้นที่สวนยางพารา และพื้นที่โล่ง มีระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินน้อย (4.49 ตัน/ไร่) รุนแรง (15.60 ตัน/ไร่) และรุนแรงมาก (20.22 ตัน/ไร่) ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 การจัดชั้นความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์

พื้นที่	ปริมาณการสูญเสียดิน (ตัน/ไร่/ปี)	ชั้นการรุนแรงของการชะล้างพังทลาย
พื้นที่เปิดโล่ง	20.22	รุนแรงมาก
สวนยางพารา	15.60	รุนแรง
ป่าทดแทน	4.49	น้อย
รวม	**10.57**[1]	**ปานกลาง**

หมายเหตุ : (1) [1] ได้มาจากการนำปริมาณดินที่สูญเสียทั้งหมด 62,619.46 ตัน/ปี หารด้วยพื้นที่ทั้งหมด 5,924.52 ไร่ (ไม่ได้มาจากการเฉลี่ยของตัวเลขในตาราง)

(2) การจัดชั้นความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์จากการทดลองนี้ได้มาจากการเก็บข้อมูลเพียง 3 เดือนเท่านั้น ซึ่งถ้าหากเก็บข้อมูลครบ 1 ปี ระดับความรุนแรงน่าจะมากกว่านี้

4.1.3 ผลการประเมินปริมาณอินทรียวัตถุที่สูญเสียไปจากการชะล้างพังทลายของดิน

ผลการประเมินปริมาณอินทรียวัตถุที่สูญเสียไปจากการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ จากการส่งวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุที่ภาควิชาปฐพี คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ตามหัวข้อที่ 3.3 แสดงดังตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 ปริมาณธาตุอาหารหลักในดินจากแปลงทดลอง

แปลงทดลอง	ปริมาณธาตุอาหารหลักในดิน 1 กิโลกรัม		
	N (kg)	**P** (kg)x10^{-6}	**K** (kg)x10^{-6}
พื้นที่เปิดโล่ง 1	0.19	4.74	79.72
พื้นที่เปิดโล่ง 2	0.13	3.55	55.38
พื้นที่เปิดโล่ง 3	0.16	2.74	76.24
เฉลี่ย	**0.16**	**3.68**	**70.45**
สวนยางพารา 1	0.10	2.83	35.05
สวนยางพารา 2	0.13	2.93	32.64
สวนยางพารา 3	0.11	2.42	22.68

แปลงทดลอง	ปริมาณธาตุอาหารหลักในดิน 1 กิโลกรัม		
	N (kg)	P (kg)x10^{-6}	K (kg)x10^{-6}
เฉลี่ย	**0.11**	**2.73**	**30.12**
ป่าทดแทน 1	0.17	2.58	49.09
ป่าทดแทน 2	0.09	3.50	40.57
ป่าทดแทน 3	0.10	3.25	38.04
เฉลี่ย	**0.12**	**3.11**	**42.57**

จากปริมาณธาตุอาหารในดิน N P และ K ในตารางที่ 4-13 ในดิน 1 กิโลกรัม เมื่อจะคำนวณปริมาณธาตุอาหาร N P และ K ทั้งหมดที่สูญเสียไป ทำได้โดยการนำมาคูณกับปริมาณดินที่สูญเสียทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สูญเสียจากการชะล้างพังทลายของดินทั้งหมดของเขาคอหงส์

พื้นที่	ปริมาณดินที่สูญเสีย (กิโลกรัม) $x10^3$ (A)	ธาตุอาหารที่สูญเสียในดิน 1 กิโลกรัม (กิโลกรัม)			ปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียทั้งหมด (กิโลกรัม)		
		N	P $x10^{-6}$	K $x10^{-6}$	N	P	K
		(1)	(2)	(3)	(1)x(A)	(2)x(A)	(3)x(A)
พื้นที่เปิดโล่ง	6,921.10	0.16	3.68	70.45	1,107,376.00	25.47	487.59
สวนยางพารา	43,014.66	0.11	2.73	30.12	4,731,612.00	117.43	1,295.60
ป่าทดแทน	12,683.70	0.12	3.11	42.57	1,522,044.00	39.45	539.95
รวม	**62,619.46**	-	-	-	**7,361,032.00**	**182.35**	**2,323.14**

หมายเหตุ : ปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียทั้งหมดเกิดจากการทดลองที่เก็บข้อมูลเพียง 3 เดือนเท่านั้น ซึ่งถ้าหากเก็บข้อมูลครบ 1 ปี ปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียทั้งหมดควรจะมีค่ามากกว่านี้

จากตารางที่ 4-9 ปริมาณ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ทั้งหมดที่สูญเสียจากการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ เท่ากับ 73,610.35 182.35 และ 2,323.15 กิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อพิจารณาปริมาณธาตุอาหารหลัก N P และ K ที่สูญเสียจากการชะล้างพังทลายของดินยกตามประเภทพื้นที่ ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สูญเสียไปจากการชะล้างพังทลายของดิน

พื้นที่		**ธาตุอาหาร**		
ประเภท	**จำนวน (ไร่)**	**ไนโตรเจน N (กิโลกรัม/ไร่)**	**ฟอสฟอรัส P (กิโลกรัม/ไร่)**	**โพแทสเซียม K (กิโลกรัม/ไร่)**
พื้นที่เปิดโล่ง	342.29	3,235.20	0.07	1.42
สวนยางพารา	2,757.35	1,716.00	0.04	0.47
ป่าทดแทน	2,824.88	538.80	0.01	0.19
รวม	**5,924.52**	**1,242.47[1]**	**0.03[2]**	**0.39[3]**

หมายเหตุ : [1, 2] และ [3] ได้มาจากการนำปริมาณธาตุอาหารหลัก N P และ K ที่สูญเสียทั้งหมด จากตารางที่ 4-9 หารด้วยพื้นที่ทั้งหมด 5,924.52 ไร่ (ไม่ได้มาจากการเฉลี่ยของตัวเลขในตาราง)

4.1.4 ผลการประเมินปริมาณตะกอนที่ทับถมในแหล่งน้ำจากการชะล้างพังทลายของดิน

ผลการประเมินปริมาณตะกอนที่ทับถมในแหล่งน้ำจากการชะล้างพังทลายของดิน แบ่งการนำเสนอข้อมูล 2 ด้าน คือ ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณตะกอนแขวนลอยและผลการประเมินอัตราส่วนการถูกพัดพาเป็นตะกอนในลำน้ำ (sediment delivery ratio, SDR)

4.1.4.1 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณตะกอนแขวนลอย

ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณตะกอนแขวนลอยบนเขาคอหงส์จากการทดลองในช่วงฤดูฝนตลอดระยะเวลา 3 เดือน แสดงดังตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4-11 ปริมาณตะกอนแขวนลอยจากแปลงทดลอง

วันที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณตะกอนแขวนลอยจากแปลงทดลอง (ตัน/เฮกตาร์)x10^{-2}		
	พื้นที่เปิดโล่ง เฉลี่ย 3 แปลง	สวนยางพารา เฉลี่ย 3 แปลง	ป่าทดแทน เฉลี่ย 3 แปลง
พฤศจิกายน 2554			
6	3.98	2.31	0.28
7	8.15	4.95	0.74
14	7.55	3.18	1.01
15	11.51	8.65	1.12
16 และ 18	23.90	11.72	1.51
19 และ 20	18.43	13.34	1.36
21 และ 22	34.14	25.30	2.27
23 และ 24	29.95	13.07	2.30
25	5.80	2.68	0.42
26 และ 27	17.42	13.05	1.29
รวม	**160.83**	**98.25**	**12.30**
ธันวาคม 2554			
3 และ 4	17.50	13.16	2.58
8 9 และ 10	18.98	10.51	2.65
11	14.04	7.20	0.78
12	16.50	12.44	2.50
15	13.80	10.67	2.52
16 และ 17	28.30	17.74	2.15
18	6.71	3.31	0.86
19 และ 20	6.59	4.50	0.44
21	16.74	12.70	2.70
22 และ 23	12.95	2.77	1.49
24	5.39	3.87	0.33
29	17.17	10.98	1.56
30	13.26	16.60	1.80
31	62.02	43.21	5.54
รวม	**249.95**	**169.66**	**27.90**

วันที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณตะกอนแขวนลอยจากแปลงทดลอง (ตัน/เฮกตาร์)x10^{-2}		
	พื้นที่เปิดโล่ง เฉลี่ย 3 แปลง	สวนยางพารา เฉลี่ย 3 แปลง	ป่าทดแทน เฉลี่ย 3 แปลง
มกราคม 2555			
1 และ 2	11.84	9.85	1.00
8	6.81	2.70	0.22
9	9.94	6.97	0.63
10	14.68	7.32	1.06
11 และ 12	21.80	15.63	1.55
13	12.37	13.30	1.80
14 และ 15	6.58	2.79	0.21
16	8.65	2.55	0.30
17	6.84	5.11	0.37
18 และ 19	17.94	10.58	0.28
29	9.80	4.90	0.14
30 และ 31	6.43	4.03	0.25
รวม	**133.68**	**85.73**	**7.81**
รวมทั้งหมด	**544.46**	**353.64**	**48.01**

หมายเหตุ : วันที่เก็บข้อมูลรวมกัน เนื่องจากเป็นวันที่ฝนตกต่อเนื่องกัน และไม่สามารถเข้าไปเก็บข้อมูลได้

จากตารางที่ 4-11 ปริมาณตะกอนแขวนลอยจากแปลงทดลอง คือปริมาณตะกอนดินแขวนลอยที่เกิดจากดินที่สูญเสียจากการชะล้างพังทลาย ซึ่งปริมาณตะกอนดินแขวนลอยมีหน่วยเป็น ตัน/พื้นที่ และเนื่องจากปริมาณการสูญเสียตะกอนดินแขวนลอยดังกล่าวอยู่ในรูปต่อพื้นที่ ดังนั้นจึงสามารถบ่งบอกอัตราการเกิดของตะกอนดินแขวนลอยได้ในขณะเดียวกัน จึงสามารถสรุปตะกอนดินแขวนลอยที่เกิดบนพื้นที่เปิดโล่ง สวนยางพารา และป่าทดแทน แสดงดังตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-12 ปริมาณตะกอนดินแขวนลอยที่เกิดจากดินที่สูญเสียจากการชะล้างพังทลาย

พื้นที่	ปริมาณตะกอนดินแขวนลอย		ร้อยละ
	ตัน/เฮกตาร์[1]	ตัน/ไร่	
พื้นที่เปิดโล่ง	5.4446	0.87	57.24
สวนยางพารา	3.5364	0.57	37.50
ป่าทดแทน	0.4801	0.08	5.26
รวม	**9.4611**	**1.52**	**100**

หมายเหตุ : (1) 1 เฮกตาร์ เท่ากับ 6.25 ไร่

(2) [1] จากตาราง 4-11

(3) ปริมาณตะกอนดินแขวนลอยที่สูญเสียไปจากการชะล้างพังทลายของดินจากการทดลองนี้เก็บข้อมูลเพียง 3 เดือนเท่านั้น ซึ่งถ้าหากเก็บข้อมูลครบ 1 ปี ปริมาณดังกล่าวควรจะมีค่ามากกว่านี้

จากตารางที่ 4-12 ปริมาณตะกอนดินแขวนลอยจากพื้นที่โล่งเท่ากับ 5.4446 ตัน/เฮกตาร์ (0.87 ตัน/ไร่) สวนยางพารา 3.5364 ตัน/เฮกตาร์ (0.57 ตัน/ไร่) และป่าทดแทน 0.4801 ตัน/เฮกตาร์ (0.08 ตัน/ไร่) เมื่อนำมาคำนวณเป็นปริมาณตะกอนดินแขวนลอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด โดยนำปริมาณตะกอนดินแขวนลอยของแต่ละพื้นที่คูณกับจำนวนพื้นที่ทั้งหมด สรุปดังตารางที่ 4-13

ตารางที่ 4-13 ปริมาณตะกอนแขวนลอยทั้งหมดของเขาคอหงส์

พื้นที่	จำนวน (ไร่)	ปริมาณตะกอนแขวนลอยต่อไร่ (ตัน/ไร่)	ปริมาณตะกอนแขวนลอยทั้งหมด (ตัน)
พื้นที่เปิดโล่ง	342.29	0.87	297.79
สวนยางพารา	2,757.35	0.57	1,571.69
ป่าทดแทน	2,824.88	0.08	225.99
รวม	**5,924.52**	**0.35**[1]	**2,095.47**

หมายเหตุ : (1) [1] ได้มาจากการนำปริมาณตะกอนดินแขวนลอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด 2,095.47 ตัน หารด้วยพื้นที่ทั้งหมด 5,924.52 ไร่ (ไม่ได้มาจากการเฉลี่ยของตัวเลขในตาราง)

(2) ปริมาณตะกอนแขวนลอยทั้งหมดที่สูญเสียไปจากการชะล้างพังทลายของดินจากการทดลองนี้เก็บข้อมูลเพียง 3 เดือนเท่านั้น ซึ่งถ้าหากเก็บข้อมูลครบ 1 ปี ปริมาณดังกล่าวควรจะมีค่ามากกว่านี้

4.1.4.2 ผลการประเมินอัตราส่วนการถูกพัดพาเป็นตะกอนในลำน้ำ (sediment delivery ratio, SDR)

ผลการคำนวณอัตราส่วนการถูกพัดพาเป็นตะกอนในลำน้ำ (sediment delivery ratio, SDR) จากค่าตะกอนแขวนลอย (suspended solids, SS) และปริมาณค่าการสูญเสียดินจากสมการ USLE แสดงผลการคำนวณดังนี้

SS = SDRxE

SDR = SS/E

เมื่อ SS = ปริมาณตะกอนดินแขวนลอย เท่ากับ 2,095.47 ตัน/3 เดือน

E = ปริมาณดินที่ถูกกัดเซาะ (on site soil erosion) เท่ากับ 62,619.46 ตัน/3 เดือน

เพราะฉะนั้น

SDR = 2,095.47/62,619.46

= 0.033

ผลการประเมินอัตราส่วนการถูกพัดพาเป็นตะกอนในลำน้ำ SDR เท่ากับ 0.033 และเมื่อคำนวณอัตราส่วนการถูกพัดพาเป็นตะกอนในลำน้ำ SDR ในพื้นที่ทั้ง 3 ประเภท ได้ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4-14

ตารางที่ 4-14 อัตราส่วนการถูกพัดพาเป็นตะกอนในลำน้ำ SDR จากประเภทของพื้นที่การใช้ประโยชน์ต่างๆ ของเขาคอหงส์

พื้นที่	**ปริมาณตะกอนแขวนลอย (SS) (ตัน)**	**ปริมาณดินที่สูญเสีย (E) (ตัน)**	**อัตราส่วนการถูกพัดพาเป็นตะกอนในลำน้ำ (SDR)**
พื้นที่เปิดโล่ง	297.79	6,921.10	0.043
สวนยางพารา	1,571.69	43,014.66	0.036
ป่าทดแทน	225.99	12,683.70	0.017
รวม	**2,095.47**	**62,619.46**	**0.033**

หมายเหตุ : ปริมาณตะกอน ดินที่สูญเสีย และอัตราส่วนการถูกพัดพาเป็นตะกอนในลำน้ำจากการชะล้างพังทลายของดินจากการทดลองนี้เก็บข้อมูลเพียง 3 เดือนเท่านั้น ซึ่งถ้าหากเก็บข้อมูลครบ 1 ปี ปริมาณดังกล่าวควรจะมีค่ามากกว่านี้

อัตราส่วนการถูกพัดพาเป็นตะกอนในลำน้ำ (SDR) มีประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้การตั้งสมมติฐานในการเกิดตะกอนทับถมในแหล่งน้ำในงานวิจัยนี้

4.2 ผลการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์

ข้อมูลต่างๆ ในหัวข้อ 4.1 เป็นส่วนสำคัญในการนำมา ใช้สำหรับประเมินมูลค่าผลกระทบจากการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ ซึ่งผลการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ ที่ประเมินมาจากผลกระทบที่สามารถนำมาประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐกิจได้ มีผลการวิจัยดังนี้

4.2.1 ผลการประเมินมูลค่าการสูญเสียหน้าดิน

ผลการประเมินมูลค่าการสูญเสียหน้าดิน โดยนำมาเปรียบเทียบกับราคาซื้อขายหน้าดินในท้องตลาด ซึ่งส่วนใหญ่มีการซื้อขายอยู่ 2 แบบ คือ 1) เพื่อนำไปปลูกต้นไม้ และ 2) เพื่อนำไปปรับแต่งพื้นที่หรือก่อสร้าง ซึ่งผู้วิจัยได้นำการซื้อขายทั้ง 2 แบบมาพิจารณาและเลือกแบบที่มีความเหมาะสมในการตีมูลค่ากับงานวิจัยนี้ โดยเลือกใช้วิธีการซื้อขายหน้าดินเพื่อนำไปปรับแต่งพื้นที่หรือก่อสร้าง ดังที่กล่าวรายละเอียดไว้แล้วในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.5.2.1 เป็นการซื้อขายหน้าดินในหน่วย ราคา/ภาระบรรทุก โดยมีราคาการซื้อขายเท่ากับ 133.33 บาท/ลบ.ม.

จากผลการวิจัยอัตราการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์มีปริมาณดินที่สูญเสียทั้งหมดเท่ากับ 62,619.46 ตัน เมื่อแปลงเป็นหน่วยลูกบาศก์เมตร โดยการหารด้วย 1.5 ตัน คิดเป็น 41,746.31 ลูกบาศก์เมตร สามารถนำมาคำนวณมูลค่าตามสูตรคำนวณมูลค่าในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.5.2.1 ได้ดังตัวอย่างข้างล่างนี้

<u>สูตรการคำนวณมูลค่า</u>

$S_L = Q_S \times P_S$

= 41,746.31 (ลูกบาศก์เมตร) x 133.33 (บาท/ลูกบาศก์เมตร)

= 5,566,035 (บาท)

เมื่อ S_L คือ มูลค่าของหน้าดินที่สูญเสีย (บาท)

Q_S คือ ปริมาณดินที่สูญเสีย เท่ากับ 41,746.31 ลูกบาศก์เมตร

P_S คือ ราคาดินต่อหน่วยน้ำหนัก เท่ากับ 133.33/ลูกบาศก์เมตร

เมื่อคำนวณมูลค่าการสูญเสียหน้าดินตามพื้นที่การใช้ประโยชน์ จะได้ผลการคำนวณดังตารางที่ 4-15

ตารางที่ 4-15 สรุปมูลค่าการสูญเสียหน้าดิน

พื้นที่	จำนวน (ไร่) (1)	ปริมาณดินที่สูญเสีย ตัน[1]	ลบ.ม.[2] (2)	ราคาต่อหน่วย (บาท/ลบ.ม.) (3)	มูลค่าการสูญเสีย บาท (2)x(3) (4)	บาท/ไร่ (4)/(1)	%
พื้นที่เปิดโล่ง	342.29	6,921.10	4,614.06		615,193	1,797	11.05
สวนยางพารา	2,757.35	43,014.66	28,676.44	133.33	3,823,430	1,386	68.69
ป่าทดแทน	2,824.88	12,683.70	8,455.80		1,127,412	399	20.26
รวม	**5,924.52**	**62,619.46**	**41,746.31**	**-**	**5,566,035**	**939**	**100.00**

หมายเหตุ : (1) [1] จากตาราง 4-5

(2) [2] แปลงหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร โดย [1] หารด้วย 1.5

(3) มูลค่าการสูญเสียหน้าดินจากการชะล้างพังทลายของดินจากการทดลองนี้เก็บข้อมูลเพียง 3 เดือนเท่านั้น ซึ่งถ้าหากเก็บข้อมูลครบ 1 ปี มูลค่าดังกล่าวควรจะมีค่ามากกว่านี้

จากตารางที่ 4-15 มูลค่าการสูญเสียหน้าดินบนพื้นที่เขาคอหงส์ทั้งหมดในระยะเวลา 3 เดือนมีมูลค่าเท่ากับ 5,566,176 บาท เฉลี่ยเท่ากับ 939 บาท/ไร่ โดยพื้นที่โล่งมีมูลค่าการสูญเสียหน้าดินเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 1,797 บาท รองลงมา คือสวนยางพารา เท่ากับ 1,386 บาท/ไร่ และป่าทดแทน เท่ากับ 399 บาท/ไร่

4.2.2 ผลการประเมินมูลค่าการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ธาตุอาหาร N P K)

ผลการประเมินมูลค่าการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ธาตุอาหาร N P K) โดยนำมาเปรียบเทียบกับราคาแม่ปุ๋ยของกรมการค้าภายในประเทศปี 2554 ตามที่พิจารณาไว้ในหัวข้อที่ 3.5.2.2 โดยมูลค่าของธาตุอาหารไนโตรเจน (N) นำมาเปรียบเทียบกับราคาแม่ปุ๋ยไนโตรเจน (Urea) สูตร 46-0-0 ราคากระสอบละ (50 กิโลกรัม) 815 บาท เฉลี่ยกิโลกรัมละ 16.30 บาท มูลค่าของธาตุอาหารฟอสฟอรัส (P) นำมาเปรียบเทียบกับราคาแม่ปุ๋ยฟอสเฟต (DAP) สูตร 18-46-0 ราคากระสอบละ (50 กิโลกรัม) 1,200 บาท เฉลี่ยกิโลกรัมละ 24.00 บาท และมูลค่าของธาตุอาหารโพแทสเซียม (K) นำมาเปรียบเทียบกับราคาแม่ปุ๋ยโพแทสเซียม (MOP) สูตร 0-0-60 ราคากระสอบละ (50 กิโลกรัม) 1,040 บาท เฉลี่ยกิโลกรัมละ 20.80 บาท แสดงดังตารางที่ 4-16

ตารางที่ 4-16 ปริมาณและราคาธาตุอาหารหลักจากการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่เขาคอหงส์

พื้นที่	จำนวน (ไร่)	N		P		K	
		ปริมาณ (กก.)	ราคา (บาท/กก.)	ปริมาณ (กก.)	ราคา (บาท/กก.)	ปริมาณ (กก.)	ราคา (บาท/กก.)
พื้นที่เปิดโล่ง	342.29	1,107,376.00	16.30	25.47	24.00	487.59	20.80
สวนยางพารา	2,757.35	4,731,612.00		117.43		1,295.60	
ป่าทดแทน	2,824.88	1,522,044.00		39.45		539.95	
รวม	**5,924.52**	**7,361,032.00**		**182.35**		**2,323.14**	

จากข้อมูลในตารางที่ 4-16 สามารถนำมาคำนวณมูลค่าตามสูตรการคำนวณมูลค่าในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.5.2.2 ได้ดังตัวอย่างข้างล่างนี้

<u>สูตรการคำนวณมูลค่า</u>

$N_L = Q_{Ni} \times P_{Ni}$

โดยที่ i = N, P, K

(i = N), N_L = 7,361,032.00 (กิโลกรัม) x 16.30 (บาท/กิโลกรัม)

= 119,984,821.60 (บาท)

(i = P), N_L = 182.35 (กิโลกรัม) x 24.00 (บาท/กิโลกรัม)

= 4,376.40 (บาท)

(i = K), N_L = 2,323.14 (กิโลกรัม) x 20.80 (บาท/กิโลกรัม)

= 48,321.31 (บาท)

เมื่อ

N_L คือ มูลค่าธาตุอาหารในดินที่สูญเสีย (บาท)

Q_{Ni} คือ ปริมาณของธาตุอาหารที่สูญเสีย โดยที่ N เท่ากับ 7,361,032.00 กิโลกรัม P เท่ากับ 182.35 กิโลกรัม และ K เท่ากับ 2,323.14 กิโลกรัม

P_{Ni} คือ ราคาต่อหน่วยของธาตุอาหาร โดยที่ N เท่ากับ 16.30 บาท/กิโลกรัม P เท่ากับ 24.00 บาท/กิโลกรัม และ K เท่ากับ 20.08 บาท/กิโลกรัม

เมื่อคำนวณมูลค่าของแต่ละธาตุอาหารที่สูญเสียตามพื้นที่การใช้ประโยชน์ จะได้ผลการคำนวณดังตารางที่ 4-17

ตารางที่ 4-17 มูลค่าการสูญเสียธาตุอาหารหลักจากการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่เขาคอหงส์

พื้นที่	จำนวน (ไร่) (1)	มูลค่าการสูญเสีย					
		N		P		K	
		ทั้งหมด (บาท) (2)	ต่อพื้นที่ (บาท/ไร่) (2)/(1)	ทั้งหมด (บาท) (3)	ต่อพื้นที่ (บาท/ไร่) (3)/(1)	ทั้งหมด (บาท) (4)	ต่อพื้นที่ (บาท/ไร่) (4)/(1)
พื้นที่เปิดโล่ง	342.29	18,050,228	52,733	611	1.78	10,141	29.62
สวนยางพารา	2,757.35	77,125,275	27,970	2,818	1.03	26,948	9.77
ป่าทดแทน	2,824.88	24,809,317	8,782	946	0.33	11,230	3.97
รวม	**5,924.52**	**119,984,820**	-	**4,375**	-	**48,319**	-

หมายเหตุ : มูลค่าการสูญเสียธาตุอาหารหลักจากการชะล้างพังทลายของดินจากการทดลองนี้เก็บข้อมูลเพียง 3 เดือนเท่านั้น ซึ่งถ้าหากเก็บข้อมูลครบ 1 ปี มูลค่าดังกล่าวควรจะมีค่ามากกว่านี้

จากตารางที่ 4-17 เมื่อนำมูลค่าการสูญเสียของธาตุอาหาร N P และ K มารวมกัน แยกตามพื้นที่การใช้ประโยชน์ จะได้ผลการคำนวณดังตารางที่ 4-18

ตารางที่ 4-18 รวมมูลค่าการสูญเสียธาตุอาหารหลักจากการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่เขาคอหงส์

พื้นที่	จำนวน (ไร่)	มูลค่าการสูญเสียธาตุอาหารรวม (N P K)	
		ทั้งหมด (บาท)	ต่อพื้นที่ (บาท/ไร่)
พื้นที่เปิดโล่ง	342.29	18,060,981	52,765
สวนยางพารา	2,757.35	77,155,042	27,981
ป่าทดแทน	2,824.88	24,821,494	8,786
รวม	**5,924.52**	**120,037,517**	**20,261**[1]

หมายเหตุ : (1) [1] ได้มาจากการนำมูลค่าการสูญเสียธาตุอาหารรวมทั้งหมด 120,037,517 บาท หารด้วยพื้นที่ทั้งหมด 5,924.52 ไร่ (ไม่ได้มาจากการเฉลี่ยของตัวเลขในตาราง)

(2) มูลค่าการสูญเสียธาตุอาหารหลักรวมจากการชะล้างพังทลายของดินจากการทดลองนี้เก็บข้อมูลเพียง 3 เดือน เท่านั้น ซึ่งถ้าหากเก็บข้อมูลครบ 1 ปี มูลค่าดังกล่าวควรจะมีค่ามากกว่านี้

จากตารางที่ 4-18 เขาคอหงส์มีมูลค่าการสูญเสียธาตุอาหารหลัก (N P K) จากการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์เท่ากับ 120,037,517 บาท หรือคิดเป็น 20,261 บาท/ไร่ โดยพื้นที่เปิดโล่งมีมูลค่าการสูญเสียต่อไร่มากที่สุด เท่ากับ 52,765 บาท/ไร่ รองลงมา คือสวนยางพารา เท่ากับ 27,981 บาท/ไร่ และป่าทดแทน เท่ากับ 8,786 บาท/ไร่

4.2.3 ผลการประเมินมูลค่าความเสียหายอันเนื่องจากการตื้นเขินของแหล่งน้ำจากการทับถมของตะกอน

ผลการประเมินมูลค่าความเสียหายอันเนื่องจากการตื้นเขินของแหล่งน้ำจากการทับถมของตะกอน โดยในที่นี้คิดเปรียบเทียบจากอ่างเก็บน้ำมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์และอ่างเก็บน้ำค่ายเสนาณรงค์ โดยนำมาเปรียบเทียบกับอัตราราคางานต่อหน่วยในการขุดลอกร่องน้ำ (สำนักงบประมาณ, 2555) มีอัตราราคางานต่อหน่วยอยู่ที่ 27.53 บาท/ลูกบาศก์เมตร และเปรียบเทียบกับอัตราราคาในการซื้อน้ำประปาต่อหน่วยผลิตจากการประปาส่วนภูมิภาค สาขาหาดใหญ่ มีอัตราขายน้ำประปาอยู่ที่ 17.10 บาท/ลูกบาศก์เมตร

จากผลการวิจัยพบว่าข้อมูลปริมาณตะกอนแขวนลอยบนเขาคอหงส์ทั้งหมดเท่ากับ 2,095.47 ตัน หรือคิดเป็น 1,396.98 ลูกบาศก์เมตร (1.5 ตัน เท่ากับ 1 ลูกบาศก์เมตร) หากเกิดการพัดพาของตะกอนแขวนลอยทั้งหมดไปทับถมในอ่างเก็บน้ำ ทำให้เกิดต้นทุนผลกระทบ ซึ่งสามารถนำมาคำนวณมูลค่าตามสูตรในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.5.2.1 โดยคำนวณได้ 2 วิธี ดังตัวอย่างข้างล่างนี้

<u>สูตรการคำนวณมูลค่า</u>

กรณีที่ 1 ทำให้ต้องสูญเสียพื้นที่ในการผลิตน้ำเพื่อใช้ในการอุปโภคและบริโภคจึงต้องมีการซื้อน้ำประปาจากแหล่งผลิตภายนอกมาชดเชยในส่วนที่ต้องสูญเสียไป ได้สูตรคำนวณมูลค่าดังนี้

$S_{DL} = Q_W \times P_W$

= 1,396.98 (ลูกบาศก์เมตร) x 17.10 (บาท/ลูกบาศก์เมตร)

= 23,888.36 (บาท)

เมื่อ S_{DL} = มูลค่าการสูญเสียจากการตื้นเขิน (บาท)

Q_W = ปริมาตรน้ำในอ่างที่สูญเสียไปจากการทับถมของตะกอน เท่ากับ 1,396.98 ลูกบาศก์เมตร

P_W = ค่าใช้จ่ายในการซื้อน้ำประปาจากการประปาส่วนภูมิภาคสาขาหาดใหญ่ เท่ากับ 17.10 บาท/ลูกบาศก์เมตร

กรณีที่ 2 ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการต้องปรับปรุงหรือขุดลอกพื้นที่ที่เกิดปัญหาตื้นเขินจากการทับถมของตะกอน ได้สูตรคำนวณมูลค่าดังนี้

$S_{DL} = Q_{SS} \times P_R$

= 1,396.98 (ลูกบาศก์เมตร) x 27.53 (บาท/ลูกบาศก์เมตร)

= 38,458.86 (บาท)

เมื่อ S_{DL} = มูลค่าการสูญเสียจากการตื้นเขิน (บาท)

Q_{SS} = ปริมาณตะกอนทับถม เท่ากับ 1,396.98 ลูกบาศก์เมตร

P_R = อัตราราคางานต่อหน่วยในการขุดลอกพื้นที่ เท่ากับ 27.53 บาท/ลูกบาศก์เมตร

เมื่อคำนวณมูลค่าความเสียหายอันเนื่องจากการตื้นเขินของอ่างเก็บน้ำจากการทับถมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำแยกตามพื้นที่การใช้ประโยชน์ จะได้ผลการคำนวณดังตารางที่ 4-19

ตารางที่ 4-19 มูลค่าการสูญเสียจากการทับถมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำ

พื้นที่	ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ไปทับถมในอ่างเก็บน้ำ		ราคาที่ใช้ในการคำนวณ		มูลค่าการสูญเสีย	
	ตัน[1]	ลบ.ม.[2]	น้ำประปา[3] (บาท/ลบ.ม.)	ขุดลอก (บาท/ลบ.ม.)	จากราคาน้ำประปา (บาท)	จากราคาขุดลอก (บาท)
พื้นที่เปิดโล่ง	297.79	198.52	17.10	27.53	3,394	5,465
สวนยางพารา	1,571.69	1,047.79			17,917	28,845
ป่าทดแทน	225.99	150.66			2,576	4,147
รวม	**2,095.47**	**1,396.98**			**23,887**	**38,457**

หมายเหตุ : (1) [1] จากตารางที่ 4-14

(2) [2] แปลงหน่วยจาก ตัน เป็น ลบ.ม. โดยหารด้วย 1.5

(3) [3] ราคาน้ำประปายังไม่ได้คิดตามอัตราก้าวหน้า แต่ใช้ค่าเฉลี่ยเท่านั้น และไม่รวมค่าติดตั้งและบำรุงรักษาท่อประปา

(4) มูลค่าการสูญเสียจากการทับถมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำจากการทดลองนี้เก็บข้อมูลเพียง 3 เดือนเท่านั้น ซึ่งถ้าหากเก็บข้อมูลครบ 1 ปี มูลค่าดังกล่าวควรจะมีค่ามากกว่านี้

จากตารางที่ 4-19 มูลค่าการสูญเสียจากการทับถมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำสามารถคำนวณได้ 2 วิธี โดยวิธีแรกคิดจากราคาน้ำประปา เท่ากับ 23,887 บาท และวิธีที่สองคิดจากราคาขุดลอก เท่ากับ 38,457 บาท แต่มูลค่าการสูญเสียในกรณีคิดจากน้ำประปานั้นยังไม่ได้รวมค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการติดตั้งระบบท่อประปาและค่าบำรุงรักษา ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้มูลค่าของกรณีที่สองที่คิดจากราคาขุดลอกเป็นตัวแทนข้อมูลของมูลค่าการสูญเสียจากการทับถมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำ และเมื่อคำนวณมูลค่าการสูญเสียจากการทับถมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำที่คิดจากราคาขุดลอกแยกตามพื้นที่การใช้ประโยชน์ จะได้ผลการคำนวณดังตารางที่ 4-20

ตารางที่ 4-20 มูลค่าการสูญเสียจากการทับถมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำจากการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่เขาคอหงส์

พื้นที่	จำนวน (ไร่)	มูลค่าการสูญเสีย	
		บาท	บาท/ไร่
พื้นที่เปิดโล่ง	342.29	5,465	16
สวนยางพารา	2,757.35	28,845	10
ป่าทดแทน	2,824.88	4,147	1
รวม	**5,924.52**	**38,457**	**6**[1]

หมายเหตุ : (1) [1] ได้มาจากการนำมูลค่าการสูญเสียจากการทับถมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำทั้งหมด 38,457 บาท หารด้วยพื้นที่ทั้งหมด 5,924.52 ไร่ (ไม่ได้มาจากการเฉลี่ยของตัวเลขในตาราง)

(2) มูลค่าการสูญเสียจากการทับถมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำจากการทดลองนี้เก็บข้อมูลเพียง 3 เดือนเท่านั้น ซึ่งถ้าหากเก็บข้อมูลครบ 1 ปี มูลค่าดังกล่าวควรจะมีค่ามากกว่านี้

จากตารางที่ 4-20 มูลค่าการสูญเสียจากการทับถมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำจากการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่เขาคอหงส์เท่ากับ 38,457 บาท หรือคิดเป็น 6 บาท/ไร่ โดยพื้นที่เปิดโล่งมีมูลค่าการสูญเสียต่อไร่มากที่สุด เท่ากับ 16 บาท/ไร่/ปี รองลงมาคือสวนยางพารา เท่ากับ 10 บาท/ไร่ และป่าทดแทน เท่ากับ 1 บาท/ไร่

4.2.4 ผลการประเมินมูลค่ารวมของการสูญเสียจากการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ (เฉพาะผลกระทบที่มีการประเมินมูลค่า)

ผลการประเมินมูลค่ารวมของการสูญเสียจากการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์สามารถนำมาคำนวณมูลค่าตามที่พิจารณาไว้ในหัวข้อที่ 3.5.3 ได้ดังนี้

<u>สูตรการคำนวณมูลค่า</u>

$E_L = S_L + N_L + S_{DL}$

= 5,566,035 (บาท/ปี) + 120,037,517 (บาท) + 38,457 (บาท)

= 125,642,009 บาท/ปี

เมื่อ

E_L คือ มูลค่ารวมของการสูญเสียจากการชะล้างพังทลายของดิน เท่ากับ 125,642,009 บาท

S_L คือ มูลค่าการสูญเสียหน้าดิน เท่ากับ 5,566.035 บาท

N_L คือ มูลค่าการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ธาตุอาหาร N, P, K) เท่ากับ 120,037,517 บาท

S_{DL} คือ มูลค่าความเสียหายของการตื้นเขินของอ่างเก็บน้ำจากการทับถมของตะกอน ในอ่างเก็บน้ำ เท่ากับ 38,457 บาท

ผลการประเมินมูลค่ารวมของการสูญเสียจากการชะล้างพังทลายดินบนเขาคอหงส์ (เฉพาะผลกระทบที่มีการประเมินมูลค่า) คือ 125,642,009 บาท

สรุปผลการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 4-21

ตารางที่ 4-21 สรุปมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์

พื้นที่	มูลค่าการสูญเสีย (บาท)						
	จากการสูญเสียหน้าดิน		จากธาตุอาหารหลัก		จากการตื้นเขินของอ่างเก็บน้ำ		รวม
	ทั้งหมด (บาท)	ต่อพื้นที่ (บาท/ไร่)	ทั้งหมด (บาท)	ต่อพื้นที่ (บาท/ไร่)	ทั้งหมด (บาท)	ต่อพื้นที่ (บาท/ไร่)	(บาท)
พื้นที่เปิดโล่ง	615,193	1,797	18,060,981	52,765	5,465	16	18,681,639
สวนยางพารา	3,823,430	1,386	77,155,042	27,981	28,845	10	81,007,317
ป่าทดแทน	1,127,412	399	24,821,494	8,786	4,147	1	25,953,053
รวม	**5,566,035**	**939**	**120,037,517**	**20,261**	**38,457**	**6**	125,642,009

หมายเหตุ : มูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์จากการทดลองนี้เก็บข้อมูลเพียง 3 เดือนเท่านั้น ซึ่งถ้าหากเก็บข้อมูลครบ 1 ปี มูลค่าดังกล่าวควรจะมีค่ามากกว่านี้

สรุปผลการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์และมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ แสดงดังตารางที่ 4-22

ตารางที่ 4-22 สรุปปริมาณการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์และมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์

พื้นที่	จำนวน (ไร่)	ปริมาณดินที่สูญเสีย		มูลค่าการสูญเสีย[1]	
		ตัน/ไร่	ตัน	บาท/ไร่	บาท
พื้นที่เปิดโล่ง	342.29	20.22	6,921.10	54,578	18,681,639
สวนยางพารา	2,757.35	15.60	43,014.66	29,378	81,007,317
ป่าทดแทน	2,824.88	4.49	12,683.70	9,187	25,953,053
รวม	**5,924.52**	**10.57**	**62,619.46**	**21,207[2]**	**125,642,009**

หมายเหตุ : (1) [1] รวมมูลค่าการสูญเสียจากหน้าดิน ธาตุอาหารหลัก และการตื้นเขินของอ่างเก็บน้ำ

(2) [2] ได้มาจากการนำมูลค่าการสูญเสียทั้งหมด 125,642,009 บาท/ปี หารด้วยพื้นที่ทั้งหมด 5,924.52 ไร่ (ไม่ได้มาจากการเฉลี่ยของตัวเลขในตาราง)

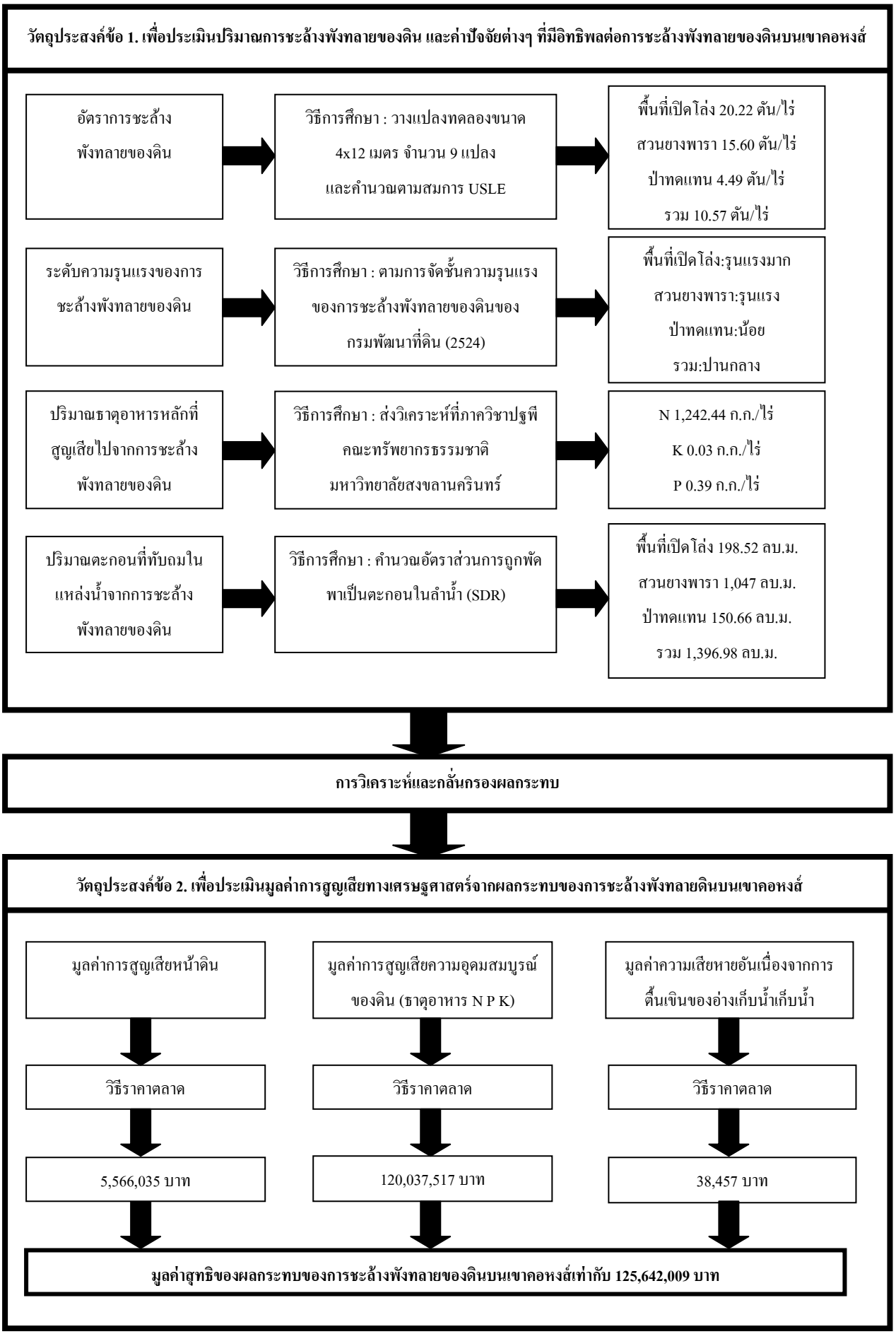
(3) ปริมาณการชะล้างพังทลายของดินและมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์จากการทดลองนี้เก็บข้อมูลเพียง 3 เดือนเท่านั้น ซึ่งถ้าหากเก็บข้อมูลครบ 1 ปี ปริมาณการชะล้างพังทลายของดินและมูลค่าดังกล่าวควรจะมีค่ามากกว่านี้

ในบทนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการศึกษาการประเมินปริมาณการชะล้างพังทลายดินและค่าปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ และผลการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ ในบทต่อไปผู้วิจัยจะได้สรุปและวิเคราะห์ถึงความสอดคล้องหรือความแตกต่างที่ได้จากวิธีการและขั้นตอนในการศึกษาครั้งนี้เปรียบเทียบกับแนวคิดทฤษฎี และงานวิจัยอื่นๆ ที่ผ่านมา ซึ่งจะนำไปสู่ข้อเสนอแนะที่ได้จากงานวิจัยต่อไป

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

เขาคอหงส์เป็นแหล่งบริการทางนิเวศที่สำคัญต่อชุมชนโดยรอบ การบุกรุกพื้นที่ป่าบริเวณรอบเขาคอหงส์เพื่อการใช้ประโยชน์ที่ไม่เหมาะสมในการปลูกสวนยางพารา สวนไม้ผล และที่อยู่อาศัย ทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศและชุมชนโดยรอบ ทั้งยังเป็นสาเหตุให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน เพื่อให้เห็นถึงความสำคัญของความเสียหายจากผลกระทบนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ และนำเสนอข้อมูลออกมาในรูปแบบของขนาดของปัญหาทั้งในเชิงปริมาณและมูลค่า ซึ่งมีวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้ (1) เพื่อประเมินปริมาณการชะล้างพังทลายของดินและค่าปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ โดยคัดเลือกพื้นที่ศึกษาได้ 3 พื้นที่ ได้แก่ ป่าทดแทน สวนยางพารา และพื้นที่โล่ง โดยทำการทดลองในช่วงฤดูฝนเป็นระยะเวลา 3 เดือน (2) เพื่อประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ ด้วยวิธีการนำผลกระทบมาผ่านกระบวนการกลั่นกรองที่ผู้วิจัยปรับปรุงมาจากกองวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (มปป. อ้างถึงใน เสาวลักษณ์ รุ่งตะวันเรืองศรี, 2548) จากการศึกษาวิจัยทั้งหมด สามารถสรุปผลกระบวนการวิจัยแสดงดังภาพที่ 5-1ได้ดังนี้



ภาพที่ 5-1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 สรุปผลการประเมินปริมาณการชะล้างพังทลายของดินและค่าปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์

5.1.1.1 การวางแปลงทดลอง

การวางแปลงทดลองในการศึกษาครั้งนี้ มีการพิจารณาหลักการคัดเลือกที่มีความสำคัญต่อการวางแปลงทดลองที่ผู้วิจัยได้ระบุไว้ในหัวข้อที่ 3.1เพื่อให้กระบวนการวิจัยมีความถูกต้องและเหมาะสมตามหลักวิชาการ ซึ่งผลของการพิจารณา ได้หลักการคัดเลือกการวางแปลงทดลองทั้งหมด 4 หลัก ได้แก่ 1) การเลือกประเภทของพื้นที่วางแปลงทดลอง 2) การเลือกความลาดชันของพื้นที่ในการวางแปลงทดลอง 3) การเลือกจำนวนของแปลงทดลอง และ 4) การเลือกขนาดและโครงสร้างของแปลงทดลอง โดยสรุปผลของหลักการคัดเลือกการวางแปลงทดลองดังตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 สรุปผลการคัดเลือกการวางแปลงทดลอง

ประเภทของพื้นที่วางแปลงทดลอง	ความลาดชันของแปลงทดลอง (%)	จำนวนแปลงทดลอง/ประเภทพื้นที่	ขนาดแปลงทดลอง (เมตร)
พื้นที่โล่ง สวนยางพารา ป่าทดแทน	18-21	3	4x12

5.1.1.2 ผลการประเมินการชะล้างพังทลายของดินของพื้นที่วางแปลงทดลอง

1. อัตราและชั้นความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินแยกตามพื้นที่การใช้ประโยชน์

ผลการศึกษาอัตราการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่วางแปลงทดลองทั้ง 3 ประเภท พื้นที่เปิดโล่งมีอัตราการชะล้างพังทลายมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เท่ากับ 20.22 ตัน/ไร่/ปี จัดอยู่ในชั้นความรุนแรงระดับรุนแรงมาก รองลงมาเป็นสวนยางพารามีอัตราการชะล้างพังทลายเท่ากับ 15.60 ตัน/ไร่ จัดอยู่ในชั้นความรุนแรงระดับรุนแรง และป่าทดแทนมีอัตราการชะล้างพังทลายเท่ากับ 4.49 ตัน/ไร่ จัดอยู่ในชั้นความรุนแรงระดับน้อย

2. ปริมาณอินทรียวัตถุที่สูญเสียจากการชะล้างพังทลายของดินแยกตามพื้นที่การใช้ประโยชน์

ผลการศึกษาปริมาณอินทรียวัตถุที่เป็นธาตุอาหารหลักของพืชที่สูญเสียจากการชะล้างพังทลายของดิน ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ทั้ง 3 พื้นที่ พื้นที่เปิดโล่งมีปริมาณไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ที่สูญเสีย เท่ากับ 3,235.20 0.07 และ 1.42 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ สวนยางพารา เท่ากับ 1,716.00 0.04 และ 0.47 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ และป่าทดแทน เท่ากับ 538.80 0.01 และ 0.19 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ

3. ปริมาณตะกอนแขวนลอยจากการชะล้างพังทลายของดินแยกตามพื้นที่การใช้ประโยชน์

ผลการศึกษาปริมาณตะกอนแขวนลอยจากการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ทั้ง 3 ประเภท พื้นที่โล่งมีปริมาณตะกอนแขวนลอยมากที่สุด เท่ากับ 0.87 ตัน/ไร่ รองลงมาคือสวนยางพารา เท่ากับ 0.57 ตัน/ไร่ และป่าทดแทน เท่ากับ 0.08 ตัน/ไร่

5.1.1.3 ผลการประเมินการชะล้างพังทลายของดินของเขาคอหงส์ทั้งหมด

ผลการศึกษาการประเมินการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ มีอัตราการชะล้างพังทลายของดิน เท่ากับ 10.57 ตัน/ไร่ จัดอยู่ในชั้นความรุนแรงระดับปานกลาง มีการสูญเสียปริมาณธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เท่ากับ 1,242.47 0.03 และ 0.39 กิโลกรัม ตามลำดับ มีปริมาณตะกอนแขวนลอยจากการชะล้างพังทลายของดิน เท่ากับ 0.35 ตัน/ไร่/ปี และมีอัตราส่วนการถูกพัดพาเป็นตะกอนในลำน้ำ SDR เท่ากับ 0.033 แสดงดังตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 สรุปผลการประเมินการชะล้างพังทลายของดินของเขาคอหงส์ทั้งหมด

พื้นที่	**อัตราการชะล้างพังทลายดิน ตัน/ไร่**	**ชั้นความรุนแรง**	**ปริมาณอินทรียวัตถุที่สูญเสีย (กิโลกรัม/ไร่)**			**ปริมาณตะกอนแขวนลอย ตัน/ไร่**	**อัตราส่วนการถูกพัดพาเป็นตะกอนในลำน้ำ SDR**
			N	**P**	**K**		
พื้นที่เปิดโล่ง	20.22	รุนแรงมาก	3,235.20	0.07	1.42	0.87	0.043
สวนยางพารา	15.60	รุนแรง	1,716.00	0.04	0.47	0.57	0.036
ป่าทดแทน	4.49	น้อย	538.80	0.01	0.19	0.08	0.017
รวม	**10.57**	**ปานกลาง**	**1,242.47**	**0.03**	**0.39**	**0.35**	**0.033**

5.1.2 สรุปผลการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์

1) มูลค่าการสูญเสียหน้าดิน

มูลค่าการสูญเสียหน้าดินจากการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ เท่ากับ 5,566,035 บาท หรือคิดเป็น 939 บาท/ไร่ โดยพื้นที่เปิดโล่งมีมูลค่าการสูญเสียหน้าดินมากที่สุด เท่ากับ 1,797 บาท/ไร่ รองลงมาคือสวนยางพารา เท่ากับ 1,386 บาท/ไร่ และป่าทดแทน เท่ากับ 399 บาท/ไร่

2) มูลค่าการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ธาตุอาหาร N, P, K) เขาคอหงส์มีมูลค่าการสูญเสียธาตุอาหารหลักของพืช ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) เท่ากับ 120,037,517 บาท หรือคิดเป็น 20,261 บาท/ไร่ โดยพื้นที่เปิดโล่งมีมูลค่าการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดินมากที่สุด เท่ากับ 52,765 บาท/ไร่ รองลงมาคือสวนยางพารา เท่ากับ 27,981 บาท/ไร่ และป่าทดแทน เท่ากับ 8,786 บาท/ไร่

3) มูลค่าความเสียหายจากการทับถมของตะกอนทำให้เกิดการตื้นเขินของแหล่งน้ำ มีมูลค่า เท่ากับ 38,457 บาท หรือคิดเป็น 6 บาท/ไร่ โดยพื้นที่เปิดโล่งมีมูลค่าความเสียหายมากที่สุด เท่ากับ 16 บาท/ไร่/ปี ตามมาด้วยสวนยางพารา เท่ากับ 10 บาท/ไร่ และป่าทดแทน เท่ากับ 1 บาท/ไร่

สรุปมูลค่าของผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ทั้งหมด รวมมูลค่าการสูญเสียหน้าดิน มูลค่าการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ธาตุอาหาร N P K) และมูลค่าความเสียหายจากการทับถมของตะกอนทำให้เกิดการตื้นเขินของแหล่งน้ำ เท่ากับ 125,642,009 บาท แสดงดังตารางที่ 5-3 ทั้งนี้มูลค่าดังกล่าวคำนวณจากผลกระทบบางส่วนเท่านั้น ยังไม่ได้รวมผลกระทบด้านคุณภาพภาพ ชีวภาพ คุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ และคุณภาพชีวิต ทั้งหมดที่ได้กลั่นกรองไว้ในตารางที่ 3-5 ซึ่งถ้านำทั้งหมดมารวมกัน จะมีมูลค่าสูงกว่านี้

ตารางที่ 5-3 สรุปมูลค่าของผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์

พื้นที่	มูลค่าการสูญเสียหน้าดิน (บาท/ไร่)	มูลค่าการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน (N, P, K) (บาท/ไร่)	มูลค่าความเสียหายจากการทับถมของตะกอนทำให้เกิดการตื้นเขินของแหล่งน้ำ (บาท/ไร่)
พื้นที่เปิดโล่ง	1,797	52,765	16
สวนยางพารา	1,386	27,981	10
ป่าทดแทน	399	8,786	1
รวม	**939**	**20,261**	**6**

สรุปผลการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ และมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ ปี 2554 แสดงดังตารางที่ 5-4

ตารางที่ 5-4 การชะล้างพังทลายดินบนเขาคอหงส์ และมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์

พื้นที่	จำนวน (ไร่)	ปริมาณดินที่สูญเสีย		มูลค่าการสูญเสีย	
		ตัน/ไร่/ปี	ตัน/ปี	บาท/ไร่/ปี	บาท/ปี
พื้นที่เปิดโล่ง	342.29	20.22	6,921.10	54,578	18,681,639
สวนยางพารา	2,757.35	15.60	43,014.66	29,378	81,007,317
ป่าทดแทน	2,824.88	4.49	12,683.70	9,187	25,953,053
รวม	**5,924.52**	**10.57**	**62,619.46**	**21,207**	**125,642,009**

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.2.1 อภิปรายผลการประเมินการชะล้างพังทลายของดิน และค่าปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์

5.2.1.1 วิธีการศึกษาการชะล้างพังทลายของดิน

ในงานวิจัยนี้เลือกศึกษาการชะล้างพังทลายของดินโดยการวางแปลงทดลองในพื้นที่ แต่วิธีการศึกษาการชะล้างพังทลายดินนั้นมีหลายวิธีตั้งแต่วิธีแบบหยาบๆ จนถึงขั้นละเอียดมาก ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ความพร้อมในเครื่องมือ และงบประมาณ ซึ่งแต่ละวิธีนั้นมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 5-5

ตารางที่ 5-5 เปรียบเทียบวัตถุประสงค์ ข้อดี และข้อเสีย ของวิธีการศึกษาการชะล้างพังทลายของดิน

วิธีการศึกษา	วัตถุประสงค์ของการศึกษา	ข้อดี	ข้อเสีย
การวัดอย่างหยาบๆ	- เพื่อการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับผิวหน้าดินจากการชะล้างพังทลาย	- มีประโยชน์ในการประเมินปริมาณการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่แบบหยาบๆ - ทำได้ง่าย ใช้อุปกรณ์ เครื่องมือและงบประมาณน้อย	- ใช้เวลาในการศึกษาเพื่อให้เห็นระดับการเปลี่ยนแปลงผิวหน้าดินค่อนข้างมาก - ความถูกต้องของการนำมาเป็นตัวแทนที่ดีค่อนข้างต่ำ
การสร้างแปลงทดลองในสนาม	- เพื่อการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินตามลักษณะการใช้ประโยชน์ของพื้นที่	- มีประโยชน์ในการประเมินปริมาณการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละพื้นที่แบบมาตรฐาน - สามารถเปรียบเทียบอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ตามการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ได้ - ทำได้สะดวก ความถูกต้องสูง และสามารถประยุกต์ใช้เครื่องมือให้เหมาะสมกับรายละเอียดที่ต้องการได้	- การเลือกวางแปลงทดลองของประเภทพื้นที่เดียวกันเพื่อนำมาเปรียบเทียบต้องหาที่ตั้งที่มีปัจจัยต่างๆ ใกล้เคียงกัน - ระยะเวลาและงบประมาณมากหรือน้อย ขึ้นกับข้อจำกัดของผู้วิจัย - ความผิดพลาดของข้อมูลอาจเกิดได้จากการเก็บตัวอย่างของผู้ทดลอง

วิธีการศึกษา	วัตถุประสงค์ของการศึกษา	ข้อดี	ข้อเสีย
การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ร่วมกับระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศ (GIS)	- เพื่อคาดการณ์โอกาสในการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน	- มีประโยชน์ในการคาดการณ์ประมาณการชะล้างพังทลายของดินที่อาจจะเกิดขึ้น - ทำได้สะดวกและรวดเร็ว สามารถนำไปใช้ได้กับพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่	- ข้อมูลที่ได้เป็นเพียงการคาดการณ์ปริมาณการชะล้างพังทลายของดินที่อาจจะเกิดขึ้น - ต้องใช้ข้อมูลในการนำมาวิเคราะห์ค่อนข้างมาก - ความถูกต้องของข้อมูลมากหรือน้อย ขึ้นกับประสิทธิภาพในการประเมินค่าปัจจัยต่างๆ ของผู้ทดลองตามแบบจำลองนั้นๆ

จากตารางที่ 5-5 จึงเห็นได้ว่าวิธีการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินโดยการสร้างแปลงทดลองมีวัตถุประสงค์และประโยชน์ของการศึกษาสอดคล้องกับความต้องการในการศึกษาครั้งนี้มากกว่าวิธีการอื่นๆ ดังนั้นการเลือกวิธีการศึกษาโดยการวางแปลงทดลองนี้จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์มากที่สุด

5.2.1.2 การเลือกพื้นที่ในการวางแปลงทดลอง

การเลือกพื้นที่ในการวางแปลงทดลองในงานวิจัยนี้ ได้คัดเลือกประเภทของพื้นที่วางแปลงทดลอง ลักษณะของเนื้อดิน ความลาดชันของแปลงทดลอง จำนวนแปลงทดลองในพื้นที่แต่ละประเภท และขนาดแปลงทดลอง ตามหัวข้อที่ 3-1 โดยมีความสอดคล้องกับแปลงมาตรฐานและหลักวิชาการ เพื่อให้ผลการศึกษามีความถูกต้องมากที่สุด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ ที่มีการวางแปลงทดลองเหมือนกัน ได้ผลการเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ 5-6

ตารางที่ 5-6 เปรียบเทียบการเลือกพื้นที่ในการวางแปลงทดลองกับงานวิจัยอื่นๆ

ผู้แต่ง	มีการระบุการเลือกพื้นที่วางแปลงทดลองชัดเจน	มีความลาดชันสอดคล้องกับแปลงมาตรฐาน 3-18 %		มีการวางแปลงซ้ำในพื้นที่แต่ละประเภทอย่างน้อย 3 ซ้ำ		มีขนาดแปลงสอดคล้องกับแปลงมาตรฐานไม่น้อยกว่า 2x10 เมตร และไม่มากกว่า 4x20 เมตร	
		มี	ความลาดชัน (%)	มี	จำนวนแปลงที่วางซ้ำ	มี	ขนาด (เมตร)
งานวิจัยนี้ (2556)	✓	✓	18-21	✓	3	✓	4x12
มนู ศรีขจร (2509)	-	✓	15-20	✓	10	-	10x40
พิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์ (2534)	-	✓	17.5	-	2	✓	4x20
นคร สืนเสน และ ไชยสิทธิ์ เอนกสัมพันธ์ (2534)	-	-	25-35	-	1	-	ไม่ระบุ
มงคล วรรณประเสริฐ และ อุทัย ทองมี (2536)	-	✓	8-10	✓	3	✓	4x20
ศุภมิตร จารุธัญลักษณ์ (2539)	-	✓	8-10	✓	3	✓	4x20
นิพนธ์ ตั้งธรรม และ อภินันท์ ขอพร (2540)	-	-	30	✓	3	-	5x20
จารุชาติ ปราชญ์นคร และคณะ (2544)	-	-	28	✓	6	✓	4x20
สมคิด แก้วพรมทะ (2546)	-	-	20-28	-	1	-	4x10 ถึง 6x20
จักรพงษ์ ไชยวงศ์ (2549)	-	-	20	-	1	-	14x20
วรากร สุจริต และ นิมิต พุกงาม (2551)	-	✓	15.5	✓	3	-	1x4

1) การเลือกพื้นที่วางแปลงทดลอง

ในขณะที่งานวิจัยทั้งหมดที่แสดงไว้ในตารางข้างต้น ไม่ได้กล่าวหรืออธิบายถึงการคัดเลือกประเภทพื้นที่ในการวางแปลงทดลองตามที่ได้กล่าวรายละเอียดไว้ในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.1.1 เพื่อให้เห็นถึงขอบเขตของการวิจัยที่ในการเลือกพื้นที่วางแปลงทดลองที่สามารถทำได้ ซึ่งทำให้ผู้ที่จะวิจัยในลักษณะเดียวกันอาจไม่ทราบที่มาที่ไปของการเลือกวางแปลง ในงานวิจัยนี้จึงพยายามแก้ไขจุดอ่อนนี้ โดยการอธิบายข้อพิจารณาต่างๆ ในการเลือกกำหนดแปลงทดลองอย่างละเอียดในการเลือกพื้นที่วางแปลงทดลองอยู่บนหลักการและเหตุผลโดยร่วมกับการคำนึงถึงข้อจำกัดในการวิจัย และสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องให้กับผู้ที่จะนำข้อมูลไปใช้เพื่อประกอบกิจกรรมใดๆ ต่อไป

2) การเลือกความลาดชันของพื้นที่ในการวางแปลงทดลอง

ความลาดชันของพื้นที่ในการวางแปลงทดลองที่ดีและมีความถูกต้อง ควรมีช่วงความลาดชันใกล้เคียงกับแปลงทดลองมาตรฐาน 3-18% เนื่องจากช่วงความลาดชันที่มากหรือน้อยกว่านี้ จะมีผลต่อการเป็นตัวแทนที่ดีของข้อมูล เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ พบว่ามีงานวิจัยเพียงครึ่งหนึ่งจากทั้งหมด 10 งานวิจัยเท่านั้น ที่มีการกำหนดความลาดชันอยู่ในช่วงใกล้เคียงกันกับแปลงมาตรฐาน ได้แก่ งานวิจัยของ วรากร สุจริต และนิมิต พุกงาม (2551) มนู ศรีขจร (2509) พิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์ (2534) ศุภมิตร จารุธัญลักษณ์ (2539) และ มงคล วรรณประเสริฐ และอุทัย ทองมี (2536) อีกทั้งไม่ได้มีการระบุถึงเหตุผลในการเลือกความลาดชันของพื้นที่ในการวางแปลงตามแปลงทดลองมาตรฐาน แต่เป็นการเลือกตามลักษณะพื้นที่ที่ศึกษา งานวิจัยชิ้นนี้จึงได้เลือกความลาดชันของพื้นที่ในการวางแปลงทดลองที่ความใกล้เคียงกับแปลงทดลองมาตรฐาน และดูความเหมาะสมกับความลาดชันของพื้นที่ศึกษาให้มีความสอดคล้องกัน ซึ่งได้ระบุไว้ในหัวข้อที่ 3.1.3 ทำให้ได้ความลาดชันของพื้นที่ในการวางแปลงทดลองในงานวิจัยนี้อยู่ในช่วง 18-21 %

3) การเลือกจำนวนแปลงทดลอง

การเป็นตัวแทนข้อมูลการชะล้างพังทลายของพื้นที่ที่ดีตามหลักวิชาการ ควรมีการวางแปลงทดลองซ้ำอย่างน้อย 3 ซ้ำ ในพื้นที่นั้นๆ ตามที่ได้ระบุไว้ในหัวข้อที่ 3.1.4 งานวิจัยนี้จึงวางแปลงทดลองในพื้นที่แต่ละประเภท ประเภทละ 3 แปลง โดยวางแบบกระจายกัน เพื่อให้เกิดความคลอบคลุมของพื้นที่ศึกษา ซึ่งเท่ากับงานวิจัยอื่นๆ ที่วางแปลงทดลอง 3 ซ้ำ ในพื้นที่แต่ละประเภท ได้แก่ งานวิจัยของ วรากร สุจริต และนิมิต พุกงาม (2551) ศุภมิตร จารุธัญลักษณ์ (2539) มงคล วรรณประเสริฐ และอุทัย ทองมี (2536) และนิพนธ์ ตั้งธรรม และอภินันท์ ขอพร (2540) แต่มีงานวิจัยของ จารุชาติ ปราชญ์นคร และคณะ (2544) มีการวางแปลงทดลองซ้ำมากถึง 6 ซ้ำ และมนู ศรีขจร (2509) มีการวางแปลงซ้ำมากที่สุดถึง 10 ซ้ำ ทำให้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลเป็นตัวแทนของพื้นที่

ได้ดีมากขึ้นเมื่อเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ โดยไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยด้านอื่นๆ ในขณะเดียวกันก็มีงานวิจัยที่ไม่ได้มีการวางแปลงทดลองซ้ำ หรือซ้ำเพียง 2 ครั้ง ซึ่งทำให้ค่าเฉลี่ยของของข้อมูลเป็นตัวแทนของพื้นที่ได้ดีน้อยกว่า ได้แก่ งานวิจัยของ พิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์ (2534) มีการวางแปลงทดลอง 2 ซ้ำ และงานวิจัยของ นคร สืนเสน และไชยสิทธิ์ เอนกสัมพันธ์ (2534) จักรพงษ์ ไชยวงศ์ (2549) และสมคิด แก้วพรมทะ (2546) ไม่มีการวางแปลงทดลองซ้ำ

4) การเลือกขนาดและโครงสร้างของแปลงทดลอง

ขนาดและโครงสร้างของแปลงทดลองที่มีความใกล้เคียงกับแปลงทดลองมาตรฐาน ซึ่งมีขนาดของแปลงทดลองในช่วง 2x10 เมตร ถึง 4x20 เมตร จะทำให้ลดข้อผิดพลาดเกี่ยวกับการเป็นตัวแทนที่ดี งานวิจัยนี้จึงได้ทำการเลือกขนาดและโครงสร้างของแปลงให้อยู่ในช่วงเดียวกันกับแปลงมาตรฐานและมีความเหมาะสมกับพื้นที่ ระยะเวลา กำลังคน และงบประมาณในการศึกษา ทำให้ได้ขนาดแปลงทดลองเท่ากับ 4x12 เมตร ตามที่ได้ระบุไว้ในหัวข้อที่ 3.2 และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ โดยส่วนมาก ที่มีขนาดแปลงอยู่ในช่วงใกล้เคียงกับแปลงทดลองมาตรฐานเหมือนกันจะมีขนาดแปลงเท่ากับ 4x20 เมตร ได้แก่ งานวิจัยของ พิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์ (2534) ศุภมิตร จารุธัญลักษณ์ (2539) จารุชาติ ปราชญ์นคร และคณะ (2544) และมงคล วรรณประเสริฐ และอุทัย ทองมี (2536) ซึ่งมีขนาดของความยาวมากกว่าแปลงทดลองในงานวิจัยนี้ ทั้งนี้ขึ้นกับข้อจำกัดของแต่ละการศึกษา ในขณะที่งานวิจัยอื่นๆ ที่เหลือนั้น ได้แก่ วรากร สุจริต และนิมิต พุกงาม (2551) มนู ศรีขจร (2509) จักรพงษ์ ไชยวงศ์ (2549) สมคิด แก้วพรมทะ (2546) และนิพนธ์ ตั้งธรรม และอภินันท์ ขอพร (2540) มีขนาดแปลงที่เล็กและใหญ่กว่าแปลงมาตรฐาน

สำหรับโครงสร้างของแปลงทดลองในงานวิจัยนี้จะมีข้อแตกต่างของถังดักตะกอนที่เป็นถังพลาสติกที่มีขนาดเล็กและทนทานน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงทดลองมาตรฐาน และงานวิจัยบางชิ้น ที่เป็นถังซีเมนต์ที่มีขนาดใหญ่และทนทานมากกว่า ทำให้ในวันที่มีฝนตกหนักมากๆ เกิดการล้นของน้ำในถังดักตะกอนได้ง่ายกว่า ซึ่งจะมีผลต่อปริมาณตะกอนที่เก็บอาจคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้มีวันที่ปริมาณน้ำฝนล้นออกจากถังดักตะกอนจำนวน 2 ครั้งที่ทำการเก็บตัวอย่าง ซึ่งถือว่าไม่มีผลต่อข้อมูลที่ได้ เนื่องจากน้ำที่ล้นจะเป็นน้ำจากถังที่ 2 ซึ่งในการเก็บตัวอย่างตะกอนดินจะเก็บจากถังที่ 1 เท่านั้น

จากการเลือกพื้นที่ในการวางแปลงทดลอง เห็นได้ว่างานวิจัยนี้มีการเลือกแปลงทดลองตามหลักการและอธิบายเหตุผลการเลือกพื้นที่วางแปลงทดลองไว้ชัดเจน และมีการเลือกความลาดชันของแปลงทดลอง จำนวนแปลงทดลองในพื้นที่แต่ละประเภท และขนาดแปลงทดลอง เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่ได้เปรียบเทียบจากแปลงทดลองมาตรฐาน ทำให้โอกาสในการเกิด

ข้อผิดพลาดในการเป็นตัวแทนที่ดีเกิดขึ้นได้น้อย เช่นเดียวกับงานวิจัยของ ศุภมิตร จารุธัญลักษณ์ (2539) และมงคล วรรณประเสริฐ และอุทัย ทองมี (2536) ดังตารางที่ 5-6

5.2.1.3 อัตราการชะล้างพังทลายของดินและชั้นความรุนแรง

อัตราการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์จากการเก็บข้อมูล 3 เดือนมีค่าเท่ากับ 10.57 ตัน/ไร่ จัดอยู่ในชั้นความรุนแรงระดับปานกลาง ตามที่ได้แสดงไว้ในหัวข้อที่ 4.1.1 และ 4.1.2 โดยพื้นที่เปิดโล่งมีอัตราการชะล้างพังทลายของดินมากที่สุดเท่ากับ 20.22 ตัน/ไร่ จัดอยู่ในชั้นความรุนแรงระดับรุนแรงมาก รองลงมาคือสวนยางพาราเท่ากับ 15.60 ตัน/ไร่ จัดอยู่ในชั้นความรุนแรงระดับรุนแรง และป่าทดแทนเท่ากับ 4.49 ตัน/ไร่ จัดอยู่ในชั้นความรุนแรงระดับน้อย ซึ่งเห็นได้ว่าหากมีการเก็บข้อมูล 1 ปี ระดับการชะล้างพังทลายของดินย่อมจะต้องรุนแรงมากกว่านี้

ความแตกต่างของอัตราการชะล้างพังทลายของดินของพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 ประเภท เกิดจากการมีปัจจัยพืชคลุมดิน (CP) ที่แตกต่างกันตามการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ทั้งในด้านของปริมาณและชนิดของพืชคลุมดิน เพราะในส่วนของปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน (R) ความลาดชัน (LS) และชนิดของเนื้อดิน (K) ได้ถูกกำหนดให้อยู่ในสภาพเดียวกัน ทำให้ปริมาณดินที่สูญเสีย (A) มีความมากน้อยแตกต่างกัน ตามสมการ A=RKLSCP ซึ่งเห็นได้ว่าอัตราการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่เปิดโล่งที่ถูกควบคุมให้ไม่มีพืชคลุมดินอยู่เลย จะมีอัตราการชะล้างพังทลายของดินมากกว่าพื้นที่สวนยางพาราที่มีพืชคลุมดินเพียง 2 ชนิด ได้แก่ ต้นยางพารา และหญ้า และพื้นที่ป่าทดแทนที่มีพืชคลุมดินหลากหลายชนิด ซึ่งชนิดของพืชคลุมดินจะมีผลต่อความคงทนของดิน เช่น ความหนาแน่นและขนาดของต้นไม้ที่มีมากจะทำมีพื้นที่หน้าตัดมาก ซึ่งทำให้ลดพื้นที่สัมผัสของเม็ดฝนกับหน้าดิน เรือนยอดของต้นไม้ที่มีขนาดและความกว้างของเรือนยอดมาก จะช่วยลดและชะลอความรุนแรงของเม็ดฝนที่ตกลงมาก่อนจะกระทบกับหน้าดิน รากของต้นไม้ที่จำนวนมากจะช่วยให้โครงสร้างของดินมีความแข็งแรงถูกทำลายได้ยาก ซึ่งจะช่วยลดความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินได้ เป็นต้น นอกจากนี้พื้นที่ที่มีพืชปกคลุมดินปริมาณมากจะทำให้ดินเก็บความชื้นได้มากและนานกว่าพื้นที่ที่มีพืชปกคลุมดินน้อยกว่า ซึ่งอาจมีผลให้ในวันที่มีฝนตก ดินจะอุ้มน้ำไว้ได้มากกว่า ทำให้ช่วยลดความรุนแรงของปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินที่จะเกิดขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การเกิดการชะล้างพังทลายของดิน

ผลของความแตกต่างของอัตราการชะล้างพังทลายของดินนี้ทำให้ทราบว่า นอกจากปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการชะล้างพังทลายของดิน เช่น พืชคลุมดิน ปริมาณน้ำฝน ความลาดชัน ชนิดของเนื้อดิน ความชื้น การใส่ปุ๋ย เป็นต้น แล้วนั้น แต่ในพื้นที่หนึ่งๆ ถึงแม้จะมีลักษณะของพื้นที่เหมือนๆ กัน ถ้าหากมีการใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกันก็จะมีผลต่อการเกิดการชะล้างพังทลายของดินที่แตกต่าง

กัน การใช้ประโยชน์ที่ดินจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินในรูปแบบและความรุนแรงที่แตกต่างกันไป

สำหรับพื้นที่สวนยางพาราบนเขาคอหงส์ที่มีอัตราการสูญเสียดินจากการศึกษาในปีที่ทำการทดลอง 2554 เท่ากับ 15.6 ตัน/ไร่ หรือคิดเป็น 97.500 ตัน/เฮกตาร์ และมีมูลค่าการสูญเสียเท่ากับ 81,007,317 บาท เมื่อนำมาคำนวณหาอัตราการสูญเสียดินหรือค่า A ในสมการสูญเสียดินสากลในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา โดยกำหนดให้ค่าปัจจัยต่างๆ ได้แก่ K LS และ CP มีค่าคงที่ ยกเว้นค่า R ที่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของน้ำฝนที่ตกในแต่ละปี ซึ่งรวบรวมจากสถานีตรวจวัดอากาศเกษตรคอหงส์ และคำนวณมูลค่าของการสูญเสียในแต่ละปี ได้ผลการคำนวณดังตารางที่ 5-7

ตารางที่ 5-7 ผลการคำนวณอัตราการสูญเสียดินและมูลค่าการสูญเสียของพื้นที่สวนยางพาราบนเขาคอหงส์ในช่วง 10 ปี (2545-2554)

ปี	**ปริมาณน้ำฝน**[1]	**สมการสูญเสียดินสากล A = RKLSCP**					**มูลค่า**
(พ.ศ.)	**(มม.)**	R	LS	CP	K	A^2	**(บาท/ปี)**
2554	3043.60	1408.915	2.411	0.772	0.078	204.547	169,946,704
2553	2790.00	1290.510	2.411	0.772	0.078	187.357	155,664,491
2552	2239.80	1033.621	2.411	0.772	0.078	159.061	132,154,921
2551	2333.20	1077.230	2.411	0.772	0.078	156.393	129,938,229
2550	2008.30	925.533	2.411	0.772	0.078	134.369	111,639,714
2549	1704.70	783.782	2.411	0.772	0.078	113.790	94,541,770
2548	2558.80	1182.562	2.411	0.772	0.078	171.685	142,643,499
2547	1585.90	728.315	2.411	0.772	0.078	105.737	87,850,981
2546	2200.10	1015.085	2.411	0.772	0.078	147.370	122,441,521
2545	1406.30	644.460	2.411	0.772	0.078	93.563	77,736,283

หมายเหตุ : [1] ปริมาณน้ำฝนรายปีจากสถานีตรวจวัดอากาศเกษตรคอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

[2] มีหน่วยเป็น ตัน/เฮกตาร์/ปี

จากตารางที่ 5-7 จะเห็นได้ว่าถ้านำปริมาณน้ำฝนทั้งหมดที่ตกในปี 2554 จากสถานีตรวจวัดอากาศเกษตรคอหงส์เท่ากับ 3043.60 มม. มาคำนวณค่า R แล้วแทนค่าในสมการสูญเสียดิน

สากล A = RKLSCP ที่ได้จากการศึกษาจะได้ผลการคำนวณอัตราการสูญเสียดินที่ควรจะเป็นของปี 2554 เท่ากับ 204.547 ตัน/เฮกตาร์/ปี และมีมูลค่าการสูญเสียเท่ากับ 169,946,704 บาท ซึ่งทำให้เห็นว่าอัตราการสูญเสียดินที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ เท่ากับ 97.500 ตัน/เฮกตาร์/ปี มีมูลค่าการสูญเสียเท่ากับ 81,007,317 บาท/ปี เป็นเพียงอัตราการสูญเสียดินและมูลค่าการสูญเสียขั้นต่ำที่สามารถประเมินได้ตามข้อจำกัดของงานวิจัย และจากผลการคำนวณอัตราการสูญเสียดินและมูลค่าการสูญเสียของพื้นที่สวนยางพาราบนเขาคอหงส์ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา พบว่ามีแนวโน้มของการชะล้างพังทลายของดินเพิ่มขึ้นเกือบทุกๆ ปี เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่ตกมีปริมาณเพิ่มขึ้นเกือบทุกๆ ปี ซึ่งจะทำให้มีมูลค่าการสูญเสียเพิ่มขึ้นตามไป

สำหรับผลการศึกษาอัตราการชะล้างพังทลายของดินในงานวิจัยครั้งนี้เป็นเพียงผลจากการทดลองช่วงฤดูฝนในระยะเวลา 3 เดือนของปี 2554 ข้อมูลของปริมาณที่ได้จึงเป็นเพียงปริมาณขั้นต่ำของปีเท่านั้น ดังนั้นเมื่อนำผลมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ ที่ทำการทดลองตลอดทั้งปี จึงอาจทำให้มีความแตกต่างกัน ดังที่จะอภิปรายต่อไป

ผลการศึกษาอัตราการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์นี้มีความแตกต่างกับผลการศึกษาในงานวิจัยที่ผ่านมาของอานันท์ คำภีระ และคณะ (2552) ที่พบว่าเขาคอหงส์มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินมากกว่า 20/ตัน/ไร่/ปี จัดอยู่ในชั้นความรุนแรงระดับรุนแรงมาก ความแตกต่างกันของผลการศึกษาที่ได้ อาจเนื่องมาจากวิธีการและขนาดของพื้นที่ศึกษาที่แตกต่างกัน เพราะการศึกษาของอานันท์ คำภีระ และคณะ (2552) เป็นการศึกษาโดยการประยุกต์ใช้ข้อมูลภูมิสารสนเทศร่วมกับสมการสูญเสียดินสากล USLE และมีขนาดของพื้นที่ศึกษาที่มากและครอบคลุมกว่างานวิจัยนี้ นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังมีระยะเวลาทดลองเพียง 3 เดือนเท่านั้น ผลการศึกษาจากวิธีศึกษาในลักษณะดังกล่าวจึงมีโอกาสที่จะเกิดความแตกต่างกันกับงานวิจัยนี้ที่ศึกษาจากการวางแปลงทดลองในพื้นที่

อัตราการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์แยกตามประเภทพื้นที่การใช้ประโยชน์ในระยะเวลา 3 เดือนในงานวิจัยนี้มีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ สมคิด แก้วพรมทะ (2546) ที่ศึกษาพื้นที่แยกตามการใช้ประโยชน์ 9 ประเภท ใน จ.ตราดในระยะเวลา 1 ปี ซึ่งมีการศึกษาใน พื้นที่เปิดโล่ง สวนยางพารา และป่าธรรมชาติ อยู่ด้วย โดยผลที่ได้ คือ พื้นที่เปิดโล่งมีอัตราการชะล้างพังทลายของดินมากที่สุดเท่ากับ 3.33 ตัน/ไร่/ปี รองลงมาคือสวนยางพาราเท่ากับ 0.97 ตัน/ไร่/ปี และป่าธรรมชาติเท่ากับ 0.17 ตัน/ไร่/ปี แต่เห็นได้ว่าถึงแม้จะมีผลของการศึกษาที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน แต่ก็ยังมีความแตกต่างกันในด้านของปริมาณของอัตราการชะล้างพังทลายของดินซึ่งมีผลกับชั้นความรุนแรง โดยที่งานวิจัยของ สมคิด แก้วพรมทะ (2546) มีชั้นความรุนแรงของพื้นที่เปิด

โล่งจัดอยู่ในระดับน้อย สวนยางพาราและป่าธรรมชาติจัดอยู่ในระดับน้อยมาก อาจเนื่องมาจากพื้นที่ศึกษามีปัจจัยของลักษณะของเนื้อดินที่แตกต่างกันซึ่งมีผลต่อความคงทนในการถูกชะล้างพังทลาย โดยเฉพาะในพื้นที่เปิดโล่งที่ไม่มีพืชคลุมดินอยู่เลย ความคงทนของดินจึงมีผลโดยตรงกับปริมาณการชะล้างพังทลาย และนอกจากนี้ยังมีปัจจัยของพืชคลุมดินที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะในพื้นที่สวนยางพาราและป่าธรรมชาติในพื้นที่การศึกษาของ สมคิด แก้วพรมทะ (2546) ที่มีพื้นที่สวนยางพาราเป็นสวนยางพาราในป่า แต่ในงานวิจัยนี้เป็นสวนยางพาราเชิงเดี่ยว ส่วนพื้นที่ป่าธรรมชาติเป็นป่าแบบดั้งเดิมที่มีความอุดมสมบูรณ์ แต่ในงานวิจัยนี้เป็นป่าทดแทนที่มีความอุดมสมบูรณ์น้อยกว่า ทำให้ทั้งสองพื้นที่การศึกษาของ สมคิด แก้วพรมทะ (2546) มีปริมาณของพืชคลุมดินที่มากกว่างานวิจัยนี้ โอกาสในการเกิดการชะล้างพังทลายดินจึงมีน้อยกว่าตามไปด้วย

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ ศุภมิตร จารุธัญลักษณ์ (2539) ที่มีผลของการศึกษาอัตราการชะล้างพังทลายของดินในแต่ละประเภทพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่น้อยกว่างานวิจัยนี้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ สมคิด แก้วพรมทะ (2546) โดยพื้นที่เปิดโล่งมีอัตราการชะล้างพังทลายดินมากที่สุดเท่ากับ 3.57 ตัน/ไร่/ปี จัดอยู่ในชั้นความรุนแรงระดับน้อย พื้นที่การเกษตรเท่ากับ 1.96 ตัน/ไร่/ปี จัดอยู่ในชั้นความรุนแรงระดับน้อยมาก และป่าธรรมชาติเท่ากับ 0.11 ตัน/ไร่/ปี จัดอยู่ในชั้นความรุนแรงระดับน้อยมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่า แม้งานวิจัยนี้ทำการทดลองในระยะเวลา 3 เดือนก็ยังมีอัตราการชะล้างและระดับความรุนแรงสูงกว่างานวิจัยทั้งสองงาน

จะเห็นได้ว่าพื้นที่เขาคอหงส์มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ ที่มีลักษณะการใช้ประโยชน์แบบเดียวกัน เนื่องจากความอุดมสมบูรณ์ของป่าอาจจะน้อยกว่า เพราะเป็นลักษณะของป่าทดแทน ในขณะที่งานวิจัยอื่นๆ เป็นป่าธรรมชาติ ทำให้มีโอกาสในการเกิดและความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินมากกว่า ดังนั้นการฟื้นฟูป่าให้มีความอุดมสมบูรณ์จึงมีความสำคัญต่อการป้องกันและลดความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยในต่างประเทศที่มีการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินที่มีวัตถุประสงค์ของการศึกษาในลักษณะคล้ายคลึงกันกับงานวิจัยนี้ โดยเฉพาะในประเทศใกล้เคียงอย่างประเทศมาเลเซีย พบว่างานวิจัยของ Andreas และคณะ (2008) ซึ่งมีวิธีการศึกษาที่ต่างกัน โดยการใช้การวิเคราะห์ทางไอโซโทป ^{137}Cs แต่มีผลการศึกษาของอัตราการชะล้างพังทลายของดินสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ โดยพื้นที่สูงที่ถูกเปลี่ยนแปลงเพื่อใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชเศรษฐกิจจะมีอัตราการชะล้างพังทลายของดินสูงกว่าพื้นที่ป่าธรรมชาติ และพื้นที่อื่นๆ ที่มีการประกอบกิจกรรมน้อยกว่า เช่นเดียวกับงานวิจัยของ David และคณะ (1996) ที่ศึกษาโดยการใช้ระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์ พบว่าพื้นที่สูงของคาเมรอนไฮแลนด์ ที่ถูกเปลี่ยนแปลงไปเพื่อใช้ประโยชน์

ต่างๆ โดยเฉพาะกิจกรรมที่มีการปรับเปลี่ยนหน้าดินและที่ทำให้พืชคลุมดินลดน้อยลงมากๆ ส่งผลต่อการเสื่อมลงของดิน จะมีผลกระทบต่อการชะล้างพังทลายของดิน ทำให้ดินเกิดอัตราการชะล้างพังทลายที่มากและรุนแรงขึ้น

ในขณะที่งานวิจัยของ Ghulam และคณะ (1995) ที่มีการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่สูง โดยวิธีการวางแปลงทดลองเช่นเดียวกันกับงานวิจัยนี้ ซึ่งมีการวางแปลงในพื้นที่การใช้ประโยชน์คล้ายคลึงกันใน 3 พื้นที่ คือ พื้นที่เปิดโล่ง ป่าธรรมชาติ และพื้นที่เพาะปลูก มีผลการศึกษาที่สอดคล้องเช่นกัน คือพื้นที่เปิดโล่งจะมีอัตราการชะล้างพังทลายของดินมากที่สุด รองลงมาคือพื้นที่เพาะปลูก และป่าธรรมชาติ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าปัจจัยของพืชคลุมดินถือเป็นปัจจัยที่สำคัญของการชะล้างพังทลายของดิน ซึ่งสามารถควบคุมและจัดการได้โดยมนุษย์ มนุษย์จึงถือเป็นตัวเร่งที่สำคัญในการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เพื่อใช้ในการดำเนินกิจกรรมใดๆ ซึ่งจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยอื่นๆ ที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน เช่น สภาพภูมิประเทศและโครงสร้างของดินเกิดการเปลี่ยนแปลง เป็นต้น

5.2.1.4 ปริมาณอินทรียวัตถุที่สูญเสีย

ผลจากการประเมินปริมาณอินทรียวัตถุที่สูญเสียไปจากการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ เมื่อนำมาประเมินเป็นระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินตามกองสำรวจดิน (2523) พบว่าเขาคอหงส์มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับต่ำ โดยเมื่อทำการแยกประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินตามประเภทของพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 ประเภท ได้แก่ พื้นที่โล่ง สวนยางพารา และป่าธรรมชาติ ตามที่ได้แสดงไว้ในหัวข้อที่ 4.1.3 พบว่าระดับความอุดมสมบูรณ์ของไนโตรเจน (น้อยกว่า 1.5%) ฟอสฟอรัส (น้อยกว่า 10 ppm) อยู่ในระดับต่ำทั้งหมด แต่ยกเว้นระดับความอุดมสมบูรณ์ของโพแทสเซียม ของพื้นที่โล่งที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลาง (60-90 ppm) ซึ่งมากกว่าพื้นที่สวนยางพาราและป่าธรรมชาติที่อยู่ในระดับต่ำ (น้อยกว่า 60 ppm) ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ที่เป็นเช่นนี้ มนู ศรีขจร (2509) ได้อธิบายไว้ว่า อาจเป็นไปได้ว่าพื้นที่โล่งเป็นพื้นที่ที่ไม่มีพืชปกคลุมอยู่ ทำให้ไม่มีการดูดโพแทสเซียมไปใช้ของพืช โพแทสเซียมจึงถูกสะสมอยู่ในดิน ในขณะที่พื้นที่สวนยางพาราและป่าธรรมชาติที่มีพืชปกคลุมอยู่ ทำให้โพแทสเซียมถูกพืชนำไปใช้ จึงทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในดินลดลง

อย่างไรก็ตามพื้นที่การใช้ประโยชน์ทั้ง 3 ประเภท ณ บริเวณแปลงทดลองบนเขาคอหงส์ โดยส่วนมากเคยเป็นพื้นที่สวนยางพารามาก่อนที่จะถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่ป่าทดแทนและพื้นที่เปิดโล่งในปัจจุบัน ซึ่งในขณะที่เป็นสวนยางพารานั้นอาจมีการเติมปุ๋ยอินทรีย์ลงไปในดินเพื่อเพิ่มผลผลิตน้ำยางพารา จึงอาจมีผลให้ปุ๋ยอินทรีย์ยังคงสะสมอยู่ในดิน โดยเฉพาะพื้นที่ที่ถูกเปลี่ยนไป

เป็นพื้นที่เปิดโล่งจะมีโอกาสเกิดการสะสมของปุ๋ยอินทรีย์ได้มากกว่าพื้นที่ประเภทอื่นๆ เนื่องจากไม่มีการนำไปใช้ของพืชเหมือนกับพื้นที่ป่าทดแทน และสวนยางพาราที่มีพืชปกคลุมดินอยู่ จึงอาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พื้นที่เปิดโล่งมีปริมาณอินทรียวัตถุมากกว่าพื้นที่ป่าทดแทนและสวนยางพารา อย่างไรก็ตาม เหตุผลในส่วนนี้น่าจะส่งผลไม่มากนักต่อพื้นที่ป่าทดแทนที่เคยเป็นสวนยางพารามาก่อน เพราะได้มีการเลิกการทำสวนยางพารามาเป็นเวลา 40 ปีแล้ว

จากผลการศึกษานี้ทำให้เห็นถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินบนเขาคอหงส์ที่อยู่ในเกณฑ์ต่ำ เพราะฉะนั้นจึงควรมีความระมัดระวังการใช้ประโยชน์พื้นที่ที่ไม่เหมาะสม เพราะจะทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ต่ำอยู่แล้วแย่ลง ซึ่งมีผลต่อการชะล้างพังทลายของดิน เพราะดินที่มีความอุดมสมบูรณ์มากกว่าจะสามารถดูดซับน้ำได้ดีกว่าดินที่มีความอุดมสมบูรณ์น้อยกว่า ทำให้ลดโอกาสในการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินที่จะนำไปสู่การชะล้างพังทลายของดิน

5.2.1.5 ปริมาณตะกอนที่ทับถมในแหล่งน้ำจากการชะล้างพังทลายของดิน

ปริมาณตะกอนที่ทับถมในแหล่งน้ำ จะคิดจากปริมาณตะกอนดินแขวนลอยเทียบกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย เรียกว่าอัตราส่วนการถูกพัดพาเป็นตะกอนในลำน้ำ (sediment delivery ratio, SDR) ตามที่ได้แสดงไว้ในหัวข้อที่ 4.1.4 โดยผลการศึกษาพบว่าค่า SDR ของเขาคอหงส์เท่ากับ 0.033 หรือคิดเป็นร้อยละ 3.3 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นในพื้นที่บริเวณใกล้เคียง พบว่ามีงานวิจัยของ กิตติพงศ์ ทรงรักษ์เกียรติ์ (2549) ที่ได้ศึกษาการประเมินการชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาโดยแบบจำลองคณิตศาสตร์ มีอัตราส่วนการพัดพาตะกอนของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาเท่ากับร้อยละ 8.57 เป็นอัตราที่สูงกว่างานวิจัยนี้ ความแตกต่างกันของอัตราส่วนการถูกพัดพาเป็นตะกอนนี้ อาจเนื่องมาจากวิธีการและพื้นที่ศึกษาที่ต่างกัน อย่างไรก็ตามถ้าทำการศึกษาในระยะเวลา 1 ปี อัตราส่วนการพัดพาของตะกอนของเขาคอหงส์น่าจะมีปริมาณที่สูงกว่านี้ เช่นเดียวกับการพัดพาเป็นตะกอนในลำน้ำของเขาคอหงส์ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ สมคิด แก้วพรมทะ (2546) ซึ่งเป็นการศึกษาแบบเดียวกันกับงานวิจัยนี้ ที่ได้ศึกษาบนพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแร้ง-คลองพีด จ.ตราด พบว่ามีอัตราส่วนการถูกพัดพาเป็นตะกอนในลำน้ำเท่ากับร้อยละ 4.0 เป็นอัตราที่ต่ำกว่าพื้นที่เขาคอหงส์ ทั้งๆ ที่งานวิจัยนี้มีระยะเวลาทดลองน้อยกว่า ซึ่งอาจเป็นเพราะความแตกต่างกันของเนื้อดินและปริมาณของพืชคลุมดิน โดยพื้นที่ศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแร้ง-คลองพีด จ.ตราด นั้นค่อนข้างเป็นพื้นที่ป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์มากกว่าเขาคอหงส์ ทำให้การเกิดการชะล้างพังทลายของดินน้อยกว่า โอกาสที่ตะกอนแขวนลอยจะถูกพัดพาไปทับถมยังพื้นที่หนึ่งๆ จึงเกิดขึ้นได้น้อยกว่า

5.2.1.6 ความสำคัญของปัจจัยที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน

อัตราการชะล้างพังทลายของดินที่แตกต่างกันในพื้นที่แต่ละประเภทตามการใช้ประโยชน์บนเขาคอหงส์ แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน ได้แก่ ปัจจัยด้านภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ดิน พืชพันธุ์ และการจัดการพื้นที่ของมนุษย์ ซึ่งจะเห็นว่าปัจจัยที่สามารถควบคุมหรือจัดการได้ มีเพียงปัจจัยของพืชพันธุ์ และการจัดการพื้นที่ของมนุษย์ โดยจะขึ้นกับกิจกรรมหรือโครงการใดๆ ที่มนุษย์กระทำเป็นหลัก อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่ามนุษย์เป็นปัจจัยที่สำคัญในการเกิดการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง ซึ่งจะมีผลต่อการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน ในขณะที่ปัจจัยด้านภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และดิน เป็นปัจจัยที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ทำให้การควบคุมหรือการจัดการทำได้ยาก ดังนั้นปัจจัยเหล่านี้จะสามารถส่งผลต่อการเกิดการชะล้างพังทลายของดินได้มากหรือน้อยนั้นขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงของระบบธรรมชาติ เมื่อเทียบกับผลจากการดำเนินกิจกรรมใดๆ ของมนุษย์ซึ่งจะส่งผลไปสู่การทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบธรรมชาติได้อย่างสำคัญ

5.2.1.7 การนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปใช้

ผลของการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ในงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลสะท้อนให้เห็นถึงสภาพการณ์ของปัญหาการชะล้างพังทลายที่เกิดขึ้นของเขาคอหงส์ แต่ผลการศึกษาที่ได้นี้เป็นเพียงข้อมูลของผลการทดลองในช่วงระยะ 3 เดือนที่ทำการทดลองในช่วงฤดูฝนของปี ไม่ได้ทำการทดลองตลอดทั้งปี ข้อมูลที่ได้นี้จึงมีความแตกต่างกับการศึกษาของ อานันต์ คัมภีระ (2551) ที่มีผลของอัตราการชะล้างพังทลายของดินมากกว่าในงานวิจัยนี้ ดังนั้นหากมีการทดลองตลอดทั้งปีอาจทำให้ได้ข้อมูลที่มีผลของอัตราการชะล้างพังทลายของดินเพิ่มขึ้น ดังที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5-7 การนำข้อมูลไปใช้เพื่อประกอบกิจกรรมหรือโครงการใดๆ จึงควรระมัดระวังว่าข้อมูลการชะล้างพังทลายของดินเป็นเพียงข้อมูลของปีที่ทำการทดลองในช่วงระยะฤดูฝนตามเงื่อนไขและข้อจำกัดของการวิจัยเท่านั้น

5.2.2 อภิปรายผลการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์

มูลค่าการสูญเสียจากการชะล้างพังทลายของดินที่มีในงานวิจัยอื่นๆ ได้แก่ งานวิจัยของ อานุช คีรีรัฐนิคม และ สุธาสินี โพธิสุนทร (2552) งานวิจัยของ ประกายดาว ทรายคำ (2551) และงานวิจัยของ พิสบุษ์ จัตวาพรวนิช (2531) ต่างก็มีการประเมินมูลค่าผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินที่ทำให้มีการสูญเสียธาตุอาหารหลักเพียงอย่างเดียว ในขณะที่ผลกระทบจากการชะล้างพังทลายของดินนั้นมีหลายด้าน ทั้งด้านกายภาพ ชีวภาพ คุณค่าการใช้ประโยชน์ และคุณภาพชีวิต งานวิจัยนี้จึงพยายามที่จะประเมินมูลค่าการสูญเสียจากการชะล้างพังทลายของดินให้ครอบคลุมมากขึ้นกว่าเพียงแค่การประเมินมูลค่าการสูญเสียธาตุอาหารหลัก แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดและเงื่อนไขของการวิจัยจึงทำให้สามารถประเมินได้ 3 ผลกระทบเท่านั้น ตามที่ได้แสดงไว้ในบทที่ 3 ตารางที่ 3-4 ได้แก่ การสูญเสียหน้าดิน การสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ธาตุอาหาร N P และ K) และการตื้นเขินของอ่างเก็บน้ำจากการทับถมของตะกอน และผลของการประเมินมูลค่าการสูญเสียทั้ง 3 ผลกระทบที่ได้จากบทที่ 4 หัวข้อที่ 4.2 นั้น เมื่อนำมาอภิปรายถึงผลการศึกษาที่ได้จากวิธีการและขั้นตอนในการศึกษาตามแนวคิดและทฤษฎีที่มีในงานวิจัยครั้งนี้ และเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ สามารถกล่าวรายละเอียดได้ดังนี้

5.2.2.1 มูลค่าการสูญเสียหน้าดิน

มูลค่าการสูญเสียหน้าดินบนพื้นที่เขาคอหงส์ได้จากการวางแปลงทดลองการสูญเสียดินแล้วนำปริมาณดินที่สูญเสียทั้งหมดมาคำนวณมูลค่าด้วยวิธีราคาตลาด โดยมีการตีราคาด้วยการซื้อขายหน้าดินโดยการขุดในหน่วย ราคา/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเขาคอหงส์มีมูลค่าการสูญเสียหน้าดินสุทธิเท่ากับ 5,566,035 บาทในปี 2554 ทั้งนี้มูลค่าดังกล่าวใช้ข้อมูลตัวแทนจากการศึกษาในระยะเวลา 3 เดือน ซึ่งแสดงว่ามูลค่าที่แท้จริงจะต้องมูลค่าที่สูงกว่านี้

อย่างไรก็ตามการตีมูลค่าการสูญเสียหน้าดินยังสามารถทำได้โดยการตีมูลค่ากับราคาซื้อขายหน้าดินเพื่อนำไปปลูกต้นไม้ แต่โดยส่วนมากการซื้อขายหน้าดินปลูกต้นไม้จะมีการเติมธาตุอาหารเติมลงไป ทำให้ราคาที่ซื้อขายไม่ได้เป็นราคาหน้าดินเพียงอย่างเดียว แต่เป็นราคาของหน้าดินที่มีการเติมธาตุอาหารแล้ว ตามที่ได้กล่าวรายละเอียดไว้ในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.5.2.1 การตีราคาด้วยวิธีการนี้จึงมีโอกาสในเกิดมูลค่าที่สูงกว่าที่ควรจะเป็น แสดงดังตารางที่ 5-8

ตารางที่ 5-8 มูลค่าการสูญเสียหน้าดินขุดเปรียบเทียบกับหน้าดินปลูกต้นไม้

พื้นที่	ปริมาณดินที่สูญเสีย		ราคาซื้อขายต่อหน่วย		มูลค่าการสูญเสีย	
	ลบ.ม.[1]	กก.[2]	หน้าดินขุด (บาท/ลบ.ม.)	หน้าดินปลูกต้นไม้ (บาท/กก.)	หน้าดินขุด (บาท)	หน้าดินปลูกต้นไม้ (บาท)
พื้นที่เปิดโล่ง	4,614.06	6,921,100	133.33	13.00[3]	615,193	89,974,300
สวนยางพารา	28,676.44	43,014,660			3,823,430	559,190,580
ป่าทดแทน	8,455.80	12,683,700			1,127,412	164,888,100
รวม	**41,746.31**	**62,619,460**			**5,566,035**	**814,052,980**

หมายเหตุ : [1] จากตารางที่ 4-15

[2] จากตารางที่ 4-15 คอลัมน์ที่ 3 เปลี่ยนจากหน่วยตัน เป็นหน่วย กก. โดยคูณ 1,000

[3] ราคาหน้าดินปลูกต้นไม้จากร้านขายต้นไม้ในหาดใหญ่

จากตารางที่ 5-8 มูลค่าการสูญเสียหน้าดินเมื่อนำมาตีราคาด้วยราคาการซื้อขายหน้าดินขุดเท่ากับ 5,566,035 บาท แต่เมื่อนำมาตีราคาด้วยราคาซื้อขายหน้าดินปลูกต้นไม้จะมีมูลค่า เท่ากับ 814,052,980 บาท ซึ่งเป็นมูลค่าที่สูงกว่าหน้าดินขุด คิดเป็น 146 เท่า เนื่องจากราคาที่ใช้ในการคำนวณเป็นราคาของหน้าดินบวกกับราคาธาตุอาหารที่ถูกเติมลงไปในหน้าดินด้วย ดังนั้นถ้าใช้ราคาหน้าดินปลูกต้นไม้ในการตีมูลค่าการสูญเสียหน้าดินอาจทำให้ได้มูลค่าสูงกว่าที่ควรจะเป็น (overestimation) การตีมูลค่าด้วยราคาหน้าดินขุดจึงให้ราคาที่ควรจะเป็นได้มากกว่าราคาหน้าดินปลูกต้นไม้

5.2.2.2 มูลค่าการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ธาตุอาหาร N P K)

มูลค่าการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ธาตุอาหาร N P K) ได้จากการนำปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปจากการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ในหน่วยกิโลกรัมมาเปรียบเทียบกับราคาแม่ปุ๋ยในหน่วยกิโลกรัมของกรมการค้าภายในประเทศ ปี 2555 ซึ่งเขาคอหงส์มีมูลค่าการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ธาตุอาหาร N P K) เท่ากับ 120,037,517 บาท

การประเมินมูลค่าการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ธาตุอาหาร N P K) ในงานวิจัยของ อานุช คีรีรัฐนิคม และ สุธาสินี โพธิสุนทร (2552) ประกายดาว ทรายคำ (2551) และพิสบุษ จัตวาพรวนิช (2531) ต่างก็ใช้วิธีการตีมูลค่าด้วยราคาแม่ปุ๋ย N P และ K ซึ่งการตีมูลค่าด้วยราคาแม่ปุ๋ย N P และ K ถือเป็นการตีมูลค่าที่ใกล้เคียงกับมูลค่าที่ควรจะเป็นได้ดีที่สุด เนื่องจากในการซื้อขายธาตุอาหาร N P และ K ในตลาดจะอยู่ในรูปของแม่ปุ๋ยเท่านั้น โดยแม่ปุ๋ยส่วนมากจะถูกนำไปใช้

ประโยชน์กับการเติมความอุดมสมบูรณ์ให้ดินเพื่อช่วยในการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งก็สอดคล้องกับการสูญเสียธาตุอาหาร N P และ K จากการชะล้างพังทลายของดิน ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง ดังนั้นการจะทำให้ดินกลับมาอุดมสมบูรณ์เหมือนเดิมก็ควรทำด้วยวิธีการเติมปุ๋ยลงในดิน

มูลค่าการสูญเสียธาตุอาหารหลักในพื้นที่ศึกษาในงานวิจัยนี้เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ พบว่ามีมูลค่ามากที่สุดคือ เท่ากับ 20,261 บาท/ไร่ (เช่นเดียวกับมูลค่าการสูญเสียหน้าดิน มูลค่านี้ใช้ข้อมูลตัวแทนจากการศึกษาในระยะเวลา 3 เดือน ซึ่งแสดงว่ามูลค่าต่อปีจะต้องสูงกว่านี้) โดยงานวิจัยของ ประกายดาว ทรายคำ (2551) มีมูลค่าเท่ากับ 2,247.70 บาท/ไร่/ปี งานวิจัยของอานุช คีรีรัฐนิคม และสุธาสินี โพธิสุนทร (2552) เท่ากับ 495.52 บาท/ไร่/ปี และงานวิจัยของพิสบุษ์ จัตวาพรวนิช (2531) เท่ากับ 93.20 บาท/ไร่/ปี การที่งานวิจัยครั้งนี้มีมูลค่าการสูญเสียธาตุอาหารหลักสูงกว่างานวิจัยอื่นๆ อาจเนื่องมาจาก 1) วิธีการศึกษาประเมินปริมาณการสูญเสียดินที่แตกต่างกัน ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเดียวที่ได้ทำการวางแปลงทดลองเพื่อประเมินการสูญเสียดิน แล้วนำดินที่สูญเสียมาคูณกับปริมาณของธาตุอาหารหลักที่มีในดิน 1 กิโลกรัม ที่ได้จากการส่งวิเคราะห์ ในขณะที่งานวิจัยอื่นๆ ไม่ได้ประเมินการสูญเสียดินโดยใช้วิธีวางแปลงทดลอง และไม่ได้ระบุวิธีการคำนวณธาตุอาหารหลักที่สูญเสียไว้อย่างชัดเจน 2) พื้นที่ศึกษานี้อาจมีปริมาณของธาตุอาหารหลักมากกว่าพื้นที่อื่น ซึ่งอาจเกิดจากมีซากแมลงหรือซากสัตว์หน้าดิน และจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายซากแมลงและสัตว์หน้าดินเหล่านี้อยู่จำนวนมาก ทำให้เกิดปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการย่อยสลายมากกว่าพื้นที่อื่น เมื่อดินเกิดการชะล้างพังทลายจึงทำให้สูญเสียธาตุอาหารหลักมากกว่าพื้นที่ศึกษาในงานวิจัยอื่น 3) อาจเนื่องมาจากราคาแม่ปุ๋ยที่นำมาใช้ในการตีมูลค่ามีราคาที่สูงกว่าในงานวิจัยอื่น

5.2.2.3 มูลค่าความเสียหายอันเนื่องจากการตื้นเขินของแหล่งน้ำจากการทับถมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำ

มูลค่าความเสียหายอันเนื่องจากการตื้นเขินของแหล่งน้ำจากการทับถมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำ ซึ่งในที่นี้พิจาณากรณีอ่างเก็บน้ำมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์และอ่างเก็บน้ำค่ายเสนาณรงค์ ได้จากการคำนวณราคาอัตราราคางานต่อหน่วยในการขุดลอกร่องน้ำตามสำนักงบประมาณ (2555) โดยในกรณีที่เกิดการพัดพาของตะกอนแขวนลอยจากการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ทั้งหมดลงมาทับถมในอ่างเก็บน้ำทั้งสอง ทำให้ต้องมีการขุดลอกอ่างน้ำไม่ให้เกิดการตื้นเขินเพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างเต็มกำลังประสิทธิภาพ มีมูลค่าเท่ากับ 38,457 บาท

การตีมูลค่าการสูญเสียเนื่องจากการตื้นเขินของอ่างเก็บน้ำจากการทับถมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำ ยังสามารถทำได้ด้วยการตีมูลค่าเทียบกับราคาน้ำประปา ตามที่ได้แสดงไว้ในบทที่ 4 ตารางที่ 4-19 ซึ่งมีมูลค่าเท่ากับ 23,887 บาท แต่มูลค่าการสูญเสียที่คำนวณจากการตีมูลค่าเทียบกับ

ราคาน้ำประปายังไม่ได้รวมค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการติดตั้งระบบท่อประปาและค่าบำรุงรักษาต่อปี ซึ่งถ้ามีการคำนวณค่าใช้จ่ายเหล่านี้รวมไปด้วย อาจจะทำให้มูลค่าการสูญเสียนี้สูงขึ้น ดังนั้นการตีมูลค่าด้วยการเทียบกับราคาการขุดลอกจึงอาจเป็นเพียงมูลค่าขั้นต่ำที่สุดที่สามารถประเมินได้ในงานวิจัยครั้งนี้เท่านั้น

5.2.2.4 มูลค่ารวมของการสูญเสียจากการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ (เฉพาะผลกระทบที่มีการประเมินมูลค่า)

มูลค่ารวมของการสูญเสียจากการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ได้จากการวิเคราะห์ผลกระทบที่สามารถนำมาตีมูลค่าได้ ตามข้อจำกัดและเงื่อนไขในงานวิจัยนี้ มีมูลค่ารวมขั้นต่ำเท่ากับ 125,642,009 บาท มูลค่าสุทธิที่ได้นี้สามารถสะท้อนให้เห็นถึงขนาดของผลกระทบในทางเศรษฐกิจได้อย่างชัดเจนมากขึ้น

การพัฒนาเศรษฐกิจในปัจจุบันที่เน้นการมีรายได้เฉลี่ยต่อหัวของประชากรที่สูงขึ้น เป็นผลให้เกิดการบุกรุกพื้นที่เพื่อใช้ประโยชน์ในทางเศรษฐกิจมากขึ้น โดยถือว่าการมีรายได้ที่สูงขึ้นเป็นผลสำเร็จของการพัฒนา แต่แท้ที่จริงแล้วรายได้สุทธิที่เกิดขึ้นนั้นยังไม่ได้เกิดจากการหักลบต้นทุนที่แท้จริงทั้งหมด เพราะต้นทุนที่แท้จริงนั้นจะต้องรวมถึงต้นทุนของผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่ก่อให้เกิดการสูญเสียตามมาด้วย ในกรณีของงานวิจัยครั้งนี้ที่ได้ประเมินมูลค่าของการสูญเสียที่เกิดจากการชะล้างพังทลายของดินจากการใช้ประโยชน์พื้นที่ที่ไม่เหมาะสมเพื่อการปลูกยางพารา พบว่ามูลค่าการทำสวนยางพาราบนเขาคอหงส์โดยยังไม่รวมต้นทุนด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 44,306 บาท/ไร่/ปี (Roongtawanreongsri *et al*., 2011 อ้างถึงใน น้ำฝน พลอยนิลเพชร, 2555) แต่เมื่อนำต้นทุนมูลค่าของผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมบนเขาคอหงส์เฉพาะกรณีของการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดขึ้นในพื้นที่สวนยางพาราในงานวิจัยนี้เท่ากับ 29,378 บาท/ไร่ คิดเป็น 66.30% ของรายได้การทำสวนยางพารา ดังนั้นเมื่อนำมูลค่าของการทำสวนยางพารา เท่ากับ 44,306 บาท/ไร่/ปี มาหักลบด้วยมูลค่าของผลกระทบจากการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดขึ้นในพื้นที่สวนยางพารา เท่ากับ 29,378 บาท/ไร่ จะเหลือรายได้สุทธิที่ควรจะเป็นของการทำสวนยางพาราบนพื้นที่เขาคอหงส์ เท่ากับ 14,928 บาท/ไร่/ปี เท่านั้น

อย่างไรก็ตามผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากการใช้ประโยชน์พื้นที่ที่ไม่เหมาะสมบนเขาคอหงส์ไม่ได้มีเพียงการชะล้างพังทลายของดินเท่านั้น แต่ยังมีผลกระทบด้านอื่นๆ อีกหลายๆ ด้าน เช่น มูลค่าการสูญเสียพื้นที่ดูดซับคาร์บอน มูลค่าการสูญเสียของเนื้อไม้ มูลค่าการสูญเสียแหล่งต้นน้ำและดูดซับน้ำ เป็นต้น ดังนั้นถ้านำมูลค่าของผลกระทบสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ไปหักลบกับรายได้สุทธิในการทำสวนยางพารา รายได้สุทธิที่ได้อาจจะมีมูลค่าลดน้อยลงมากยิ่งขึ้น ซึ่งบ่งบอกให้เห็น

ถึงความคุ้มค่าในการใช้ประโยชน์พื้นที่บนเขาคอหงส์ได้ว่ามีความคุ้มค่าหรือไม่ และเพื่อจะได้เป็นแนวทางในการตัดสินใจใช้ประโยชน์พื้นที่ให้ถูกต้องและเหมาะสม หรือหาแนวทางป้องกันให้เกิดการจัดการทรัพยากรสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนต่อไป

5.3 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

5.3.1 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการทดลอง

1) การวางแปลงทดลองการชะล้างพังทลายของดิน ควรมีการกำหนดการวางแปลงทดลองให้อยู่ในค่าปัจจัยเดียวกับแปลงทดลองมาตรฐานมากที่สุด คือ ความลาดชันของพื้นที่วางแปลงทดลองควรอยู่ในช่วงความลาดชันอย่างน้อย 3-18 % และขนาดของแปลงทดลองควรมีขนาดไม่เล็กกว่า 2x10 เมตร และไม่ใหญ่กว่า 4x20 เมตร เพื่อให้เกิดข้อผิดพลาดของข้อมูลน้อยที่สุด ในขณะเดียวกันการวางแปลงทดลองเพื่อเป็นตัวแทนของพื้นที่ในแต่ละประเภทควรจะวางแปลงซ้ำกระจายกันไปในพื้นที่ประเภทนั้นๆ อย่างน้อย 3 ซ้ำ เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือของข้อมูลตามหลักวิชาการ

2) ควรมีการตรวจสอบและซ่อมแซมแปลงทดลองให้อยู่ในสภาพเดิมทุกๆ วัน เนื่องจากในวันที่มีฝนตกหนักจะทำให้มีน้ำไหลบ่าหน้าดินพัดพาตะกอนดินที่ถูกชะล้างพังทลายลงมาด้านล่างของแปลงทดลองในปริมาณมาก จนบางครั้งแปลงเกิดความเสียหาย และเกิดการทับถมปิดกั้นช่องของท่อทดน้ำของแปลงทดลอง ทำให้ลดประสิทธิภาพในการไหลของตะกอนดินลงสู่ถังดักตะกอนดิน ซึ่งอาจจะมีผลต่อการเก็บปริมาณตัวอย่างตะกอนดินรายวันที่ถูกชะล้างพังทลายที่มีความคลาดเคลื่อนจากปริมาณที่ควรจะเป็น

3) การทำวิจัยเพื่อประเมินการชะล้างพังทลายของดินด้วยวิธีการวางแปลงทดลอง ควรจะมีการเตรียมทีมคนในการวางแปลงทดลองไว้ให้พร้อม เพราะการวางแปลงทดลองต้องใช้กำลังคนมาก อย่างน้อยประมาณ 6-8 คนต่อการวางแปลงทดลองหนึ่งแปลง เพื่อการขนย้ายอุปกรณ์ในการวางแปลงทดลองไปยังพื้นที่ศึกษา ได้แก่ แผ่นสังกะสี ท่อทดน้ำ ถังดักตะกอน จอบ เหล็กขุด มีดพร้า ค้อน ไม้ปัก ปูนซีเมนต์ และน้ำ และเพื่อการขุดหลุมฝังแผ่นสังกะสีกั้นรอบแปลงทดลอง และการขุดขลุมฝังถังดักตะกอนดินจำนวน 2 หลุม หากเตรียมกำลังคนไว้ไม่พร้อมจะทำให้การวางแปลงทำได้ยากและเกิดความล่าช้าได้

4) ควรมีการเตรียมทีมคนเพื่อการเก็บตัวอย่างปริมาณตะกอนดินและปริมาณน้ำฝนอย่างน้อยประมาณ 2-3 คนต่อครั้ง เพราะการเก็บตัวอย่างเพียงคนเดียวสามารถทำได้ยากและเกิดความล่าช้า เนื่องจากต้องใช้กำลังในการกวนตะกอนดินในถังดักตะกอนก่อนการเก็บตัวอย่างตะกอนดิน

และต้องเอาน้ำในถังดักตะกอนดินออกทุกครั้งทั้ง 9 แปลงทดลอง ในขณะเดียวกันต้องขนย้ายตัวอย่างที่เก็บมายังห้องปฏิบัติการเพื่อทำการทดลองในขั้นถัดไป

5.3.2 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดการการชะล้างพังทลายของดิน

ปัญหาการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์เกิดจากการใช้ประโยชน์พื้นที่ไม่เหมาะสม ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเกิดความเสียหาย ดังนั้นการลดหรือป้องกันปัญหาการชะล้างพังทลายของดินสามารถทำได้โดยการจัดการใช้ประโยชน์พื้นที่ให้เหมาะสม ดังนี้

1) ไม่ควรจะมีการปรับเปลี่ยนพื้นที่ป่าเพื่อใช้ประโยชน์อย่างอื่น

2) บริเวณพื้นที่ที่สามารถปลูกยางพาราได้ ก็ควรเป็นการปลูกแบบระบบวนเกษตรมากกว่าระบบเชิงเดี่ยว เพราะถึงแม้จะเป็นการปลูกยางพาราเหมือนกัน แต่ความแตกต่างกันของปริมาณและความหลากหลายของพันธุ์พืชจะมีผลต่อการเกิดการชะล้างพังทลายของดินที่แตกต่างกัน ซึ่งการปลูกยางพาราแบบระบบวนเกษตรจะทำให้มีปริมาณและความหลากหลายของพันธุ์พืชมากขึ้น มีประโยชน์ในการช่วยลดและป้องกันปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน

3) ควรมีความระมัดระวังการใช้ประโยชน์พื้นที่ที่ไม่เหมาะสม เพราะจะทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินบนเขาคอหงส์ลดลง ซึ่งมีผลต่อการชะล้างพังทลายของดิน เนื่องจากดินที่มีความอุดมสมบูรณ์มากกว่าจะสามารถดูดซับน้ำได้ดีกว่าดินที่มีความอุดมสมบูรณ์น้อยกว่า ทำให้ลดโอกาสในการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินที่จะนำไปสู่การชะล้างพังทลายของดิน

4) พื้นที่ที่เคยถูกเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ไปแล้วบนเขาคอหงส์ ควรมีการฟื้นฟูให้กลับมาเป็นป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์ เนื่องจากป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์จะทำให้ลดโอกาสในการเกิดและความรุนของการชะล้างพังทลายของดินได้มากขึ้น

5.3.3 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการประเมินการชะล้างพังทลายของดินและมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์สำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1) การประเมินการชะล้างพังทลายของดินโดยการวางแปลงทดลองเพื่อเป็นตัวแทนข้อมูลรายปี ถ้าเป็นไปได้ควรมีการขยายช่วงเวลาทดลองวางแปลงทดลองจากเพียง 3 เดือนในช่วงฤดูฝนเป็นตลอดทั้งปี เนื่องจากการชะล้างพังทลายของดินสามารถเกิดขึ้นได้ทุกวันที่มีฝนตก ซึ่งในช่วงฤดูฝนแต่ละปีจะมีระยะเวลาที่ไม่แน่นอน ดังนั้นถ้ามีการวางแปลงทดลองเก็บตัวอย่างตลอดทั้งปีจะทำให้การประเมินการชะล้างพังทลายของดินเป็นตัวแทนของข้อมูลรายปีที่ดีมากขึ้น

2) เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอผลกระทบส่วนหนึ่งที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่เหมาะสมบนเขาคอหงส์ ดังนั้นการทำงานวิจัยครั้งต่อไปควรจะศึกษาผลกระทบในด้านอื่นๆ เพิ่มเติม เพื่อให้สะท้อนถึงคุณค่าของป่าเขาคอหงส์ได้ดีมากขึ้น

3) หากมีงบประมาณและเวลาศึกษาที่มากพอ ควรมีการประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดิน โดยตีมูลค่าของผลกระทบให้ครบในทุกๆ ด้าน ได้แก่ กายภาพ ชีวภาพ คุณค่าการใช้ประโยชน์ และคุณภาพชีวิต เพื่อให้ได้มูลค่าการสูญเสียจากการชะล้างพังทลายของดินมีความใกล้เคียงกับมูลค่าที่แท้จริงมากที่สุด

บรรณานุกรม

กรมทรัพยากรธรณี. 2551. เอกสารรายงาน โครงการสำรวจเพื่อการจัดการทรัพยากรธรณีลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา (สำรวจธรณีเคมีและสภาพตะกอนในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาตอนใต้), จังหวัดสงขลา.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2523. การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2543. การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2545. การประเมินการสูญเสียดินในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2547. แบบจำลองการชะล้างพังทลายของดิน. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. ดินเพื่อประชาชน. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2552. ลักษณะและสมบัติของชุดดิน ภาคใต้และชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก. สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2554. เอกสารเผยแพร่วิชาการ เขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำย่อยน้ำมาว ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำยมตอนบน ลุ่มน้ำหลักแม่น้ำยม อำเภอปง จังหวัดพะเยา. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กฤษณะ เวชพร. 2539. ผลการบุกรุกทำลายป่าเพื่อปลูกพืชไร่ต่อสภาพอุทกวิทยา และการพังทลายของดินบริเวณลุ่มน้ำแม่ถาง จ.แพร่. กลุ่มลุ่มน้ำ ส่วนวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้.

กองวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม. มปป. หนังสือคู่มือการทำงานการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านเศรษฐศาสตร์. กองวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม, สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ. อ้างถึงใน เสาวลักษณ์ รุ่งตะวันเรืองศรี. 2548. การประเมินและวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมของการจัดการของเสียของโรงงานน้ำยางข้น. โครงการวิจัยการจัดการของเสียอุตสาหกรรมน้ำยางข้น, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

กิตติพงศ์ ทรงรักษ์เกียรติ์. 2549. การประเมินการชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาโดยแบบจำลองคณิตศาสตร์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เกษม จันทร์แก้ว และคณะ. 2519. การสูญเสียดินและน้ำ บริเวณป่าแม่หวด จังหวัดลำปาง. การวิจัยลุ่มน้ำห้วยคอกม้า เล่มที่ 28 ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา, คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เกษม จันทร์แก้ว และนิพนธ์ ตั้งธรรม. 2525. หลักปฏิบัติในการจัดการลุ่มน้ำ. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา, คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เกษม จันทร์แก้ว. 2539. หลักการจัดการลุ่มน้ำ. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา, คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณะทำงานโครงการร่วมอนุรักษ์เขาคอหงส์. 2553. *ต่อลมหายใจเขาคอหงส์*. ม.ป.ท.

จักรพงษ์ ไชยวงศ์. 2549. การประมาณการไหลบ่าของน้ำและการสูญเสียดินในพื้นที่เกษตรที่สูงของจังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาปฐพีศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จารุชาติ ปราชญ์นคร, วารินทร์ จิระสุขทวีกุล และสมโภชน์ ไพศาลวัฒนา. 2544. การสูญเสียดินและน้ำจากการใช้ประโยชน์ที่ดินรูปแบบต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยทรายขาว อำเภอพิปูน

จังหวัดนครศรีธรรมราช. กลุ่มลุ่มน้ำ ส่วนวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้.

จุไรรัตน์ คุรุโคตร. 2542. การประเมินปริมาณตะกอนลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการจัดการลุ่มน้ำ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชลาธร ศรีตุลานนท์, สมาน รวยสูงเนิน และมนตรี พุทธวงศ์. 2528. ความคงทนและสมรรถนะการอุ้มน้ำของดินในป่าเบญจพรรณแล้งและไร่ร้าง ที่สถานีวิจัยเพื่อรักษาต้นน้ำลำตะคอง. ฝ่ายวิจัย กองอนุรักษ์ต้นน้ำ, กรมป่าไม้.

ทรงศักดิ์ ศรีบุญจิตต์. 2531. ผลกระทบของการชะล้างหน้าดินต่อผลผลิต. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธันวา จิตต์สงวน. 2540. วิธีการประเมินค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. คู่มือการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการการประเมินค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม และศูนย์วิจัยเศรษฐศาสตร์ประยุกต์, คณะเศรษฐศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อ้างถึงใน สมหญิง บู่แก้ว, 2552. การประเมินมูลค่าการใช้ประโยชน์ผลผลิตจากป่าที่ไม่ใช่เนื้อไม้ จากป่าชุมชนโคกใหญ่ อำเภอวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการบริการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

นคร สืบแสน และไชยสิทธิ์ เอนกสัมพันธ์. 2534. การศึกษาอิทธิพลของการจัดการดินและพืชที่มีต่อการชะล้างพังทลายของดินบนที่ลาดเทสูง. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 จังหวัดน่าน, กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

น้ำฝน พลอยนิลเพชร. 2555. การประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเนื้อไม้ ไม้หนุ่ม ลูกไม้และกล้าไม้ บนเขาคอหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2527. การควบคุมการชะล้างพังทลายดิน. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา, คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2545. แบบจำลองคณิตศาสตร์การชะล้างพังทลายของดินและมลพิษตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำ. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา, คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิพนธ์ ตั้งธรรม และอภินันท์ ขอพร. 2540. การสูญเสียดินและน้ำจากแปลงทดลองปลูกพืชที่ใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบต่างๆ บนพื้นที่ลาดเขา โครงการทดลองจัดการลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่. วิทยาสารเกษตรศาสตร์, สาขาวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประกายดาว ทรายคำ. 2551. ผลกระทบของการเกษตรบนพื้นที่สูงต่อการชะล้างพังทลายระดับไร่นา กรณีศึกษา ชนเผ่าปกาเกอะญอ บ้านห้วยส้มป่อย. วิทยานิพนธ์เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการใช้ที่ดินและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ประกาศ สว่างโชติ. 2551. นิเวศวิทยาเขาคอหงส์และการอนุรักษ์ (ข้อมูลเบื้องต้น). เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยาภาคสนาม. คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล, สำเริง ปานอุทัย, โสภา ศิริไพรพรรณ และบุญมา ดีแสง. 2553. เอกสารประกอบการบรรยาย วิธีประเมินค่าเสียหายทางสิ่งแวดล้อมบางประการหลังการทำลายป่าไม้. ส่วนจัดการต้นน้ำห้วยแก้ว, จังหวัดเชียงใหม่.

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535. กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ.

พิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์. 2534. การศึกษาเปรียบเทียบการสูญเสียดินระหว่างสมการสูญเสียดินสากล(USLE) กับแปลงทดลองในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยมหิดล.

พิทยากร ลิ่มทอง. 2552. การชะล้างพังทลายของดินและการอนุรักษ์ดินและน้ำ. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พิสบุษ์ จัตวาพรวนิช. 2531. การศึกษาความสมดุลของน้ำและการพัดพาดินตะกอน ตลอดจนธาตุอาหารพืชที่สำคัญในพื้นที่ลุ่มน้ำแกแล อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาปฐพีวิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เพ็ญนภา ลอออรรถพงศ์. 2545. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่เกษตรกรรม กรณีศึกษาบริเวณบ้านท่าใหม่ ตำบลปะตง อำเภอสอยดาว จังหวัดจันทบุรี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยบูรพา.

มงคล วรรณประเสริฐ และอุทัย ทองมี. 2536. การสูญเสียดินและน้ำจากแปลงที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน. วารสารวนศาสตร์, กองอนุรักษ์ต้นน้ำ, กรมป่าไม้.

มนู ศรีขจร. 2509. การประมาณการสูญเสียเนื้อดินและระดับความอุดมสมบูรณ์ โดยการชะล้างผิวหน้าดิน ในป่าธรรมชาติและป่าที่ถูกทำลาย ในระดับความลาดเอียงประมาณ 15 – 20 เปอร์เซ็นต์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาอนุรักษ์วิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มัลลิกา ศรีสุธรรม. 2547. การประยุกต์ใช้เทคนิคไอโซโทป 137Cs ประเมินค่าการชะล้างพังทลายของดินบริเวณลุ่มน้ำห้วยแร้ง – คลองพืด จังหวัดตราด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาการจัดการลุ่มน้ำ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2551. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เรณู สุขารมณ์. 2541. วิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประเมินสินค้าไม่ผ่านตลาด. วารสารเศรษฐศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

วรากร สุจริต และนิมิต พุกงาม. 2551. การประเมินค่าดัชนีพืชคลุมดิน และค่าดัชนีมาตรการควบคุมการชะล้างพังทลายของดินร่วมกับพืชปกคลุมในสมการสูญเสียดินสากล ของพืชชนิดต่างๆ ที่ปลูกตามแนวระดับขอบเขา บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ถาง จังหวัดแพร่. เอกสารการประชุมทางวิชาการ สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วารินทร์ จิระสุขทวีกุล, สุพจน์ เจริญสุข และสมาน รวยสูงเนิน. 2526. ความคงทนของดินที่สถานีวิจัยเพื่อรักษาต้นน้ำน่าน จ.น่าน. ฝ่ายวิจัย กองอนุรักษ์ต้นน้ำ, กรมป่าไม้.

วุฒิพงศ์ อาจริยอาจอง. 2543. การวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจของการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยระบบวนเกษตรเพื่อป้องกันการกร่อนของดิน กรณีศึกษา ลุ่มน้ำสุ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาเศรษฐศาสตร์เกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุภมิตร จารุธัญลักษณ์. 2539. การสูญเสียดินและน้ำจากการปลูกพืชระบบวนเกษตรบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภูเวียง อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาการจัดการลุ่มน้ำ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมคิด แก้วพรมทะ. 2546. การศึกษาเบื้องต้นของการสูญเสียดินและน้ำจากพื้นที่การใช้ประโยชน์ดินต่างกันในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กห้วยแร้ง-คลองพืด อำเภอบ่อไร่และอำเภอเมือง จังหวัดตราด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาการจัดการลุ่มน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมเจตน์ จันทวัฒน์. 2526. การอนุรักษ์ดินและน้ำ. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมยศ กิจค้า. 2521. การอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่ภูเขา. โครงการจัดการลุ่มน้ำแม่สา กองอนุรักษ์ต้นน้ำ, กรมป่าไม้.

สำนักงบประมาณ. 2555. อัตราราคางานต่อหน่วย. สำนักมาตรฐานงบประมาณ, สำนักงบประมาณ. กรุงเทพฯ.

สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. 2554. คู่มือการใช้แบบจำลองสำหรับประเมินค่าเสียหายทางสิ่งแวดล้อมบางประการหลังทำลายป่าไม้. ส่วนวิจัยต้นน้ำ, สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

สุนทร รัชฎาวงษ์ และคณะ. 2526. ผลของการจัดการดินและพืชบางวิธีที่มีต่อการชะล้างพังทลายของดิน. โครงการพัฒนาที่ดินเพื่อการเกษตรภาคเหนือ, กรมพัฒนาที่ดิน.

อดิศร์ อิศรางกูร ณ อยุธยา, 2541. การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อม คืออะไร ทำอย่างไร ทำเพื่อใคร. วารสารเศรษฐศาสตร์ธรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

อานันต์ คัมภีระ. 2551. การประยุกต์ใช้ข้อมูลภูมิสารสนเทศเพื่อศึกษาการชะล้างพังทลายของดินพื้นที่ลุ่มน้ำเขาคอหงส์ จังหวัดสงขลา. วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย.

อานุช คีรีรัฐนิคม และ สุธาสินี โพธิสุนทร. 2552. การสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการพังทลายของดินในพื้นที่ปลูกยางพารา อำเภอตะโหมด จังหวัดพัทลุง. โครงการพัฒนางานวิจัย มหาวิทยาลัยทักษิณ, พัทลุง.

อาวุธ ศิริรัตน์. 2552. การประเมินการไหลบ่าของน้ำผิวดินและการสูญเสียดินโดยใช้แบบจำลองโครงการประเมินการชะกร่อนโดยน้ำ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาปฐพีศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Andreas de Neergaard, Jakob Magid and Ole Mertz. 2008. Soil erosion from shifting cultivation and other smallholder land use in Sarawak, Malaysia. Agriculture Ecosystem & Environment. 2008, 125 : 182-190.

David J. Midmore, Hans G.P. Jansen and Robert G. Dumsday. 1996. Soil erosion and environmental impact of vegetable production in the Cameron Highlands, Malaysia. Agriculture Ecosystem & Environment. 1996, 60 : 29-46.

Department of Finance 1991. Techniques to Value Environmental Resource: An Introduction Handbook. Department of Finance, Canberra, Australia. อ้างถึงใน เสาวลักษณ์ รุ่งตะวันเรืองศรี. 2548. การประเมินและวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมของการจัดการของเสียของโรงงานน้ำยางข้น. โครงการวิจัยการจัดการของเสียอุตสาหกรรมน้ำยางข้น, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

Ghulam M. Hashim, et. al., 1995. Soil erosion process in sloping land in the east coast of Peninsular Malaysia. Soil Technology. 1995, 8 : 215-233.

Herlina Hartanto, et al., 2003. Factors affecting runoff and soil erosion: plot-level soil loss monitoring for assessing sustainability of forest management. Forest Ecology and Management. 2003, 180: 361–374.

Ildefonso Pla Sentis. 1997. A soil water balance model for monitoring soilerosion processes and effects on steep lands in the tropics. Soil Technology. 1997, 11: 17-30.

J. Arna´eza, V. Larreab and L. Ortigosa. 2003. Surface runoff and soil erosion on unpaved forest roads from rainfall simulation tests in northeastern Spain. Catena. 2004, 57: 1 –14.

J.A. Martı´nez-Casasnovas and M.C. Ramos. 2006. The cost of soil erosion in vineyard fields in the Penede`s–Anoia Region (NE Spain). Catena . 2006, 68: 194 – 199.

Jayatilleke S. Bandara, et. al., 2001. Environmental cost of soil erosion in Sri Lanka: tax/subsidy policy options. Environmental Modelling & Software. 2001, 16: 497–508.

John Boardman. 2006. Soil erosion science: Reflections on the limitations of current approaches. Catena. 2006, 68: 73-86.

John R. Dymond, Harley D. Betts and Christina S. Schierlitz. An erosion model for evaluating regional land-use scenarios. Environmental Modelling & Software. 2010, 25: 289–298.

Lipton, D.W., Wellman, K., Sheifer, I.C., and Weiher, R.F. 1995. Economic Valuation of Natural Resources: A Handbook for Coastal Resource Policymakers. NOAA Coastal Ocean Program Decision Analysis Series No. 5, U.S. Department of Commerce. อ้างถึงใน เสาวลักษณ์ รุ่งตะวันเรืองศรี. 2548. การประเมินและวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมของการจัดการของเสียของโรงงานน้ำยางข้น. โครงการวิจัยการจัดการของเสียอุตสาหกรรมน้ำยางข้น, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

Meyer, L.D., G.R. Foster and M.J.M. Romkens. 1975. Origin of eroded soil from upland slopes. In Present and perspective technology for predicting sediment yield and sources, 177–189.

R. K. Misra and P. C. Teixeira. 2000. The sensitivity of erosion and erodibility of forest soil to structure and strength. Soil & Tillage Research. 2001, 59: 81-93.

Roy C. Sidle, et. al., 2006. Erosion processes in steep terrain—Truths, myths, and uncertaintiesrelated to forest management in Southeast Asia. Forest Ecology and Management. 2006, 224: 199-225.

Wischmeier, W.H. and D.D. Smith.1965. Predicting rainfall erosion losses from cropland East of The RockyMountains -Guideline for Selection of Practices for Soil and Water Conversation. Agri. Handbook 282.

Wooldridge, D.D. 1964. Effects of parent materiel and vegetation on properties related to soil erosion in central Washington. Soil. Sci. Amer. Proc. 28: 430-432.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศเกษตรคอหงส์

ปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศเกษตรคอหงส์

เดือน	**ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)**
พฤศจิกายน 2554	566.4
ธันวาคม 2554	643.2
มกราคม 2555	364.5
รวม	**1,574.1**

ภาคผนวก ข
ปริมาณน้ำฝนรายปีจากสถานีตรวจวัดอากาศเกษตรคอหงส์

ปริมาณน้ำฝนรายปีจากสถานีตรวจวัดอากาศเกษตรคอหงส์

ปี (พ.ศ.)	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)
2554	3043.60
2553	2790.00
2552	2239.80
2551	2333.20
2550	2008.30
2549	1704.70
2548	2558.80
2547	1585.90
2546	2200.10
2545	1406.30

ภาคผนวก ค
ระดับชั้นการซึมซับของดิน (permeability class) สำหรับดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำโดยเทียบจากค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ

ระดับชั้นการซึมซับของดิน (permeability class) สำหรับดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำโดยเทียบจากค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ

ระดับชั้น	**ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (ซม./ชม.)**	**การซึมซับน้ำได้ของดิน ($ซม.^2/10^{-10}$)**
ช้ามาก (very slow)	< 0.125	<3
ช้า (slow)	0.125-0.050	3-15
ช้าปานกลาง (moderately slow)	0.500-2.000	15-60
ปานกลาง (moderately)	2.000-6.250	60-170
เร็วปานกลาง (moderately rapid)	6.250-12.500	170-350
เร็ว (rapid)	12.500-25.000	350-700
เร็วมาก (very rapid)	>25.000	>700

ที่มา : O'Neal, 1952 อ้างถึงใน สมคิด แก้วพรมทะ, 2546

ภาคผนวก ง
ระดับชั้นการซึมซับน้ำของดิน (permeability class) บนพื้นที่เขาคอหงส์

ระดับชั้นการซึมซับน้ำของดิน (permeability class) บนพื้นที่เขาคอหงส์

พื้นที่	ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (ซม./ชม.)	ระดับชั้น
พื้นที่เปิดโล่ง 1	26.0	เร็วมาก (very rapid)
พื้นที่เปิดโล่ง 2	22.0	เร็ว (rapid)
พื้นที่เปิดโล่ง 3	23.5	เร็ว (rapid)
เฉลี่ย	**23.8**	**เร็ว (rapid)**
สวนยางพารา 1	14.5	เร็ว (rapid)
สวนยางพารา 2	14.0	เร็ว (rapid)
สวนยางพารา 3	16.0	เร็ว (rapid)
เฉลี่ย	**14.8**	**เร็ว (rapid)**
ป่าทดแทน 1	23.0	เร็ว (rapid)
ป่าทดแทน 2	20.0	เร็ว (rapid)
ป่าทดแทน 3	22.5	เร็ว (rapid)
เฉลี่ย	**21.8**	**เร็ว (rapid)**

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อดูความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณตะกอนทั้ง 3 แปลงของพื้นที่เปิดโล่ง สวนยางพารา และป่าทดแทน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อดูความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณตะกอนทั้ง 3 แปลง ในพื้นที่เปิดโล่ง (ANOVA)

	Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**p-value**
Between Groups	.230	2	.115	.022	.979
Within Groups	561.427	105	5.347		
Total	561.657	107			

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อดูแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณตะกอนทั้ง 3 แปลง ในสวนยางพารา (ANOVA)

	Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**p-value**
Between Groups	2.734	2	1.367	.357	.700
Within Groups	401.867	105	3.827		
Total	404.601	107			

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อดูแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณตะกอนทั้ง 3 แปลง ในป่าทดแทน (ANOVA)

	Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**p-value**
Between Groups	.277	2	.139	.352	.704
Within Groups	41.341	105	.394		
Total	41.618	107			

ภาคผนวก ฉ

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Duncan 's multiple range test) เพื่อดูความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณตะกอนทั้ง 3 แปลงของพื้นที่เปิดโล่ง สวนยางพารา และป่าทดแทน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อดูความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณตะกอนทั้ง 3 ประเภทพื้นที่ (ANOVA)

	Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**p-value**
Between Groups	446.528	2	223.264	71.108	.000
Within Groups	1007.877	321	3.140		
Total	1454.404	323			

ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบเชิงซ้อนเพื่อดูความแตกต่างของปริมาณดินที่สูญเสียทั้ง 3 ประเภทพื้นที่ (Duncan 's multiple range test)

พื้นที่	**จำนวนตัวอย่าง**	**ระดับความเชื่อมั่น = .05**		
		a	**b**	**c**
ป่าทดแทน	108	0.79		
สวนยางพารา	108		2.78	
พื้นที่เปิดโล่ง	108			3.59
p-value		1.000	1.000	1.000