บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

จากการทำเกษตรบนพื้นที่สูงที่เผชิญกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อม เนื่องจากการทำเกษตรที่ขาดความรู้ความเข้าใจ ใช้ปัจจัยการผลิตเกินความจำเป็น ปลูกพืชชนิดเดียวในพื้นที่ขนาดใหญ่ ทำนาน้ำขังแบบดั้งเดิม ล้วนแต่ส่งผลผลกระทบต่อระบบนิเวศ คุณภาพน้ำ ความหลากหลายทางชีวภาพ และเกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศ การปรับเปลี่ยนแนวคิดการทำการเกษตรทั้งระบบให้เป็นรูปธรรมด้วยบูรณาการงานวิจัยและพัฒนาทุกรายสาขาหรือภาคส่วน ช่วยให้เกษตรกรปรับตัวในการดำเนินชีวิตและช่วยลดปัญหาการทำนาที่มีผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561–2580) ยุทธศาสตร์ที่ 5 ด้านการสร้างการเติบโตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เป้าหมายฟื้นฟูสภาพแวดล้อมและธรรมชาติที่เสื่อมโทรม และการลดก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะภาคการเกษตรที่ต้องใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถรองรับกับระบบนิเวศ

โครงการ “ระบบการผลิตข้าวที่ยั่งยืนแบบองค์รวม” ในประเทศไทยเป็นส่วนหนึ่งของโครงการ Global GEF-7 ที่ใช้หลักการ SRL คือ การทำนาผ่านการจัดการภูมิทัศน์เชิงพื้นที่ หลีกเลี่ยงการปลูกข้าวในพื้นที่ป่าธรรมชาติหรือพื้นที่แหล่งความหลากหลายทางชีวภาพ ออกแบบหรือจัดรูปแบบการใช้ประโยชน์พื้นดินให้ลดการพังทลายของดินและจัดสรรพื้นดินให้สามารถใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีการจัดการพื้นที่ป่าและแหล่งน้ำ เพื่อช่วยปกป้องและฟื้นฟูระบบนิเวศ ส่งเสริมความเป็นอยู่ของเกษตรกรให้มีคุณภาพ อีกทั้งลดผลกระทบที่มีต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม นับว่าสอดคล้องกับเป้าหมายของแผนการวิจัยพื้นที่สูง ระยะ 4 ปี (พ.ศ.2567-2570) ว่าด้วยสิ่งแวดล้อมบนพื้นที่สูงได้รับการอนุรักษ์ ฟื้นฟู และมีการใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่าและยั่งยืน

ทรัพยากรธรรมชาติ (Natural Resources) ทรัพยากรธรรมชาติ คือ สิ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติและมีคุณค่าต่อมนุษย์ โดยแบ่งออกเป็นทรัพยากรหมุนเวียน เช่น น้ำ แสงแดด และอากาศ ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และทรัพยากรที่ไม่หมุนเวียน เช่น แร่ธาตุและน้ำมัน ซึ่งไม่สามารถฟื้นฟูได้ ทรัพยากรธรรมชาติเป็นรากฐานสำคัญของเศรษฐกิจและการพัฒนาของมนุษย์ และมีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตและการผลิตอาหาร ซึ่งจำเป็นต้องมีการจัดการอย่างยั่งยืนเพื่อป้องกันการเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อม (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Ministry of Natural Resources and Environment, 2019)

สิ่งแวดล้อม (Environment) สิ่งแวดล้อม คือ ทุกสิ่งที่อยู่รอบตัวมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบทางธรรมชาติ (Natural elements) เช่น ดิน น้ำ อากาศ และสิ่งมีชีวิต รวมถึงองค์ประกอบทางสังคมและเศรษฐกิจ การพัฒนาอย่างรวดเร็วของสังคมอุตสาหกรรมได้นำไปสู่ปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งจำเป็นต้องมีการรักษาสิ่งแวดล้อมเพื่อคุ้มครองทรัพยากรและรักษาสมดุลทางธรรมชาติ (Odum, 1971; United Nations, 1987)

ความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity) ความหลากหลายทางชีวภาพ หมายถึง ความแตกต่างทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตที่พบในระบบนิเวศ ทั้งในระดับพันธุกรรม (Genetic diversity) ระดับชนิดพันธุ์ (Species diversity) และระดับระบบนิเวศ (Ecosystem diversity) ความหลากหลายทางชีวภาพมีบทบาทสำคัญในการสร้างความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมและการรักษาสมดุลของระบบนิเวศ การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพเป็นภัยที่สำคัญ เนื่องจากอาจนำไปสู่การเสื่อมโทรมของระบบนิเวศและสูญเสียทรัพยากรที่มีค่า (Wilson, 1992; United Nations Environment Programme [UNEP], 1995)

การบริหารจัดการและใช้ประโยชน์พื้นดิน ซึ่งดิน (Soil) เป็นวัสดุธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากการผสมคลุกเคล้ากันของวัสดุที่เกิดจากการสลายตัวผุพังของหินและแร่กับซากพืชและสัตว์ในสภาพภูมิอากาศ สภาพ

พื้นที่ และระยะเวลาในการเกิดที่แตกต่างกัน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2562) ปัจจัยกำเนิดดิน กระบวนการสร้างตัวของดิน มีปัจจัยสำคัญ 5 ปัจจัยหลัก (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2548) ได้แก่ ภูมิอากาศ (Climate) เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุด เช่น อุณหภูมิ หยาดน้ำฟ้า (precipitation) วัตถุต้นกำเนิดดิน (Parent Material) มีผลต่อการเคลื่อนย้ายของอนุภาคดินขนาดเล็กและธาตุอาหารพืช สิ่งมีชีวิต (Organisms) หรือชีวปัจจัย (Biotic Factor) เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดความแตกต่างของหน้าตัดดิน เช่น การสะสมอินทรียวัตถุ การผสมคลุกเคล้าภายในหน้าตัดดิน สภาพพื้นที่หรือสภาพภูมิประเทศ (Relief) เกี่ยวข้องกับความสูงต่ำความลาดเทของพื้นที่ และเวลา (Time) เป็นปัจจัยที่จำเป็นต่อการพัฒนาของชั้นดิน

ลักษณะและคุณสมบัติทั่วไปของดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2562)

- สมบัติทางกายภาพของดิน ซึ่งบ่งบอกถึงความสามารถดิน เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความพรุนและหนาแน่นของดิน เป็นต้น ซึ่งเนื้อดินแบ่งอนุภาคหลักๆได้ 3 ชนิด ได้แก่ ทราย ทรายแป้ง และ ดินเหนียว
- โครงสร้างของดิน หมายถึง การจัดเรียงและการยึดเกาะกันของอนุภาคของดิน ส่วนใหญ่อนุภาคดินเชื่อมยึดกันเป็นเม็ดดิน โครงสร้างดินมีผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการเจริญเติบโตของพืช ประเภทของโครงสร้างของดิน (เอิบ, 2547)
- ความหนาแน่นและความพรุนของดิน มีผลต่อความยากง่ายในการไถพรวนของดิน การชอนไชและแผ่กระจายของรากพืช มีผลต่อการอุ้มน้ำ การระบายน้ำและอากาศในดิน (นิยม, 2543)
- สีของดิน ขึ้นอยู่กับปริมาณของอินทรียวัตถุและออกไซด์ของเหล็ก ดินมีฮิวมัสสูง (humus) จะมีสีดำ หรือสีน้ำตาลเข้ม ดินมีออกไซด์ของเหล็กจะมีสีแดงหรือเหลือง และในกระบวนการเกิดดินทำให้มีการสะสมของแคลเซียมหรือแมกนีเซียมคาร์บอเนตมากดินจะมีสีขาว เป็นต้น (นิยม, 2543)
- สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน หรือ pH ของดิน ความเป็นกรดเป็นด่างของดินมีความสำคัญต่อการเพาะปลูกพืชมาก เพราะเป็นตัวควบคุมความมากน้อยของธาตุอาหารที่จะละลายออกมาในรูปสารละลายอินทรีวัตถุ อินทรียวัตถุในดินเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสามารถในการอุ้มน้ำและอากาศในดิน ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (C.E.C.) ปริมาณธาตุอาหารในดินมีหลายชนิด คือ ธาตุอาหารหลัก N P K ธาตุอาหารรอง Ca Mg S และธาตุอาหารเสริม Mn Fe Mo B Cl Cu Zn เป็นต้น

การสำรวจดิน (เอิบ, 2542) วัตถุประสงค์ของการสำรวจดิน_1. เพื่อศึกษาลักษณะดิน เปรียบเทียบลักษณะเด่นของดินที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร และวิศวกรรม 2. เพื่อจำแนกดิน นำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาการใช้ประโยชน์ที่ดิน 3. เพื่อทำแผนที่แสดงอาณาเขตของดินแต่ละชนิดหรือแต่ละกลุ่ม และ 4. ทางด้านการเกษตร หาความสัมพันธ์ระหว่างดินและพืช ใช้วางแผนผลิตพืชและคาดคะเนผลผลิตพืช

สมบัติดินตามลักษณะภูมิประเทศ โดยปกติวัตถุต้นกำเนิดที่เกิดอยู่บนผิวโลก จะมีระดับพื้นที่ที่เกิดค่อนข้างแน่นอน และระดับพื้นที่ต่างกันเหล่านั้นจะแสดงออกถึงวิธีการ หรือกระบวนการขับถมหรือกระบวนการสลายตัวที่ได้เกิดมาแล้วสภาพพื้นที่ที่ต่างกันเป็นสิ่งที่เห็นได้ชัดและสามารถจะใช้เป็นเครื่องแสดงถึงชนิดของดินและของวัตถุต้นกำเนิดได้อย่างค่อนข้างจะถูกต้องและแน่นอนได้ในหลายๆ เขตของโลกรวมถึงในประเทศไทย ดังนี้ 1) ที่ราบลุ่มตะกอนน้ำพา (alluvial plains) 2) ที่ราบชั้นบันไดหรือตะพักลุ่มน้ำ (terrace) 3) ที่ลาดเชิงเขา (hill slope) 4) ที่ราบสูง (plateau) (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2548)

สมบัติลักษณะของดินบนพื้นที่สูง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2539) กรมพัฒนาที่ดิน ได้สำรวจ และรายงานดินบนพื้นที่สูง โดยจำแนกเป็นกลุ่มชุดดินที่ 62 ลักษณะการเกิด และวัตถุต้นกำเนิดดิน กลุ่มชุดดินนี้พบอยู่บนสภาพพื้นที่ที่เป็นภูเขาสูงชันหรือเป็นเทือกเขาสลับซับซ้อน ส่วนใหญ่มีความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์

บริเวณพื้นที่เหล่านี้ควรสงวนไว้เป็นป่าตามธรรมชาติเพื่อรักษาแหล่งต้นน้ำลำธาร ลักษณะ ละคุณสมบัติของดินที่พบบนพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงมีความแตกต่างกันมาก

ดังนั้นการนำดินที่พบในบริเวณที่มีความลาดชันสูงมาใช้ประโยชน์ จึงมีปัญหามากจำเป็นต้องมีการศึกษา และวิเคราะห์ปัญหาอย่างจริงจัง เนื่องจากข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับดินบนพื้นที่สูงชันมีไม่มากนัก ส่วนใหญ่ดินบริเวณที่สูงชันเกิดขึ้นจากการสลายตัวผุพังของหินที่อยู่ชั้นล่าง

การใช้ประโยชน์ที่ดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่สูง การทำการเกษตรในปัจจุบันมีการใช้ที่ดินอย่างเข้มข้น ใช้พันธุ์พืชหลายชนิดรวมทั้งใช้สารเคมี และในการผลิตขณะเดียวกันการก็มีการใช้ฐานทรัพยากรการเกษตร ในระบบการผลิตยังขาดการวางแผนที่ดี เช่น การเพาะปลูกบนพื้น ที่ลาดชันโดยไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดิน และน้ำ จึงส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม และทรัพยากรธรรมชาติทำให้สูญเสียความสมดุล และความรุนแรงของปัญหาเพิ่มมากขึ้น

ปัญหา และความสำคัญของดินในประเทศไทย (จีราภรณ์, 2557) ดินเป็นทรัพยากรทางธรรมชาติที่มีความสำคัญไม่ใช่เฉพาะทางการเกษตร จัดเป็นแหล่งผลิตปัจจัยทั้งอาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย ยารักษาโรคทั้งทางตรง และทางอ้อม สภาพปัญหาการใช้ทรัพยากรดินของประเทศไทยในปัจจุบัน สามารถแบ่งได้เป็น 4 ลักษณะ คือ 1. การใช้ที่ดินผิดประเภท, 2. ปัญหาความเสื่อมโทรมของดิน, 3. สภาพธรรมชาติของดินไม่เหมาะสม, 4. ดินที่มีปัญหาจากสภาพธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมประกอบ

การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยใช้ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ ปริมาณ โพแทสเซียมที่สกัดได้ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส เป็นตัวชี้วัดหลักในการจำแนก (เอิบ, 2548)

ภูมิประเทศ (Rey et al, 1968) มีความสำคัญต่อสภาพการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตบนพื้นโลก ลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกันออกไปมีผลต่อการตั้งถิ่นฐานและการกระจายของประชากร ตลอดจนมีอิทธิพลต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการเกษตร

ลักษณะภูมิประเทศ หมายถึง ลักษณะรูปร่างของผิวโลกตามภาวะธรรมชาติทั่วไป การเกิดขึ้นของลักษณะภูมิประเทศเป็นผล เนื่องมาจากการรกระทำร่วมกันของขบวนการ และปรากฏการณ์ต่าง ๆ ภายในและบนพื้นผิวโลกก่อให้เกิดลักษณะภูมิประเทศหลายแบบ เช่น เทือกเขา เนินเขา ที่ราบสูง ที่ราบ แม่น้ำ ลำคลอง หนองบึง ชายฝั่ง และสันทราย เป็นต้น

ภูมิทัศน์ (Landscape): หมายถึงลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่ครอบคลุมทั้งธรรมชาติและการสร้างสรรค์โดยมนุษย์ การศึกษาภูมิทัศน์ในด้านการเกษตรนั้นเน้นถึงการใช้พื้นที่เพาะปลูกที่มีการจัดการดิน น้ำ และพืชผลที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมเพื่อให้เกิดความยั่งยืน (Haber, 1991; Naveh, 1995)

ภูมิทัศน์การเกษตร (Agricultural Landscape): ภูมิทัศน์การเกษตรหมายถึงการจัดการพื้นที่เพาะปลูกและการผลิตอาหารที่เป็นส่วนหนึ่งของภูมิทัศน์ทางธรรมชาติ โดยมีการใช้งานดินและการควบคุมทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพ การใช้ที่ดินอย่างถูกต้องสามารถช่วยลดการชะล้างพังทลายและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ (Forman, 1995)

ภูมิทัศน์การเกษตรบนพื้นที่สูง (Highland Agricultural Landscape): ในบริบทของพื้นที่สูง ภูมิทัศน์การเกษตรบนพื้นที่สูงต้องคำนึงถึงปัจจัยการชะล้างพังทลาย ความลาดชัน การจัดการน้ำ และการรักษาความหลากหลายทางชีวภาพ เนื่องจากพื้นที่สูงมีข้อจำกัดในแง่ของทรัพยากรดินและน้ำ การนำโดรนและ

LiDAR มาใช้ในการตรวจสอบและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของดินช่วยให้การจัดการเกษตรบนพื้นที่สูงเป็นไปได้อย่างแม่นยำและประสิทธิภาพสูง (Wang et al., 2014; Turner et al., 2013)

ภูมิทัศน์นาข้าว หมายถึง รูปแบบการจัดวางแปลงนาในภูมิประเทศที่มีลักษณะเฉพาะตัว ซึ่งสะท้อนถึงทั้งระบบนิเวศ วัฒนธรรมการเกษตร และการปรับตัวของชุมชนในแต่ละพื้นที่ การปลูกข้าวโดยเฉพาะในพื้นที่สูงมักจะจัดวางแปลงนาขั้นบันไดตามความลาดชันของภูเขา โดยออกแบบให้มีคันนากั้นแปลงข้าวแต่ละขั้น ช่วยในการรักษาความชุ่มชื้นและการชะล้างพังทลายของดิน (Rigg, 2006) ระบบภูมิทัศน์นาข้าวในพื้นที่สูงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการรักษาสมดุลของระบบนิเวศ และการควบคุมน้ำในฤดูฝน รวมถึงยังสะท้อนให้เห็นถึงวิถีชีวิตและภูมิปัญญาท้องถิ่นในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพภูมิประเทศที่ยากลำบาก (Brookfield, 2001; FAO, 2017)

นอกจากนี้ ภูมิทัศน์นาข้าวยังมีบทบาทในการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ เนื่องจากมีการใช้ระบบการปลูกพืชหมุนเวียนหรือการปลูกพืชร่วมกันในบางพื้นที่ ช่วยให้ระบบนิเวศสามารถฟื้นฟูได้ดีขึ้นและลดการใช้สารเคมีที่อาจส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม การจัดการภูมิทัศน์นาข้าวจึงต้องคำนึงถึงการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน เช่น การจัดทำแผนอนุรักษ์ดินและน้ำให้เหมาะสมกับความลาดชันและสภาพภูมิอากาศ เพื่อช่วยลดการเสื่อมโทรมของดินและเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร (Moore, 2004; FAO, 2015)

ธรณีวิทยาและธรณีสัณฐานของภาคเหนือ (มนตรี, 2553) ทรัพยากรที่ดินครอบคลุมถึงธรรมชาติและสมบัติของสิ่งต่าง ๆ ที่ประกอบขึ้นเป็นโลกโดยมีหิน และแร่เป็นสำคัญ นอกจากนี้ยังครอบคลุมถึงลักษณะสัณฐาน และโครงสร้างต่าง ๆ ของโลก การเกิด และการเปลี่ยนแปลงของสภาพทางธรณีวิทยาในลักษณะโครงสร้างของที่ดินในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง ธรณีสัณฐานที่สำคัญแบ่งออกได้เป็น 4 บริเวณด้วยกัน คือ 1. บริเวณที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง (flood plain) 2. บริเวณที่เป็นลานตะพักลำน้ำ (alluvial terrace) 3. บริเวณผิวที่เหลือค้างจากการกัดกร่อน (erosion surface) และ 4. บริเวณที่เป็นภูเขาหรือเทือกเขา (hilly and mountainous areas)

การชะล้างพังทลายของดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2558) การชะล้างพังทลายของดิน เกิดจากกระบวนการที่สำคัญ คือกระบวนการ แตกกระจาย (detachment) เมื่อเม็ดฝนตกลงมากระแทกกับก้อนดิน ทำให้ก้อนดินแตกเป็นเม็ดดินเล็กๆ ภายหลังที่เม็ดฝนกระแทกก้อนดินแล้วน้ำบางส่วนจะไหลซึมลงไปในดิน เมื่อดินอิ่มตัวจนน้ำไม่สามารถจะไหลซึมลงไปได้อีก จึงเกิดการไหลบ่าและพัดพา (transportation) ก้อนดินเล็กๆ ที่แตกกระจายอยู่บนผิวดินไป และ การตกตะกอนทับถม (deposition) ในพื้นที่ลุ่มต่ำ อีกทั้งปัญหาการจัดการที่ดินที่ไม่เหมาะสมกับสมรรถนะที่ดิน การใช้ที่ดิน โดยปราศจากการบำรุงรักษา รวมถึงการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ เพื่อขยายพื้นที่การเกษตรโดยไม่มีการควบคุม ล้วนแต่ ส่งผลต่อความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินและที่ดินอย่างรวดเร็ว

กระบวนการชะล้างพังทลายของดิน (เกษม และนิพนธ์, 2525) กระบวนการชะล้างพังทลายของดินโดยพลังงานของเม็ดฝนที่ตกลงมากระทบและปะทะ กับหน้าดิน ทำให้อนุภาคดินที่ยึดเกาะกันอยู่เกิดการแตกแยกออกจากกัน เมื่อมีปริมาณของฝนมากขึ้น ปริมาณของน้ำฝนจะรวมตัวเป็นน้ำไหลบ่าหน้าดิน และจากแรงของฝนที่ตกลงมาปะทะผิวน้ำที่ไหลบ่าหน้าดินจะทำให้ เกิดการไหลของน้ำในลักษณะที่วกวน ทำให้อนุภาคของดินแตกกระจายมากขึ้นการชะล้างพังทลายของดิน เกิดจากกระบวนการที่สำคัญ 3 กระบวนการดังนี้ 1. กระบวนการแตกกระจาย (detachment), 2. กระบวนการเคลื่อนย้ายอนุภาคดิน (transportation), และ 3. กระบวนการทับถมของอนุภาคดินหรือตะกอน (deposition) ต่อมากรมชลประทาน (2555) ได้อธิบายคำว่า “ขบวนการเซาะพังทลาย” เมื่อกระแสน้ำไหลผ่าน พื้นที่ต่างๆ ลงสู่ที่ต่ำตามความลาดชันของพื้นที่จะทำให้เกิดขบวนการกัดเซาะ ผุพัง และสลายตัวของพื้นที่ที่น้ำไหลผ่านทำให้เกิดตะกอนและอนุมูลที่น้ำพัดพา

เคลื่อนย้ายจากแหล่งเดิม นำไปตกตะกอนทับถมยังแหล่งขบวนการพัดพาและทับถมของตะกอน เกิดขึ้นได้โดยขบวนการดังนี้ การพัดพาโดยกระแสน้ำ เป็นขบวนการที่สำคัญที่สุด แบ่งออกได้เป็นชนิดต่างๆ การพัดพาในสภาพสารละลาย (solution load) สารต่างๆ, การพัดพาในสภาพแขวนลอย (suspension), การพัดพาโดยการกระดอน (saltation) และการพัดพาโดยกลิ้งไป (rolling)

สาเหตุหลักของการชะล้างพังทลายของดิน ดิน มี 2 ประการ (พิทยากร, 2551) คือ 1. การชะล้างพังทลายของดินที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ (natural erosion or geologic erosion) โดยมีน้ำ ลม และแรงดึงดูดของโลก เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินแบบค่อยเป็นค่อยไป 2. การชะล้างพังทลายของดินที่มีตัวเร่ง (accelerated or man-made erosion) โดยมี มนุษย์และสัตว์เป็นตัวการสำคัญในการเร่งให้เกิดการพังทลายของดิน

ปัจจัยที่มีผลต่อการชะล้างพังทลายของดิน ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ ภูมิประเทศ ดิน พืชพรรณ และกิจกรรมของมนุษย์ โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะพืชพรรณและมนุษย์เป็นปัจจัยที่สามารถ จัดการหรือควบคุมได้ ส่วนปัจจัยอื่นๆ ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติที่ยากต่อการควบคุมหรือจัดการได้ (นิพนธ์, 2527) ดังนี้ สภาพภูมิอากาศ (climate), สภาพภูมิประเทศ (topography), สมบัติของดิน (soil properties), สิ่งปกคลุมของผิวดิน สิ่งปกคลุมดิน (soil cover), และกิจกรรมของมนุษย์

ประเภทของการชะล้างพังทลายของดิน การชะล้างพังทลายของดินเกิดจากแรงปะทะของเม็ดฝนทำให้อนุภาคดินแตกกระจาย กระเด็น (splash) และพัดไปในลักษณะเป็นแผ่น ร่องน้ำขนาดเล็ก และเป็นร่องน้ำขนาดใหญ่ต่อไป การชะล้าง พังทลายของดินในประเทศไทย มีลักษณะ ดังนี้

1) การชะล้างพังทลายของดินแบบแผ่นหรือที่พื้นผิว (sheet erosion) เป็นการชะล้างหน้าดินเกิดจากแรงปะทะของเม็ดฝน ทำให้ผิวดินแตกกระจายและพัดพาไปเป็นแผ่นบางๆ
2) การชะล้างพังทำลายของดินแบบร่อง ลักษณะนี้จะเกิดการชะล้างพังทลายของดินเมื่อมีน้ำในปริมาณมากๆ มารวมตัวกันแล้วไหลลงสู่ที่ต่ำ ทำให้เกิดเป็นร่องน้ำขึ้น (channel erosion) โดยไม่ต้องอาศัย แรงกระทบจากเม็ดฝน แบ่งออกเป็นลักษณะต่างๆ ดังนี้ การชะล้างพังทลายของดินแบบริ้ว (rill erosion) เป็นการชะล้างพังทลายของดินที่ก่อให้เกิดร่องริ้วเล็กๆ ,การชะล้างพังทลายของดินแบบร่องลึก (gully erosion) เป็นการชะล้างดินกว้างกว่าแบบริ้ว และการชะล้างพังทลายของดินฝั่งลำน้ำหรือริมฝั่งแม่น้ำ (stream erosion) เป็นการชะล้างดินที่ เกิดขึ้นตามลำน้ำธรรมชาติ เช่น แม่น้ำ ลำธาร ซึ่งมีน้ำตลอดปี
3) การชะล้างพังทลายของดินแบบเป็นกลุ่มก้อน เกิดขึ้นจากการชะล้างพังทลายของดิน โดยธรรมชาติซึ่งมีมนุษย์และสัตว์เข้ามาเกี่ยวข้อง แบ่งออกเป็นแผ่นดินเลื่อน (landslides) ที่มีการเคลื่อนตัวของแผ่นดินและดินเลื่อน (soil creep) คือ การเลื่อนตัวของดินบน โดยดินหลุดตัวเป็นแผ่นบางๆ แล้วเคลื่อนที่ ไปอย่างช้าๆ โดยแรงโน้มถ่วงของโลก

การวิเคราะห์และจัดทำชั้นข้อมูลประเมินการสูญเสียดิน ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับสมการการสูญเสียดินสากล (universal soil loss equation ; USLE) ของ Wischmeier and Smith (1978) เพื่อประเมินอัตราการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ ศึกษา โดยนำเข้าข้อมูลต่าง ๆ เพื่อหาค่าปัจจัยพื้นฐานของสมการและแสดงผลในรูปแบบแผนที่ระดับความรุนแรง การชะล้างพังทลายของดิน

การประเมินค่าปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน ฝนเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน โดยเฉพาะประเทศที่อยู่ในเขตมรสุม จะมีการกระจายของฝนไม่สม่ำเสมอ ทำให้ความรุนแรงของฝนที่ตกลงมาในช่วงระยะเวลาหนึ่งๆ มีความแตกต่างกัน ส่งผลให้ดินเกิดการชะล้างพังทลายมากน้อยต่างกันไปด้วย

ค่าปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน (rainfall erosivity factor, R - factor) เป็นค่าความสัมพันธ์ของพลังงานจลน์ของเม็ดฝนที่ตกกระทบผิวหน้าดินกับปริมาณความหนาแน่นของฝน (rainfall Intensity) ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่ง Wischmeier และ Smith ได้สร้างเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ขึ้นมา ในปี ค.ศ. 1958 (Takagi, 1994) คือ

$$E = 916 + 331 \log 10\, I \qquad (2.1)$$

เมื่อ E คือ พลังงานจลน์ของฝนต่อหนึ่งหน่วย (ฟุตตันต่อเอเคอร์ต่อนิ้ว)

I คือ ความหนาแน่นของฝน (นิ้วต่อชั่วโมง)

เนื่องจาก หน่วยวัดของสมการมีใช้กันหลายรูปแบบ จึงทำให้สมการแตกต่างกันไป เช่น

$$E = 11.9 + 8.73 \log 10\, I \qquad (2.2)$$

เมื่อ E คือ พลังงานจลน์ของฝนต่อหนึ่งหน่วย (จูลน์ต่อตารางเมตรต่อมิลลิเมตร)

I คือ ความหนาแน่นของฝน (มิลลิเมตรต่อชั่วโมง)

สมการหาค่าพลังงานจลน์นี้จะใช้ได้ดี เมื่อความหนาแน่นของฝนมีค่าน้อยกว่า 7.6 เซนติเมตรต่อชั่วโมง เนื่องจากขนาดของเมล็ดฝนจะไม่ใหญ่ขึ้นอีก เมื่อความหนาแน่นของฝนมากกว่าหรือเท่ากับ 7.6 เซนติเมตรต่อชั่วโมง และต่อมาในปี ค.ศ.1959 Wischmeier พบว่า ปริมาณตะกอนดินที่ถูกชะล้างจากแปลงทดลองว่างเปล่า (ไม่ปลูกพืช) มีความสัมพันธ์สูงมากกับค่าสะสมของพลังงานจลน์ฝนสูงสุด คือ ช่วงความหนาแน่นของฝนที่เวลา 30 นาที จึงเรียกพลังงานจลน์ของฝนว่า EI_{30} และนำมาสร้างเป็นสมการหาค่า R - factor และกำหนดเป็นปัจจัยหนึ่งของสมการสูญเสียดินสากล (USLE) อย่างไรก็ดี ยังมีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้คิดค่าพลังงานจลน์ของฝนออกไปเป็นช่วงเวลาต่างๆ ที่มากกว่า 30 นาที เช่น KE > 1 ของ Hudson จึงทำให้รูปแบบของสมการหาค่า R - factor เปลี่ยนตามไปด้วย (Takagi, 1994)

สำหรับประเทศไทยอ้างตาม กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ได้สร้างสมการเพื่อใช้ประเมินค่า R - factor นี้ขึ้นมาหลายสมการ ทั้งจากค่า EI_{30} และ KE > 1 สำหรับการจัดทำแผนที่ในครั้งนี้หามาจากค่า EI_{30} เนื่องจากเป็นค่าที่เหมาะสมกับปริมาณฝนของประเทศไทยในปัจจุบัน คือ

$$R = 0.4996X - 12.1415 \qquad (2.3)$$

เมื่อ

R คือ ค่าปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน (เมตริกตันต่อเฮกแตร์ต่อปี)

X คือ ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (มิลลิเมตรต่อปี)

การสร้างชั้นข้อมูลค่า R - factor เพื่อใช้ในสมการสูญเสียดินสากล (USLE) นั้น Renard *et al*. (1997) เสนอแนะ แนวทางการประเมินค่าปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน ณ จุดใด จุดหนึ่งจากแผนที่ศักย์พลังงานฝน (isoerodent map) โดยวิธีการประมาณค่าแบบเชิงเส้น (linear Interpolation) ซึ่งเป็น การใช้วิธีทางสถิติเข้ามาช่วยกำหนดการกระจายค่าปริมาณฝนจากเส้นศักย์พลังงานฝนเท่า (isoerodent) ทุกๆ เส้น ลงบนจุดพิกเซลของแผนที่ศักย์พลังงานฝนนั้น

วิธีสร้างชั้นข้อมูลปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน มีขั้นตอนดังนี้

1) การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น

ทำการรวบรวมข้อมูลปริมาณฝนในแต่ละสถานีย้อนหลัง 30 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533 - 2562 จากกรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 82 สถานีใน 52 จังหวัด หาค่าเฉลี่ยเป็นปริมาณฝนรายปี

2) การสร้างตารางข้อมูลฝน

สร้างตารางเพื่อใช้บันทึกข้อมูลฝนด้วยโปรแกรม Excel ประกอบด้วย 5 สดมภ์ (Column) คือ

สดมภ์ 1 Station_id บันทึกข้อมูลลาดับสถานี

สดมภ์ 2 NAME_sta บันทึกข้อมูลชื่อสถานีที่เก็บบันทึกข้อมูล (Station Name)

สดมภ์ 3 ST_LAT บันทึกข้อมูลค่าเส้นรุ้ง (Latitude) ของแต่ละสถานี

สดมภ์ 4 ST_LONG บันทึกค่าเส้นแวง (Longitude)

สดมภ์ 5 ANN บันทึกข้อมูลค่าปริมาณฝนรายปีของแต่ละสถานี

3) สร้างภาพเส้นชั้นน้ำฝน ดังนี้

(1) นำเข้าข้อมูลตารางปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี ลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ArcGIS

(2) ประมวลผลด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS) ด้วยวิธี (inverse distance weighted, IDW) ซึ่งเป็นการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่โดยอาศัยหลักการตำแหน่งใกล้เคียงกันย่อมมีความสัมพันธ์กัน การประมาณค่าให้กับตำแหน่งที่ไม่ทราบค่าจากผลรวมเชิงเส้นของค่าที่ทราบ จากนั้นถ่วงน้ำหนักจุด และจำกัดด้วยระยะทางจากจุดที่ไม่ทราบค่าไปยังจุดที่ทราบค่าจุดต่อไป ซึ่งอยู่บนสมมติฐานที่ว่าจุดที่ยังไม่ทราบค่านั้น ควรมีอิทธิพลจากจุดตัวอย่างที่อยู่ใกล้มากกว่าจุดตัวอย่างที่อยู่ไกล โดยระดับของอิทธิพลแปรผกผันกับระยะทางระหว่างจุดซึ่งเพิ่มขึ้นตามค่ายกกำลัง การเลือกค่ายกกำลัง จะส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการประมาณค่าตำแหน่งที่อยู่ใกล้ที่สุดจะมีอิทธิพลมาก ซึ่งการเลือกจำนวนจุดที่ล้อมรอบมากจะส่งผลทำให้พื้นผิวมีความราบเรียบน้อยลงโดยการประมวลผลใช้ขนาดของจุดพิกเซลของภาพเท่ากับ 30 x 30 เมตร

(3) ลดความคลาดเคลื่อน (Noise) ของข้อมูล ด้วยวิธี Smoothing เพื่อให้ได้ค่าปริมาณฝน ที่มีความต่อเนื่องในทุกจุดพิกเซลของภาพ

4) สร้างภาพชั้นข้อมูลปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน

ใช้คำสั่ง Raster Calculator แทนค่า X ด้วยค่าปริมาณน้ำฝนในสมการ (2.3)

การประเมินค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน ปัจจัยความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดิน (soil erodibility factor , K - factor) Wischmeier and Smith (1978) อธิบายว่า ปริมาณการสูญเสียดินจะมากหรือน้อยเพียงไร อาจขึ้นอยู่กับความลาดชันของพื้นที่ ความรุนแรงของฝน ปริมาณการปกคลุมดินของพืช และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่มากกว่าสมบัติของดินเอง แต่ในความเป็นจริงมักพบเสมอว่า ภายใต้สภาพแวดล้อมที่คล้ายคลึงกันดินชนิดหนึ่งถูกชะล้างพังทลายง่ายกว่าดินอีกชนิดหนึ่ง เนื่องจากสมบัติเฉพาะตัวของดินที่เรียกว่า ความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (soil erodibility) การวัดค่าความคงทนของดิน หรือ K-factor ออกมาเป็นตัวเลขเพื่อใช้ในสมการการสูญเสียดินสากลนั้น ได้จากการศึกษาเฉพาะดินชนิดหนึ่งๆ ในแปลงทดลองขนาดความกว้างไม่น้อยกว่า 6 ฟุต ยาว 72.6 ฟุต บนความลาดเท 9 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพที่มีการไถพรวนขึ้นลงตามความลาดชัน และปล่อยดินไว้ว่างเปล่าตลอดเวลาเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 2 ปี ลักษณะของแปลงทดลองเช่นนี้ ค่าของปัจจัย L, S, C และ P ต่างมีค่าเท่ากับ 1 และค่า K จะคำนวณได้จาก

$$K = A/EI \quad (2.4)$$

เมื่อ K คือ ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน

A คือ ตัวเลขปริมาณการสูญเสียดินที่ตรวจวัดได้จากแปลงทดลอง

EI คือ ค่าตัวเลขปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน

วิธีสร้างชั้นข้อมูลปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน

1) เตรียมข้อมูลพื้นฐาน โดยใช้แผนที่ชุดดิน ปี พ.ศ. 2561 ซึ่งอยู่ในรูปแบบ GIS มาตราส่วน 1:25,000 จากกองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน

2) การกำหนดค่าปัจจัย K โดยใช้แผนภาพ nomograph ของ Wischmeier et al. (1971) (ภาพที่ 1) เพื่อช่วยให้การประเมินค่า K กระทำได้ง่ายและสะดวกขึ้น Nomograph เป็นภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปัจจัย K โดยอาศัยผลการศึกษาจากแปลงทดลองจำนวนมากกว่า 10,000 แปลงต่อปี เป็นระยะเวลานานกว่า 30 ปี กับสมบัติดิน 5 ประการ ประกอบด้วย

(1) ผลรวมปริมาณอนุภาคดินทรายแป้ง (silt, %) และอนุภาคทรายขนาดละเอียดมาก (silt+very fine sand, %)

(2) อนุภาคขนาดทราย (sand, %)

(3) อินทรียวัตถุในดิน (soil organic matter, %)

(4) โครงสร้างของดิน (soil structure)

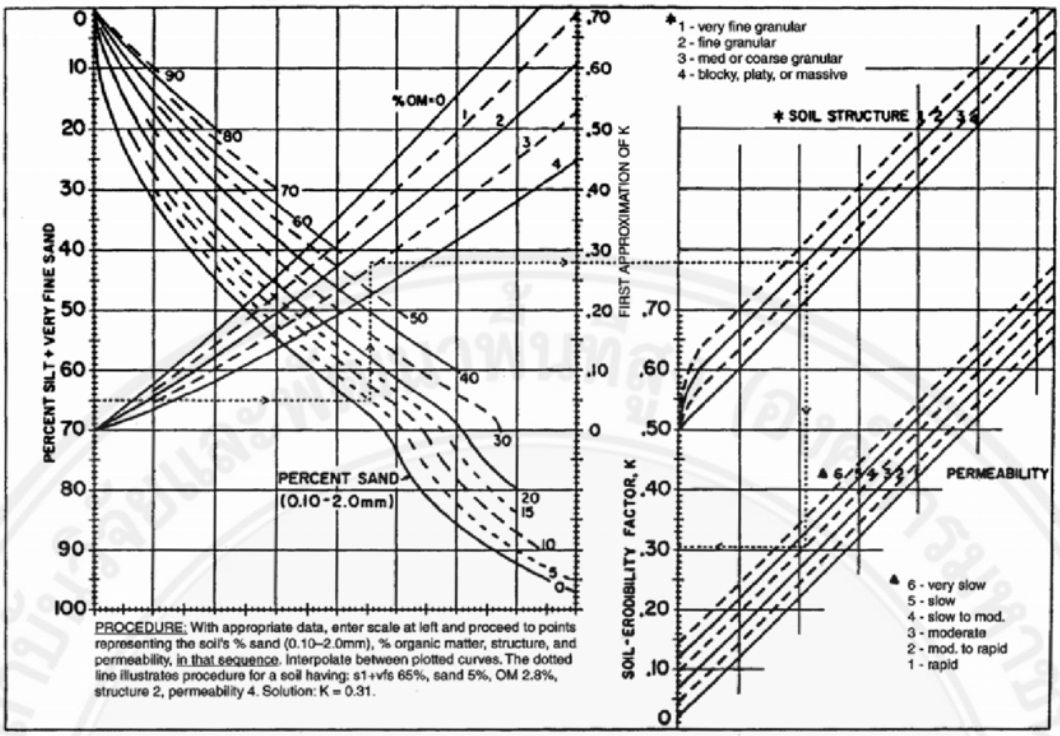
(5) การซาบซึมน้ำของดิน (permeability)

กรมพัฒนาที่ดิน (2526) ได้มีการศึกษาค่าปัจจัย K ของดินในประเทศไทยจากแผนภาพ nomograph โดยอาศัยข้อมูลสมบัติ 5 ประการ ของตัวแทนชุดดิน (soil series) ที่มีการเก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติในห้องปฏิบัติการ ผลจากการศึกษาแนะนาให้ใช้ค่าตามตารางที่ 1 สำหรับประเมินค่าปัจจัย K อย่างง่าย โดยพิจารณาจากเนื้อดินบน สภาพพื้นที่กำเนิดดิน และภูมิภาคที่พบ

3) ประเมินค่า K โดยยึดถือค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K - factor) ของกรมพัฒนาที่ดิน (2526) ทำการประเมินโดยแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ส่วน คือ พื้นที่ราบ และพื้นที่สูง ซึ่งพื้นที่แต่ละส่วนมีรายละเอียดของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจดินแตกต่างกัน คือ

(3.1) พื้นที่ราบ มีความหมายรวมถึง ที่ราบลำน้ำ ที่ลาดเชิงเขา และเนินเขา มีความลาดชันไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ส่วนนี้ประเมินค่า K ของชุดดินโดยใช้แผนที่ชุดดินระดับจังหวัด มาตราส่วน 1 : 25,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน เป็นข้อมูลฐานในการกาหนดจำแนกค่า K ของพื้นที่ เมื่อทราบจังหวัด และ ชนิดของชุดดิน ลักษณะเนื้อดินบน และสภาพพื้นที่ สามารถอ่านค่า K ได้จากตารางที่ 1

(3.2) พื้นที่สูง ครอบคลุมพื้นที่ภูเขาและที่ลาดหุบเขา ความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจำแนกเป็นพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน (slope complex, SC) ตามแผนที่ชุดดิน มาตราส่วน 1 : 25,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน พื้นที่ส่วนนี้ใช้แผนที่ธรณีวิทยาระดับจังหวัด มาตราส่วน 1 : 250,000 ของกรมทรัพยากรธรณี ร่วมกับผลการสำรวจดินโครงการพัฒนาพื้นที่สูงของกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2534 เป็นข้อมูลฐานในการกำหนดจำแนกค่า K ของพื้นที่ เมื่อทราบหน่วยธรณีวิทยาจะสามารถทราบถึงลักษณะของเนื้อดิน และนำไป อ่านค่า K ได้ ดังแสดงในตารางที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภาพ Nomograph สำหรับประเมินค่า K - factor

ตารางที่ 1 ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดินในแต่ละภูมิภาคประเทศไทย

เนื้อดินบน	**ค่า K**									
	บริเวณที่สูง (ความลาดชัน > 35 เปอร์เซ็นต์)					บริเวณที่ราบ (ความลาดชัน < 35 เปอร์เซ็นต์)				
	ตอ/น	เหนือ	กลาง	ตต.	ใต้	ตอ/น	เหนือ	กลาง	ตต.	ใต้
Sand	-	-	-	0.05	0.04	-	-	-	0.05	0.04
Loamy sand	0.04	0.05	0.08	0.07	0.07	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
Sandy loam	0.29	0.27	0.3	0.19	0.2	0.26	0.3	0.26	0.34	0.3
Loam	0.29	0.33	0.33	0.3	0.33	0.35	0.35	0.43	0.33	0.34
Silt loam	0.37	0.49	0.56	0.21	0.4	0.34	0.34	0.47	0.44	0.39
Silt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.57
Sandy clay loam	0.24	0.21	0.2	0.25	0.19	0.2	0.22	0.21	0.23	0.21
Clay loam	0.25	0.24	0.28	0.3	0.29	0.36	0.27	0.19	0.25	0.31
Silty clay loam	0.46	0.35	0.38	0.37	0.31	0.43	0.42	0.29	0.38	0.21
Sandy clay	-	-	0.15	-	-	-	0.17	0.17	0.18	0.18
Silty clay	0.23	0.21	0.26	0.19	0.22	0.27	0.27	0.23	0.29	0.29
Clay	0.13	0.15	0.14	0.12	0.11	0.15	0.18	0.18	0.14	0.14

หมายเหตุ : ตอ/น : ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, ตต : ภาคตะวันตก

ผลการประเมินค่า K ของชุดดินและหน่วยธรณีวิทยา พบว่า ดินในประเทศไทย มีค่า K อยู่ระหว่าง 0.04 - 0.56 โดยชุดดินที่มีเนื้อดินบน ส่วนใหญ่เป็นดินทรายหรือดินทรายปนดินร่วน มีค่า K ต่ำสุด คือ อยู่ระหว่าง 0.04 - 0.09 และชุดดินที่มีเนื้อดินบนส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทรายแป้ง มีค่า K สูงสุด คือ อยู่ระหว่าง 0.34 - 0.47 ขณะที่หน่วยธรณีวิทยาพวกหินทราย มีค่า K ต่ำสุด คือ อยู่ระหว่าง 0.04 - 0.08 และหน่วยธรณีวิทยาพวกหินทรายแป้ง หินดินดานและหินอัคนี มีค่า K ค่อนข้างสูง คือ อยู่ระหว่าง 0.24 - 0.33 ผลการประเมินค่า K ของหน่วยธรณีวิทยา แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่า K ของหน่วยธรณีวิทยาจำแนกตามภูมิภาคของประเทศไทย

ธรณีวิทยา	**เนื้อดินบน**[1]	**ใต้**	**เหนือ**	**ตอ/น**	**ตะวันออก**	**กลาง/ตะวันออก**
Qa	sil, sl sicl,	0.4	0.19	0.37	0.21	0.56
Qt, Qc	sl, scl, cl (g)	0.2	0.27	0.29	0.19	0.3
Tmm, Tkb, Trwc, Trkp, Trdl, Trpk, Trn, Trk, Trc, Trl, KTpk, KTky, KTpt, K, Kp, Png1	sl, scl, cl	0.2	0.27	0.29	0.19	0.3
Jk, Ju, J, Png2, Png3	c, cl	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
Tr1, Tr2	cl	0.29	0.24	0.25	0.3	0.28
C, Cy, Cy1, Cy2, Cm	sl, scl, c (g)	0.2	0.27	0.29	0.19	0.3
D	cl, c	0.29	0.24	0.25	0.3	0.28
S	scl, cl, c (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.2
O	scl, cl, c	0.19	0.21	0.24	0.25	0.2
E, Et	cl, scl (g)	0.29	0.24	0.25	0.3	0.28
PE	scl, cl, c (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.2
JK	sl, ls, scl	0.2	0.27	0.29	0.19	0.3
TrJ	scl, c (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.2
PTr	sl, scl, sc	0.2	0.27	0.29	0.19	0.3
DC	scl, cl (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.2
CP, Ck	scl, sc, c (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.2
SD, SDCtn, SDCtp	scl, cl, c (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.2
EO, P3	cl, c (g)	0.29	0.24	0.25	0.3	0.28
P2	c	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
P1, Ps, Ps-1, Ps-2, Pr, Pr-2	c, scl (g)	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
P2-3	c, sc	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
CPk, CPk-1, CPk-2	scl, sc (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.2
C2-3	sl, scl (g)	0.2	0.27	0.29	0.19	0.3
C2	sl, scl (g)	0.2	0.27	0.29	0.19	0.3

ธรณีวิทยา	เนื้อดินบน[1]	ใต้	เหนือ	ตอ/น	ตะวันออก	กลาง/ตะวันออก
C1	cl, scl, c (g)	0.29	0.24	0.25	0.3	0.28
KTms	l, cl, c	0.33	0.33	0.29	0.3	0.33
Kkk	ls, sl	0.07	0.05	0.04	0.07	0.08
Kpp	sl, ls	0.2	0.27	0.29	0.19	0.3
Ksk	l, sl	0.33	0.33	0.29	0.3	0.33
JKpw	sl, ls, l	0.2	0.27	0.29	0.19	0.3
Jpk	l, cl, c	0.33	0.05	0.29	0.3	0.33
Trhl	l, cl, c	0.33	0.33	0.29	0.3	0.33
Trnp	scl, cl (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.2
Cki	gcl, gc	0.29	0.24	0.25	0.3	0.28
Cih	scl, sl, sc (g)	0.19	0.21	0.25	0.25	0.2
Ckk	gcl, gc	0.29	0.24	0.25	0.3	0.28
Trpd	sl, scl, sc	0.2	0.27	0.29	0.19	0.3
R_d	cl, c (g)	0.29	0.24	0.25	0.3	0.28
Trhh	scl, cl, c	0.19	0.21	0.24	0.25	0.2
Trpn	C	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
Trpt	sl, scl (g)	0.2	0.27	0.29	0.19	0.3
R_i	cl, scl, sc (g)	0.29	0.24	0.25	0.3	0.28
Qbs, Tbs, DCv, Pv	c	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
R_Jgr	scl, sl, cl	0.19	0.21	0.24	0.25	0.2
Trm, Trgr, PTrgr	scl, cl, c	0.19	0.21	0.24	0.25	0.2
Cgr	scl, cl, c	0.19	0.21	0.24	0.25	0.2
PTru, Cb	c	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
Kgr	scl, cl, c	0.19	0.21	0.24	0.25	0.2
Mzv	scl, l, c (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.2
PTrv, Tv, Krh, Jv	c (g)	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
CPv	cl, c (g)	0.29	0.24	0.25	0.3	0.28

หมายเหตุ : ตอ/น : ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

[1]เนื้อดินบน: c =clay; cl= clay loam; l=loam; g= gravelly; ls = loamy sand; scl = sandy clay loam; sil= silt loam; sicl =silty clay loam; sl = sandy loam

การประเมินค่าปัจจัยความลาดชันของพื้นที่ (slope length and steepness factors, LS - factor) สภาพพื้นที่ที่มีบทบาทสำคัญต่อการชะล้างพังทลายของดินใน 2 ทาง คือ ความยาวของความลาดเท (slope length) และความชัน (slope gradient) Wischmeier และคณะ (USDA, 1978) กล่าวว่า การศึกษา

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้งสองกับการสูญเสียดินในแปลงทดลองที่กระทำอย่างต่อเนื่อง ในสภาพแวดล้อมหลากหลายเป็นระยะเวลานาน ทำให้สามารถพัฒนาสมการคณิตศาสตร์เพื่อใช้คำนวณค่าของปัจจัย LS - factor สำหรับใช้กับสมการสูญเสียดินสากล จากสมการแรกที่แนะนำโดย Wischmeier และ Smith ในปี ค.ศ. 1957 (USDA, 1997) มีการนำไปใช้ และปรับปรุงให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมเฉพาะในหลายประเทศมากขึ้น

การศึกษาค่าปัจจัยความยาวของความลาดเท (L - factor) และค่าปัจจัยความชัน (S - factor) มีความสำคัญต่อการคาดคะเนการสูญเสียดินตามสมการการสูญเสียดินสากล เนื่องจากค่าการสูญเสียดินที่คำนวณได้จากสมการสูญเสียดินสากลมักมีค่าสูงกว่าค่าที่วัดได้จริง และส่งผลกระทบต่อการคำนวณค่าการสูญเสียดินมากกว่าปัจจัยอื่น กรมพัฒนาที่ดินจึงทาการศึกษาเปรียบเทียบการคำนวณค่าปัจจัย L และปัจจัย S จากสมการต่างๆ ที่ใช้ในประเทศและต่างประเทศ เพื่อกำหนดบรรทัดฐานของการจัดทำแผนที่การ ชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทยระดับประเทศและระดับภาค โดยพิจารณาถึงความถูกต้องและเหมาะสมของแหล่งข้อมูลการจำแนกความลาดชันของพื้นที่ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้

ปัจจัยความยาวของความลาดเท (L - factor) ค่าปัจจัยความยาวของความลาดเทในสมการการสูญเสียดินสากล คือ ตัวเลขแสดงสัดส่วนของการสูญเสียดินต่อหน่วยความยาวของความลาดชัน เป็นความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของความลาดเทและการชะล้างพังทลายแบบแผ่น (sheet erosion) และการชะล้างพังทลายแบบริ้ว (rill erosion) ไม่นับรวมถึงการชะล้างพังทลายแบบอื่นนอกเหนือจากนี้ Wischmeier และคณะทำงานอ้างตาม USDA (1997) อธิบายว่า ความยาวของความลาดเท หมายถึง ระยะทางตามแนวราบนับตั้งแต่จุดเริ่มมีน้ำไหลเอ่อผิวดิน (overland flow) ถึงจุดใดจุดหนึ่งต่อไปนี้ คือ

(1) จุดที่ความลาดชันเปลี่ยนลดลงจนเกิดการทับถมของตะกอน หรือ

(2) จุดที่มีการรวมตัวของน้ำไหลบ่า USDA (1997) กล่าวว่า โดยทั่วไปน้ำจะไหลรวมตัวกันภายในระยะทางไม่เกิน 400 ฟุต ซึ่งถือเป็นความยาวสูงสุดของความลาดชัน

อย่างไรก็ตามมีพบบ้างที่ความลาดชันยาวถึง 1,000 ฟุต หากพื้นที่นั้นมีการ ไถพรวนดินเป็นร่องยาว ความยาวของความลาดเทสามารถตรวจวัดในสนามได้ด้วยเครื่องมืออย่างง่าย สำหรับพื้นที่ลาดชันมาก ระยะทางที่วัดได้ต้องนำมาแปลงเป็นค่าระยะทางในแนวราบก่อน การวัดค่าความยาวของความลาดเทจากแผนที่เส้นความสูงเท่า (contour) จะได้ค่าที่ยาวมาก เพราะแผนที่ส่วนใหญ่ไม่มีรายละเอียดบอกให้ทราบว่าจุดรวมตัวของน้ำ ซึ่งเป็นจุดปลายสุดของความยาวของความลาดเทอยู่ที่ใดที่หนึ่ง

สมการที่ใช้ในการคำนวณค่าปัจจัยความยาวของความลาดเท (L- factor) แนะนำโดย Wischmeier และ Smith ในปี ค.ศ. 1957 (USDA, 1997) คือ

$$L = (\lambda / 22.13)m$$

เมื่อ L คือ ค่าปัจจัยความยาวของความลาดเท ในสมการการสูญเสียดินสากล

λ คือ ระยะทางตามแนวราบของพื้นที่ลาดชัน นับจากจุดเริ่มมีน้ำไหลเอ่อผิวดิน ถึงจุดที่ความลาดชันเปลี่ยนลดลงจนเกิดการทับถมของตะกอน หรือจุดที่มีการรวมตัวของน้ำเป็นร่อง มีหน่วยเป็นเมตร ควรมีระยะทางไม่เกิน 400 ฟุต หรือประมาณ 120 เมตร แต่ถ้าพื้นที่นั้น ใช้รถไถพรวนเป็นร่องยาว ค่านี้อาจมีค่าถึง 1000 ฟุต หรือประมาณ 300 เมตร

22.13 คือ ความยาวของแปลงทดลองมาตรฐาน (เมตร)

m คือ ตัวเลขยกกำลังซึ่งผันแปรตามความลาดชัน มีความสัมพันธ์กับสัดส่วนระหว่างการชะล้าง พังทลายแบบริ้ว (rill erosion) ที่เกิดจากการกระทาของน้ำไหลบ่า กับการชะล้างพังทลาย ระหว่างริ้ว (interrill erosion) ที่เกิดจากการกระทำของเม็ดฝนบนพื้นที่ลาดชันสูง

ค่า m จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากการชะล้างพังทลายแบบริ้วมีมากกว่าการชะล้างพังทลายแบบระหว่างริ้ว ในทางกลับกันในพื้นที่ลาดชันน้อย ค่า m จะลดลงเนื่องจากการชะล้างพังทลายแบบริ้ว มีน้อยกว่าการชะล้างพังทลายแบบระหว่างริ้ว

การคำนวณค่า L สำหรับพื้นที่ลาดชัน 0-5 เปอร์เซ็นต์ กำหนดใช้ค่า m ที่แนะนาโดย Wischmeier *et al.* (1978) พื้นที่ลาดชัน 5-21 เปอร์เซ็นต์ ใช้ค่าแนะนำโดย McCool *et al.* (1987) และพื้นที่ลาดชันมากกว่า 21 เปอร์เซ็นต์ ใช้ค่าแนะนำโดย Toxopeus (ITC, 1997) ดังนี้

$L = (\lambda / 22.13)^{0.2}$ สำหรับพื้นที่ลาดชัน 0 – 1.0 %

$L = (\lambda / 22.13)^{0.3}$ สำหรับพื้นที่ลาดชัน 1.1 – 3.0 %

$L = (\lambda / 22.13)^{0.4}$ สำหรับพื้นที่ลาดชัน 3.1 – 5.0 %

$L = (\lambda / 22.13)^{0.5}$ สำหรับพื้นที่ลาดชัน 5.1 – 21.0 %

$L = (\lambda / 22.13)^{0.7}$ สำหรับพื้นที่ลาดชันมากกว่า 21.0 %

ปัจจัยความชัน (S - factor) ค่าปัจจัยความชัน คือตัวเลขแสดงสัดส่วนของการสูญเสียดินต่อหน่วยความชัน เป็นความสัมพันธ์ระหว่างความชันต่อการชะล้างพังทลายแบบแผ่น (sheet erosion) และการชะล้างพังทลายแบบริ้ว (rill erosion) ไม่นับรวมถึงการชะล้างพังทลายแบบอื่น McCool และคณะ (USDA, 1997) อธิบายว่า ความชันของพื้นที่สามารถตรวจวัดได้ในสนามด้วยเครื่องมือวัดความลาดเอียง เช่น เครื่อง Abney ส่วนข้อมูลแผนที่เส้นความสูงเท่า (contour) ที่มีเส้นความสูงห่างชั้นละ 2 ฟุต สามารถใช้คำนวณค่าความชันได้หากกระทำอย่างรอบคอบ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความชันกับการสูญเสียดินในแปลงทดลอง ทำให้สามารถพัฒนาสมการคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณค่าปัจจัยความชัน สำหรับใช้ในสมการการสูญเสียดินสากลได้

สมการที่ใช้คำนวณค่าปัจจัยความชัน สำหรับพื้นที่ลาดชัน 0 - 9 เปอร์เซ็นต์ ใช้สมการ Wischmeier and Smith (1978) และพื้นที่ลาดชัน 0-9 เปอร์เซ็นต์ ใช้สมการแนะนำโดย Meijerink (Huizing, 1992) ดังนี้

$$S = 0.065\ s^2 + 0.045\ s + 0.065 \quad (2.6)$$

$$S = 6.4 \sin \{ \text{atan}(s/100) \}^{0.75}) (\cos \{ \text{atan}(s/100) \}) \quad (2.7)$$

เมื่อ S คือ ค่าปัจจัยความชัน

s คือ เปอร์เซ็นต์ความชัน

วิธีสร้างชั้นข้อมูลปัจจัยความลาดชันของพื้นที่ (LS - factor)

1) การเตรียมข้อมูลพื้นฐาน

(1) แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (digital elevation model, DEM) มาตราส่วน 1:4,000 ซึ่งเป็นผลผลิตจากโครงการจัดทำแผนที่เพื่อการบริหารทรัพยากรธรรมชาติและทรัพย์สินของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ปี พ.ศ. 2545 โดยกรมพัฒนาที่ดินเป็นผู้ดูแลข้อมูล

(2) แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (digital elevation model, DEM) ข้อมูลจากโครงการ The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) ขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (The National Aeronautics and Space Administration NASA)

2) เตรียมข้อมูลแบบจาลองความสูงเชิงเลข (DEM)

(1) ลดความละเอียดจุดภาพ (pixel size) ของแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขของกรมพัฒนาที่ดิน มาตราส่วน 1:4,000 จาก 5 เมตร เป็น 30 เมตร จำนวน 129,000 ระวาง เพื่อให้สามารถประมวลผลร่วมกับข้อมูลของปัจจัยอื่นๆ ที่มีมาตราส่วนเล็กกว่าได้

(2) ต่อภาพ (Mosaic) แบบจำลองระดับสูงเชิงเลขของกรมพัฒนาที่ดินทั้งหมดตามขอบเขตของประเทศ

(3) ต่อภาพ (Mosaic) ในบริเวณพื้นที่ที่ไม่มีข้อมูลด้วยแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (SRTM)

(4) ตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูลเนื่องจากการต่อภาพและแก้ไขข้อมูลบริเวณพื้นที่ที่ไม่มีค่าความสูงด้วยคำสั่ง Elevation Void Fill ด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์

(5) ลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลด้วยคาสั่ง Fill / Sink เพื่อให้ข้อมูลมีความต่อเนื่องก่อนนำไปคำนวณค่าความลาดชัน

3) คำนวณความลาดชัน (Slope)

(1) คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความลาดชันด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์

(2) แบ่งระดับชั้นของความลาดชันออกเป็น 6 ชั้น ได้แก่ A (0-2 เปอร์เซ็นต์) B (2-5 เปอร์เซ็นต์) C (5-12 เปอร์เซ็นต์) D (12-20 เปอร์เซ็นต์) E (20-35 เปอร์เซ็นต์) และ F (มากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์)

4) คำนวณปัจจัยความลาดชันของพื้นที่ (LS - factor)

ประมวลผลค่าปัจจัย L และ S ตามสมการ (2.5) - (2.7) โดยสร้างแบบจำลองการคำนวณ (Model Builder) ในโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ และเพิ่มเงื่อนไขขอบเขตของความยาวของความลาดเท (λ) และค่าปัจจัยความลาดชันของพื้นที่ (LS - factor) ในแต่ละชั้นของความลาดชันไม่เกินค่าอ้างอิงจาก กรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2545 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าปัจจัยรวม LS-factor ของชั้นความลาดชันตามแผนที่กลุ่มชุดดิน

ชั้นความลาดชัน ตามแผนที่กลุ่มชุดดิน	เปอร์เซ็นต์ ความลาดชัน (S)	ความยาวของความลาดเท (ค่า λ เป็นเมตร)	ค่าปัจจัยรวม LS-factor
A	1.2	150	0.226
B	2	150	0.323
C	5	100	0.567
D	12	50	1.927
E	20	50	2.753
F (กลุ่มดิน 62)	35	50	4.571

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2545)

การประเมินค่าปัจจัยการจัดการพืช ค่าปัจจัยการจัดการพืช (crop management factor, C - factor) เป็นดัชนีที่ได้จากอัตราส่วนของปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงทดลองที่มีการปลูกพืชและการจัดการพืชชนิดใดชนิดหนึ่งกับปริมาณการสูญเสียดินที่ถูกชะล้างมาจากแปลงทดลองที่ปล่อยให้ว่างเปล่า และไถพรวนขึ้นลงตามแนวความลาดเท ค่าปัจจัยการจัดการพืชเป็นค่าที่สะท้อนถึงความสำคัญ ดังนี้

1) ประสิทธิภาพของพืช คือ พื้นที่ที่ถูกปกคลุมด้วยพืชพรรณสามารถป้องกันและ ลดความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินได้ พืชแต่ละชนิดมีความสามารถสกัดกั้นการตกกระแทกของฝนได้แตกต่างกัน และช่วงเวลาในการเจริญเติบโตหรืออายุของพืชมีผลต่อการชะล้างพังทลายของดิน

2) ลักษณะการปกคลุมเรือนยอดของพืชแต่ละชนิด มีความสามารถปกคลุมพื้นที่ผิวดินได้มากน้อยเพียงใด ร่วมกับพืชพรรณที่ขึ้นอยู่เหนือผิวดินและเศษซากเหลือของพืช

3) วิธีการปฏิบัติในการปลูกพืชหรือระบบการปลูกพืช โดยค่าปัจจัยการจัดการพืช ในสมการการสูญเสียดินสากลที่ถูกต้องนั้นจะต้องได้จากการทดลองตามธรรมชาติ ซึ่งปล่อยให้พืชพรรณเจริญเติบโตไปตาม

ขั้นตอนและพฤติกรรมตามธรรมชาติของฝนที่ตกตลอดจนกรรมวิธีในการปลูกพืชแต่ละแห่ง เนื่องจากข้อมูลจากการทดลองด้านนี้ ในประเทศไทยยังมีไม่มากและผลการทดลองไม่แน่ชัด จึงจำเป็นต้องอาศัยผลการทดลองจากต่างประเทศมาประยุกต์ใช้กับประเทศไทยตามความเหมาะสม

วิธีสร้างชั้นข้อมูลปัจจัยการจัดการพืช

1) เตรียมข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่

(1) แผนที่สภาพการใช้ที่ดิน (ระดับ 3) ปี พ.ศ. 2561-2562 มาตราส่วน 1:25,000 จากกองนโยบายและแผนการให้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งอยู่ในรูปแบบ GIS

(2) ค่า C ที่ได้จากผลการศึกษาของนักวิชาการทั้งในประเทศและต่างประเทศ ตามตารางที่ 4

2) กำหนดค่า C

(1) จำแนกสภาพการใช้ที่ดินในระดับ 3 ให้เป็นกลุ่มประเภทการใช้ที่ดินตารางที่ 4

(2) คำนวณเนื้อที่ของแต่ละพืชโดยแบ่งออกเป็นรายภาค

(3) หาค่า C ระดับกลุ่มประเภทการใช้ที่ดินจากเนื้อที่ของแต่ละชนิดพืชกับค่า C ของกลุ่มประเภทการใช้ที่ดิน

(4) แทนค่า C ระดับกลุ่มประเภทการใช้ที่ดิน (ตารางที่ 4) ลงในแผนที่สภาพการใช้ที่ดิน

การประเมินค่าปัจจัยการปฏิบัติป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน ค่าปัจจัยการปฏิบัติป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน (Conservation Practice factor, P-factor) เป็นปัจจัยแสดงสมรรถนะในการควบคุมการชะล้างพังทลายของดินที่ได้จากอัตราส่วนของปริมาณการสูญเสียดินที่ได้จากแปลงทดลองที่มีการใช้วิธีการอนุรักษ์ประเภทใดประเภทหนึ่ง กับปริมาณ การสูญเสียดินจากแปลงทดลองที่ไถพรวนดินขึ้นลงตามความลาดชัน ในสภาพการณ์ที่เหมือนกัน

การปฏิบัติป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน แบ่งออกเป็น 4 มาตรการสำคัญ ได้แก่

1) การทำการเกษตรตามแนวระดับ (contouring) รวมถึงวิธีการไถพรวน และ การปลูกพืช

2) การควบคุมแนวการปลูกพืชและปรับพื้นที่เป็นคันดินเป็นการทำแนวระดับ ที่แน่นอนและปรับพื้นที่ลาดชันให้สม่ำเสมอและมีแนวการเบนน้ำออกไปจากพื้นที่ โดยคันและคูระบายน้ำไม่ให้ขังอยู่ในพื้นที่รวมถึงการใช้เศษวัสดุของพืชในปริมาณสูงไว้ในพื้นที่เป็นแถวตามแนวระดับ

3) การปลูกพืชสลับตามแนวระดับ (contour strip cropping) เป็นการปลูกพืช สลับเป็นแนว โดยมีความกว้างของแต่ละแถวเท่าๆ กันและพืชที่ปลูกสลับจะครอบคลุมพื้นที่ต่อเนื่องตลอดทั้งปี

4) การทำขั้นบันได (terracing)

วิธีสร้างชั้นข้อมูลปัจจัยการปฏิบัติป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน

1) เตรียมข้อมูลพื้นฐาน

(1) แผนที่สภาพการใช้ที่ดิน (ระดับ 3) ปี พ.ศ. 2561-2562 มาตราส่วน 1:25,000 จากกองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งอยู่ในรูปแบบ GIS

(2) ค่า P ซึ่งกาหนดค่าตามผลการศึกษาของนักวิชาการต่างประเทศ ตามตารางที่ 4

2) กำหนดค่า P

(1) พื้นที่นาข้าว จะมีการทำคันนาซึ่งถือว่าเป็นระบบการทำคันดิน ในระบบการ อนุรักษ์แบบหนึ่งให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.1

(2) ระบบการอนุรักษ์แบบอื่นในประเทศไทยยังมีน้อยมากไม่สามารถแสดงได้ใน แผนที่ระดับภาคและระดับประเทศได้ จึงถือว่าพื้นที่เหล่านั้นไม่มีระบบการอนุรักษ์ และกำหนดค่าตามกลุ่มประเภทการใช้ที่ดิน รายละเอียดตามตารางที่ 2

3) แทนค่า P ตามกลุ่มประเภทการใช้ที่ดิน ได้ผลเป็นแผนที่

ตารางที่ 4 การกำหนดค่า C - factor และ P - factor สำหรับหน่วยแผนที่การใช้ที่ดิน 1:25,000

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	ค่า C	ค่า P
U101	ตัวเมืองและย่านการค้า	0	0
U200	หมู่บ้าน/ที่ดินจัดสรรร้าง	0	0
U201	หมู่บ้านบนพื้นราบ	0	0
U202	หมู่บ้านชาวไทยภูเขา	0	0
U203	หมู่บ้านชาวเล	0	0
U300	สถานที่ราชการและสถาบันต่าง ๆ ร้าง	0	0
U301	สถานที่ราชการและสถาบันต่าง ๆ	0	0
U400	สถานีคมนาคมร้าง	0	0
U401	สนามบิน	0	0
U402	สถานีรถไฟ	0	0
U403	สถานีขนส่ง	0	0
U404	ท่าเรือ	0	0
U405	ถนน	0	0
U406	ทางรถไฟ	0	0
U500	พื้นที่อุตสาหกรรมร้าง	0	0
U501	นิคมอุตสาหกรรม	0	0
U502	โรงงานอุตสาหกรรม	0	0
U503	ลานตากและแหล่งรับซื้อทางการเกษตร	0	0
U600	สถานที่ร้าง	0	0
U601	สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ	0	0
U602	รีสอร์ท โรงแรม เกสต์เฮ้าส์	0	0
U603	สุสาน ป่าช้า	0	0
U604	ศูนย์อพยพ	0	0
U605	สถานีบริการน้ำมัน	0	0
U700	สนามกอล์ฟร้าง	0	0
U701	สนามกอล์ฟ	0	0
A100	นาร้าง	0.1	0.1
A101	นาข้าว	0.28	0.1
A200	ไร่ร้าง	0.5	1
A201	พืชไร่ผสม	0.34	1
A202	ข้าวโพด	0.502	1

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	ค่า C	ค่า P
A203	อ้อย	0.4	1
A204	มันสาปะหลัง	0.6	1
A205	สับปะรด	0.38	1
A206	ยาสูบ	0.7	1
A207	ฝ้าย	0.5	1
A208	ถั่วเขียว	0.39	1
A209	ถั่วเหลือง	0.421	1
A210	ถั่วลิสง	0.406	1
A211	ปอแก้ว ปอกระเจา	0.6	1
A212	ถั่วดา ถั่วแดง	0.38	1
A213	ข้าวฟ่าง	0.65	1
A214	ละหุ่ง	0.79	1
A215	งา	0.386	1
A216	ข้าวไร่	0.7	1
A217	มันฝรั่ง	0.6	1
A218	มันแกว	0.6	1
A219	มันเทศ	0.6	1
A220	แตงโม	0.6	1
A221	ลูกเดือย	0.65	1
A222	ขิง	0.6	1
A223	กะหล่ำปลี	0.6	1
A224	มะเขือเทศ	0.6	1
A225	ว่านหางจระเข้	0.38	1
A226	ป่านศรนารายณ์	0.38	1
A227	ปอสา	0.6	1
A228	ทานตะวัน	0.7	1
A229	พริก	0.6	1
A230	ข้าวสาลี	0.28	1
A231	ข้าวบาร์เลย์	0.28	1
A232	ข้าวไรย์	0.28	1
A233	ฝิ่น	0.386	1
A234	กัญชา กัญชง	0.6	1
A235	กระเจี๊ยบแดง	0.6	1

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	ค่า C	ค่า P
A236	เผือก	0.6	1
A300	ไม้ยืนต้นร้าง/เสื่อมโทรม	0.15	1
A301	ไม้ยืนต้นผสม	0.15	1
A302	ยางพารา	0.15	1
A303	ปาล์มน้ำมัน	0.3	1
A304	ยูคาลิปตัส	0.15	1
A305	สัก	0.088	1
A306	สะเดา	0.088	1
A307	สนประดิพัทธ์	0.15	1
A308	กระถิน	0.088	1
A309	ประดู่	0.088	1
A310	ซ้อ	0.088	1
A311	ไม้ชายเลน	0	0
A312	กาแฟ	0.3	1
A313	ชา	0.15	1
A314	หม่อน	0.6	1
A315	ไผ่ปลูกเพื่อการค้า	0.15	1
A316	นุ่น	0.3	1
A317	หมาก	0.4	1
A318	จามจุรี	0.088	1
A319	ตีนเป็ด	0.3	1
A320	เปล้า	0.6	1
A321	ยมหอม มะฮอกกานี	0.088	1
A322	กฤษณา	0.088	1
A323	ตะกู	0.088	1
A400	ไม้ผลร้าง/เสื่อมโทรม	0.15	1
A401	ไม้ผลผสม	0.15	1
A402	ส้ม	0.3	1
A403	ทุเรียน	0.15	1
A404	เงาะ	0.15	1
A405	มะพร้าว	0.4	1
A406	ลิ้นจี่	0.15	1
A407	มะม่วง	0.15	1

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	ค่า C	ค่า P
A408	มะม่วงหิมพานต์	0.4	1
A409	พุทรา	0.3	1
A410	น้อยหน่า	0.3	1
A411	กล้วย	0.15	1
A412	มะขาม	0.15	1
A413	ลำไย	0.15	1
A414	ฝรั่ง	0.3	1
A415	มะละกอ	0.6	1
A416	ขนุน	0.15	1
A417	กระท้อน	0.15	1
A418	ชมพู่	0.15	1
A419	มังคุด	0.15	1
A420	ลางสาด ลองกอง	0.15	1
A421	ระกา สละ	0.02	1
A422	มะนาว	0.3	1
A423	ไม้ผลเมืองหนาว	0.3	1
A424	มะขามเทศ	0.6	1
A425	มะกอกน้ำ มะกอกฝรั่ง	0.6	1
A426	แก้วมังกร	0.15	1
A427	ส้มโอ	0.15	1
A428	ละมุด	0.15	1
A429	มะปราง มะยงชิด	0.6	1
A430	มะไฟ ละไม	0.6	1
A431	ทับทิม	0.15	1
A500	พืชสวนร้าง/เสื่อมโทรม	0.6	1
A501	พืชสวนผสม	0.6	1
A502	พืชผัก	0.6	1
A503	ไม้ดอก ไม้ประดับ	0.386	1
A504	องุ่น	0.6	1
A505	พริกไทย	0.6	1
A506	สตรอเบอรี่	0.27	1
A507	เสาวรส	0.6	1
A508	แรสเบอรี่	0.27	1

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	ค่า C	ค่า P
A509	พืชสมุนไพร	0.6	1
A510	นาหญ้า	0.28	0.1
A511	หวาย	0.6	1
A512	แคนตาลูป	0.6	1
A513	กระเจี๊ยบเขียว	0.6	1
A514	หน่อไม้ฝรั่ง	0.6	1
A515	เห็ด	0	0
A600	ไร่หมุนเวียนร้าง	0.25	1
A601	พืชไร่ผสม (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A602	ข้าวโพด (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A603	อ้อย (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A604	มันสาปะหลัง (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A605	สับปะรด (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A606	ยาสูบ (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A607	ฝ้าย (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A608	ถั่วเขียว (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A609	ถั่วเหลือง (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A610	ถั่วลิสง (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A611	ปอแก้ว ปอกระเจา (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A612	ถั่วดา ถั่วแดง (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A613	ข้าวฟ่าง (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A614	ละหุ่ง (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A615	งา (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A616	ข้าวไร่ (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A617	มันฝรั่ง (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A618	มันแกว (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A619	มันเทศ (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A620	แตงโม (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A621	ลูกเดือย (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A622	ขิง (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A623	กะหล่ำปลี (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A624	มะเขือเทศ (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A625	ว่านหางจระเข้ (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	ค่า C	ค่า P
A626	ป่านศรนารายณ์ (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A627	ปอสา (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A628	ทานตะวัน (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A629	พริก (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A630	ข้าวสาลี (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A631	ข้าวบาร์เลย์ (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A632	ข้าวไรย์ (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A633	ฝิ่น (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A634	กัญชา กัญชง (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A635	กระเจี๊ยบแดง (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A636	เผือก (ไร่หมุนเวียน)	0.25	1
A700	โรงเรือนร้าง	0	0
A701	ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์	0.1	1
A702	โรงเรือนเลี้ยงโค กระบือ และม้า	0	0
A703	โรงเรือนเลี้ยงสัตว์ปีก	0	0
A704	โรงเรือนเลี้ยงสุกร	0	0
A801	พืชน้ำผสม	0	0
A802	กก	0	0
A803	บัว	0	0
A804	กระจับ	0	0
A805	แห้ว	0	0
A806	ผักบุ้ง	0	0
A807	ผักกะเฉด	0	0
A900	สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำร้าง	0	0
A901	สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำผสม	0	0
A902	สถานที่เพาะเลี้ยงปลา	0	0
A903	สถานที่เพาะเลี้ยงกุ้ง	0	0
A904	สถานที่เพาะเลี้ยงปู หอย	0	0
A905	ฟาร์มจระเข้	0	0
A001	เกษตรผสมผสาน/ไร่นาสวนผสม	0.225	1
F100	ป่าไม่ผลัดใบรอสภาพฟื้นฟู	0.04	1
F101	ป่าไม่ผลัดใบสมบูรณ์	0.001	1
F200	ป่าผลัดใบรอสภาพฟื้นฟู	0.25	1

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	ค่า C	ค่า P
F201	ป่าผลัดใบสมบูรณ์	0.02	1
F300	ป่าชายเลนรอสภาพฟื้นฟู	0	0
F301	ป่าชายเลนสมบูรณ์	0	0
F400	ป่าพรุรอสภาพฟื้นฟู	0	0
F401	ป่าพรุสมบูรณ์	0	0
F500	ป่าปลูกรอสภาพฟื้นฟู	0.25	1
F501	ป่าปลูกสมบูรณ์	0.088	1
F600	วนเกษตรรอสภาพฟื้นฟู	0.25	1
F601	วนเกษตรสมบูรณ์	0.088	1
F700	ป่าชายหาดรอสภาพฟื้นฟู	0.45	1
F701	ป่าชายหาดสมบูรณ์	0.45	1
W101	แม่น้ำ ลำห้วย ลำคลอง	0	0
W102	หนอง บึง ทะเลสาบ	0	0
W103	ทะเล	0	0
W201	อ่างเก็บน้ำ	0	0
W202	บ่อน้ำในไร่นา	0	0
W203	คลองชลประทาน	0	0
M101	ทุ่งหญ้าธรรมชาติ	0.015	1
M102	ทุ่งหญ้าสลับไม้พุ่ม/ไม้ละเมาะ	0.032	1
M103	ไผ่ป่า ไผ่หนาม	0.02	1
M201	พื้นที่ลุ่ม	0	0
M300	เหมืองเก่า บ่อขุดเก่า	0	0
M301	เหมืองแร่	0.8	1
M302	บ่อลูกรัง	0	0
M303	บ่อทราย	0	0
M304	บ่อดิน	0	0
M305	พื้นที่ขุดเจาะน้ำมัน	0	0
M401	พื้นที่กองวัสดุ	0.8	1
M402	พื้นที่ดินถล่ม	0.8	1
M403	ที่หินโผล่	0.8	1
M405	พื้นที่ถม	0.8	1
M500	นาเกลือร้าง	0	0
M501	นาเกลือ	0	0

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	ค่า C	ค่า P
M601	หาดทราย	0.8	1
M701	ที่ทิ้งขยะ	0	0

การคำนวณค่าการสูญเสียดิน คำนวณค่าการสูญเสียดินตามสมการด้วย 6 ปัจจัยดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น นำมาใช้คำนวณค่าปริมาณการสูญเสียดิน โดยใช้โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ ช่วยในการจัดการข้อมูล และจัดทำแผนที่ตามแบบจำลองคณิตศาสตร์ของสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) บนฐานข้อมูลแบบราสเตอร์ (raster) กำหนดขนาดความละเอียดจุดภาพ (grid cell หรือ pixel) สำหรับเก็บข้อมูลเท่ากับ 30 x 30 เมตร มีขั้นตอน การวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1) นำเข้าข้อมูลทั้ง 6 ปัจจัยเข้าสู่ระบบโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์

2) ตัดแบ่งข้อมูลทุกปัจจัยออกเป็นรายภาค โดยใช้คำสั่ง Extract by mask

3) คำนวณแผนที่รายภาคโดยนำชั้นข้อมูล R, K, LS, C และ P มาคูณกัน และหารด้วย 6.25 (1 เฮกแตร์= 6.25 ไร่) โดยใช้คำสั่ง Raster calculator ผลที่ได้ คือ ปริมาณการสูญเสียดิน หน่วยเป็นตันต่อไร่ต่อปี เรียกชั้นข้อมูลชุดนี้ว่า SEM

4) ตรวจสอบความถูกต้องของค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล

การจัดชั้นความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน การสูญเสียดินจะส่งผลกระทบรุนแรงหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของดินในแต่ละพื้นที่ หากกระบวนการเกิดดินเป็นไปอย่างรวดเร็ว และดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติ แม้จะมีอัตราการสูญเสียดินสูงก็อาจไม่มีผลกระทบต่อการใช้ที่ดิน ในทางตรงกันข้าม หากดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและกระบวนการเกิดดินเป็นไปอย่างช้าๆ แม้มีการสูญเสียดินเพียงเล็กน้อยก็อาจส่งผลกระทบเสียหายรุนแรงต่อการใช้ประโยชน์บนที่ดินนั้น ค่าการสูญเสียดินเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับลักษณะตามธรรมชาติของดินย่อมสามารถวิเคราะห์ความเสียหายจากการชะล้างพังทลายของดินได้

ค่าการสูญเสียดินที่คานวณได้จากสมการการสูญเสียดินสากล จะถูกนำมาจัดชั้นความรุนแรงของการสูญเสียดิน และแสดงผลออกมาเป็นแผนที่การชะล้างพังทลายของดิน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ทราบถึงขอบเขตของพื้นที่ที่มีปัญหาการชะล้างพังทลาย และระดับความรุนแรงของปัญหาที่เกิดขึ้นในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศ เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนอนุรักษ์ดินและน้ำที่มีประสิทธิภาพต่อไป

การจัดชั้นความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน ยึดถือตามแนวคิด ดังนี้

1) ค่าการสูญเสียดินสูงสุดที่ยอมรับได้สาหรับพื้นที่เกษตร คือ ระดับที่ยังคงได้รับผลผลิตพืช และมีความยั่งยืนทางเศรษฐกิจ (USDA, 1997)

2) ดินมีความเหมาะสมสำหรับการใช้ประโยชน์มาก เมื่อการใช้ประโยชน์นั้นมีความยั่งยืนนาน 25 ปี หรือมากกว่าขึ้นไป (FAO, 1997)

3) คู่มือการสำรวจดิน (Soil Survey Manual) แนะนาให้จำแนกการชะล้างพังทลายของดินสาหรับพื้นที่เกษตรกรรม เป็น 4 ระดับ โดยพิจารณาจากอัตราการสูญเสียดินชั้นบนที่เรียกว่าชั้น A และ E horizon (USDA, 1993)

ชั้น 1 : การสูญเสียดินค่าเฉลี่ยน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ของความหนาของชั้น A/E เดิม (หรือของความหนา 20 เซนติเมตร ถ้า A/E หนาน้อยกว่า 20 เซนติเมตร) สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่ไม่มีการชะล้างพังทลายหรือมีการชะล้างพังทลายน้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่

ชั้น 2 : การสูญเสียดินเป็นค่าเฉลี่ย 25-75 เปอร์เซ็นต์ ของความหนาของชั้น A/E (หรือของความหนา 20 เซนติเมตร ถ้า A/E หนาน้อยกว่า 20 เซนติเมตร) พื้นที่เกษตรส่วนใหญ่ยังมีชั้น A/E เหลืออยู่แต่ถูกไถปนกับดินล่างไปแล้ว บริเวณที่ชั้น A/E ลึก จะยังคงเห็นได้ชัดเจน

ชั้น 3 : การสูญเสียดินชั้นบนมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ของความหนาชั้น A/E เดิม (หรือของความหนา 20 เซนติเมตร ถ้า A/E หนาน้อยกว่า 20 เซนติเมตร) พื้นที่เกษตรส่วนใหญ่มีดินล่างใต้ชั้น A/E โผล่ขึ้นมา บริเวณที่ชั้น A/E ลึก อาจมีดินบนเหลืออยู่บ้างแต่ถูกไถปนกับดินชั้นล่างไปแล้ว

ชั้น 4 : ทั่วพื้นที่มีการสูญเสียดินทั้งหมดของชั้น A/E (หรือดินบน 20 เซนติเมตร ถ้าชั้น A/E หนาน้อยกว่า 20 เซนติเมตร) พบเห็นร่องลึก (gully) จำนวนมาก

4) การสำรวจลักษณะหน้าตัดและความลึกของชั้น A/E ของชุดดินต่างๆ ในประเทศไทย โดย กรมพัฒนาที่ดิน พบว่าดินในประเทศไทยในสภาพปกคลุมด้วยพืชพรรณธรรมชาติ มีความหนาเฉลี่ยของชั้น A/E อยู่ที่ 24 เซนติเมตร

5) การวิเคราะห์ความหนาแน่นรวม (bulk density) ของชุดดินต่างๆ ในประเทศไทย โดยกรมพัฒนาที่ดิน พบว่า ดินในสภาพธรรมชาติมีค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ยอยู่ที่ 1.3 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

6) ผลการศึกษาการสูญเสียดินในแปลงทดลองในชุดดินต่างๆ ของกรมพัฒนาที่ดิน

จากข้อพิจารณาทั้งหมดข้างต้นสามารถกำหนดปริมาณการสูญเสียดินสูงสุดที่ยอมรับได้สำหรับดินในประเทศไทยเป็น 2 ตันต่อไร่ต่อปี หรือเทียบเท่ากับ 0.96 มิลลิเมตรต่อปี การสูญเสียในระดับนี้ จะไม่ทำให้สมรรถนะของดินสำหรับการเกษตรเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลา 25 ปี ค่าการสูญเสียดินที่สูงกว่าระดับนี้จะมีผลเสียหายต่อคุณภาพดินและผลผลิตพืชในระยะยาว ไม่มีความมั่นคงทางเศรษฐกิจ และจำเป็นต้องมีการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสม

การจัดชั้นความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน จำแนกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ชั้น 1 น้อยมาก (very slight) : อัตราการสูญเสียดิน 0-2 ตันต่อไร่ต่อปี (0-0.96 มิลลิเมตรต่อปี)

ชั้น 2 น้อย (slight) : อัตราการสูญเสียดิน 2-5 ตันต่อไร่ต่อปี (0.96-2.4 มิลลิเมตรต่อปี) ชั้นนี้การชะล้างพังทลายของดินเกิดขึ้นเป็นพื้นที่น้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์

ชั้น 3 ปานกลาง (moderate) : อัตราการสูญเสียดิน 5-15 ตันต่อไร่ต่อปี (2.4-7.2 มิลลิเมตรต่อปี) การชะล้างพังทลายมีผลทาให้ความต้องการในการจัดการดินผิดไปจากเดิม หรือต้อง เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้น แต่ดินยังมีขีดความสามารถใช้ปลูกพืชได้เหมือนเดิม

ชั้น 4 รุนแรง (severe) : อัตราการสูญเสียดิน 15-20 ตันต่อไร่ต่อปี (7.2-9.6 มิลลิเมตรต่อปี) การชะล้างพังทลายทาให้ขีดความสามารถของดินสำหรับปลูกพืชเปลี่ยนเลวลงกว่าเดิม เช่น ดินไม่สามารถใช้ปลูกข้าวโพดได้อีกต่อไป ต้องเปลี่ยนไปทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์แทน และต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดการดินสูงมากเกินกว่าระดับที่ยอมรับได้ หรือใช้เวลานานมากในการปรับปรุงคุณภาพดินให้ใช้ปลูกพืชได้เช่นเดิม

ชั้น 5 รุนแรงมาก (very severe) : อัตราการสูญเสียดินมากกว่า 20 ตันต่อไร่ต่อปี (มากกว่า 9.6 มิลลิเมตรต่อปี) มีการชะล้างพังทลายเป็นร่องลึก (gully) เกิดขึ้นทั่วไป

จากการเปรียบเทียบระดับความรุนแรงของอัตราการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย ซึ่งอ้างอิงระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินโดยกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2545 โดยปรับปรุงอัตราการชะล้างพังทลายของดิน ดังแสดงในตารางที่ 5

ชั้นความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543) การจัดระดับชั้นความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย เพื่อให้ทราบถึงระดับความรุนแรงของปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ และการวางแผนอนุรักษ์ดินและน้ำได้จัดระดับชั้นความรุนแรงอัตราการชะล้างพังทลายของดิน ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน

ระดับการชะล้างพังทลาย	อัตราการชะล้างพังทลายของดิน	
	ตันต่อไร่ต่อปี	ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี
1. น้อยมาก (very slight)	0-2	0-12.5
2. น้อย (slight)	2-5	12.5-31.25
3. ปานกลาง (moderate)	5-15	31.25-93.75
4. รุนแรง (severe)	15-20	93.75-125
5. รุนแรงมาก (very severe)	>20	>125

อ้างอิง :กรมพัฒนาที่ดิน, 2543

การจัดทำแผนที่การชะล้างพังทลายของดิน การจัดทำแผนที่การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย ระดับภาคและระดับประเทศใช้วิธีการศึกษาคำนวณปริมาณการสูญเสียดินจากสมการการสูญเสียดินสากล และพิจารณาจัดชั้นความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินตามลักษณะของดินในประเทศไทย และมีการวิเคราะห์แบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ส่วน คือ พื้นที่ราบ และพื้นที่สูง

พื้นที่ราบ หมายถึง ที่ราบลำน้ำ ที่ลาดเชิงเขา และเนินเขา ความลาดชันน้อยกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ จำแนกเป็นกลุ่มชุดดินที่ 1-61 ตามแผนที่กลุ่มชุดดิน มาตราส่วน 1:25,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน

พื้นที่สูง หมายถึง ภูเขาและที่ลาดหุบเขา ความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ จำแนกเป็นกลุ่มชุดดินที่ 62 ตามแผนที่กลุ่มชุดดิน มาตราส่วน 1:25,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน

เนื่องจากพื้นที่สูงมีความเปราะบางและเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายของดินมาก หากมีการใช้ประโยชน์อย่างไม่ระมัดระวัง นอกจากนี้ยังมีโอกาสเกิดการชะล้างพังทลายแบบอื่นที่มีความเสียหายรุนแรงกว่าการสูญเสียดินตามหลักของสมการการสูญเสียดินสากล เช่น การชะล้างพังทลายแบบร่องลึก (gully) และการเกิดดินถล่ม (landslide) เป็นต้น ในการจัดทำแผนที่การชะล้างพังทลายของดินจึงได้พิจารณาแยกพื้นที่สูงออกจากพื้นที่ราบเพื่อให้แผนที่ชุดนี้มีข้อมูลที่ถูกต้องครบถ้วนสำหรับนำไปใช้ในการวางแผนอนุรักษ์ดินและน้ำตลอดจนการวางแผนโครงการพัฒนาต่างๆ ในระดับภาคและระดับประเทศต่อไป

ทั้งพื้นที่ราบและพื้นที่สูง ใช้วิธีคำนวณปริมาณการสูญเสียดิน และหลักเกณฑ์การจัดชั้นความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน เช่นเดียวกันดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ความแตกต่างระหว่างพื้นที่ราบและพื้นที่สูงในแผนที่แสดงให้เห็นด้วยสี คือ พื้นที่ราบเป็นสีเทา-ม่วง และพื้นที่สูงเป็นสีเหลือง-แดง และในพื้นที่สูงมีสัญลักษณ์ภาษาอังกฤษ H (Highland) ต่อท้ายตัวเลขชั้นความรุนแรง

แผนที่การชะล้างพังทลายของดิน ประกอบด้วย หน่วยแผนที่ 10 หน่วย ของพื้นที่ราบและพื้นที่สูงรวมกัน มีคาอธิบาย ดังนี้

ตารางที่ 6 การชะล้างพังทลายของดิน ประกอบด้วย หน่วยแผนที่ 10 หน่วย ของพื้นที่ราบและพื้นที่สูง

พื้นที่ราบ (ที่ราบลำน้ำ ที่ลาดเชิงเขา และเนินเขา ความลาดชันน้อยกว่า 35 เปอร์เซ็นต์)		
1	ระดับน้อยมาก	มีการสูญเสียดิน 0-2 ตันต่อไร่ต่อปี พื้นที่นี้ไม่จำเป็นต้องมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำเป็นพิเศษ เพราะพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบและใช้ประโยชน์ในการทำนา ปลูกพืชไร่ไม้ผล และไม้ยืนต้น
2	ระดับน้อย	มีการสูญเสียดิน 2-5 ตันต่อไร่ต่อปี พื้นที่นี้ควรจะมีการใช้ที่ดินอย่างระมัดระวัง โดยการปลูกพืชตามแนวระดับหรือขวางความลาดเท และมีการปรับปรุงบำรุงดิน เพื่อการใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตรได้อย่างยั่งยืน พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชไร่ พืชสวน ไม้ผล ไม้ยืนต้น และสวนป่า
3	ระดับปานกลาง	มีการสูญเสียดิน 5-15 ตันต่อไร่ต่อปี ซึ่งมีผลทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลงและผลผลิตต่ำ จึงควรมีมาตรการป้องกันการชะล้างพังทลายของดินทั้งวิธีพืชและวิธีกลเพื่อรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตให้คงอยู่ตลอดไป พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชไร่ พืชสวน ไม้ผล ไม้ยืนต้นและสวนป่า
4	ระดับรุนแรง	มีการสูญเสียดิน 15-20 ตันต่อไร่ต่อปี พื้นที่นี้หากจะใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรจำเป็นต้องมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างเคร่งครัด เพื่อเป็นการรักษาทรัพยากรดินเอาไว้ พื้นที่ดังกล่าวส่วนใหญ่มีความลาดเทสูงและเป็นการใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชไร่ พืชสวน ไม้ผล ไม้ยืนต้น และสวนป่า
5	ระดับรุนแรงมาก	มีการสูญเสียดินมากกว่า 20 ตันต่อไร่ต่อปี พื้นที่นี้มักมีปรากฏการณ์ชะล้างพังทลายแบบมีร่องลึก (gully) โดยทั่วไปเป็นพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมสำหรับการทาการเกษตรอย่างถาวร ควรกันไว้เป็นพื้นที่ปลูกไม้ยืนต้นหรือป่า
พื้นที่สูง (ภูเขาและที่ลาดหุบเขา ความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์)		
1H	ระดับน้อยมาก	มีการสูญเสียดิน 0-2 ตันต่อไร่ต่อปี พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขาสูงชันที่ยังคงสภาพเป็นป่าไม้ธรรมชาติ จึงควรมีมาตรการอนุรักษ์พื้นที่ป่าไม้เพื่อป้องกันไม่ให้การชะล้างพังทลายของดินเกิดขึ้น
2H	ระดับน้อย	มีการสูญเสียดิน 2-5 ตันต่อไร่ต่อปี พื้นที่นี้ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขาสูงชันที่ยังคงสภาพเป็นป่าไม้ธรรมชาติ จึงควรมีมาตรการอนุรักษ์พื้นที่ป่าไม้เพื่อควบคุมไม่ให้การชะล้างพังทลายของดินเพิ่มมากขึ้นกว่านี้
3H	ระดับปานกลาง	มีการสูญเสียดิน 5-15 ตันต่อไร่ต่อปี พื้นที่นี้ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขาสูงชันใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชไร่ พืชสวน ไม้ผล ไม้ยืนต้น และป่าเสื่อมโทรม จึงควรมีมาตรการการอนุรักษ์ดินและน้าอย่างเคร่งครัดเพื่อลดการชะล้างพังทลายของดินให้น้อยลง
4H	ระดับรุนแรง	มีการสูญเสียดิน 15-20 ตันต่อไร่ต่อปี พื้นที่นี้ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขาสูงชันใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชไร่ พืชสวน ไม้ผล ไม้ยืนต้น และป่าเสื่อมโทรม จึงควรมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้าอย่างเคร่งครัดควบคู่ไปกับการฟื้นฟูสภาพป่าเพื่อลดการชะล้างพังทลายของดินให้น้อยลง
5H	ระดับรุนแรงมาก	มีการสูญเสียดินมากกว่า 20 ตันต่อไร่ต่อปี พื้นที่นี้ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขาสูงชันใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชไร่ และพืชสวน จึงควรมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างเคร่งครัดควบคู่ไปกับการฟื้นฟูสภาพป่าอย่างเร่งด่วน เพื่อควบคุมการ ชะล้างพังทลายของดินไม่ให้ทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น

การประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ การประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์โดยการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณการสูญเสียของดินทั้งระดับประเทศและระดับภาคร่วมกับข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ของปริมาณธาตุอาหารในดินซึ่งคาดว่าจะมีการสูญเสียไปกับตะกอนดินจากการชะล้างหน้าดิน ในที่นี้พิจารณาที่ระดับความลึก 0-25 เซนติเมตร มีรายละเอียดดังนี้

1) การศึกษาและรวบรวมข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ชั้นข้อมูลจุดเก็บตัวอย่างและ ผลการวิเคราะห์ดินจากกองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน ปี พ.ศ. 2562 ที่ระดับความลึก 0-25 เซนติเมตร จำนวน 72,302 จุดตัวอย่าง ประกอบด้วย ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ โดยการนาผลของปริมาณธาตุอาหารในดินมาทาการวิเคราะห์ตามหลักการทางสถิติ เพื่อคัดกรองเฉพาะข้อมูลที่อยู่ในช่วงค่าทางสถิติที่เหมาะสม และแบ่งข้อมูลปริมาณธาตุอาหารในดินที่สูญเสียไปกับการชะล้างพังทลายของดิน ตามระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินทั้งระดับประเทศ และระดับภาค เปรียบกับข้อมูลแผนที่การสูญเสียดินของประเทศและแต่ละภูมิภาคเพื่อคานวณปริมาณธาตุอาหารที่สูญหายไปกับตะกอนดินจากการชะล้างหน้าดิน (soil nutrients loss and recovery amount) หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อไร่ หรือ ตันต่อไร่

สำหรับปริมาณไนโตรเจนในดินที่ได้เกิดจากการคำนวณปริมาณอินทรียวัตถุในดิน โดยปริมาณไนโตรเจนในดินมีสัดส่วนประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ของอินทรียวัตถุในดิน โดยคำนวณจากสมการ

ปริมาณไนโตรเจนในดิน (%) = ปริมาณอินทรียวัตถุ (%) * 0.05 (2.8)

2) การประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์

(1) การประเมินมูลค่าการสูญเสียหน้าดินจากการชะล้างพังทลายของดิน โดยคำนวณจากปริมาณการสูญเสียดินที่ได้จากประเมิน แล้วเปรียบเทียบกับราคาซื้อขายหน้าดินในท้องตลาด โดยดินขนาด 1 ลูกบาศก์เมตรมีน้ำหนัก 1.5 ตัน (บริษัท ยูโลจี กรุ๊ป (ไทยแลนด์) จากัด, 2563) และราคาการซื้อขายดินเฉลี่ย 212.68 บาทต่อลูกบาศก์เมตร (กองดัชนีเศรษฐกิจการค้า, 2563) สามารถคำนวณมูลค่าได้ดังนี้

มูลค่าการสูญเสียหน้าดิน (บาท) ;

ปริมาณการสูญเสียดิน (ลบ.ม.) * ราคาซื้อขายดินถมที่ (บาทต่อลบ.ม.) (2.9)

(2) การประเมินมูลค่าการสูญเสียธาตุอาหารพืชในดิน (ธาตุอาหาร N P และ K)

การประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ของการสูญเสียธาตุอาหารพืชในดิน โดยการคานวณจากข้อมูลปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สูญเสียไปเทียบกับราคาแม่ปุ๋ย ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน ประเมินจากราคาของปุ๋ยยูเรีย (46% N) ราคา 578 บาทต่อ 50 กิโลกรัม หรือราคากิโลกรัมละ 11.56 บาท ธาตุฟอสฟอรัส ประเมินจากราคาของปุ๋ยทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต (46% P_2O_2) ราคา 875 บาทต่อ 50 กิโลกรัม หรือกิโลกรัมละ 17.50 บาท และธาตุโพแทสเซียม ประเมินจากราคาของปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60% K_2O) ราคา 747 บาทต่อ 50 กิโลกรัม หรือราคากิโลกรัมละ 14.94 บาท (สานักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) แล้วคานวณมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการสูญเสียธาตุอาหารหลักของพืชในดินของแต่ละระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินในประเทศและแต่ละภูมิภาค คานวณมูลค่า ดังนี้

มูลค่าธาตุอาหารในดินที่สูญเสีย (บาท) ;

ปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสีย (กิโลกรัม) * ราคาต่อหน่วยธาตุอาหาร (บาทต่อกิโลกรัม) (2.10)

ผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินต่อการเกษตรและสิ่งแวดล้อม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558) การชะล้างพังทลายของดิน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสมบัติดินในแต่ละพื้นที่ นำไปสู่ความเสื่อมโทรมของ

ทรัพยากรดินทางการเกษตรอย่างกว้างขวาง การเสื่อมโทรม (land degradation) และการชะล้างพังทลายของดิน (soil erosion) มีผลต่อสมบัติดินทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง พื้นที่การเกษตรได้รับความเสียหาย ผลผลิตลดลง ส่งผลกระทบทั้งด้านนิเวศวิทยาและเศรษฐกิจสังคม (ecological and socioeconomic effects) ในพื้นที่นั้นๆ

1) การสูญเสียธาตุอาหารพืชในดินการสูญเสียธาตุอาหารในดินเกิดจากปริมาณธาตุอาหารจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตพืช ปริมาณ ธาตุอาหารในดินที่สูญเสียจากการไหลบ่าของน้ำ ปริมาณธาตุอาหารถูกพัดพาไปในสภาพสารละลายหรือ แขวนลอย กรมพัฒนาที่ดิน (2556)
2) การสูญเสียผลิตภาพของดิน และผลผลิตพืช การชะล้างพังทลายของดินส่งผลชัดเจน ต่อการเคลื่อนย้ายความอุดมสมบูรณ์ออกจากพื้นที่โดยทำให้ ชั้นหน้าดินบนเสียหาย โครงสร้างดินถูกทำลายซึ่งเป็นบริเวณที่รากพืชเจริญเติบโต และยังทำให้ชั้นดินล่างที่มีความแน่นทึบ โผล่ ส่งผลกระทบต่อการใช้ที่ดินในการเพาะปลูกทางการเกษตร โดยเห็นได้ชัดจากปริมาณผลผลิตของพืชลดต่ำลง
3) นอกจากผิวหน้าดินที่อุดมไปด้วยธาตุอาหารพืชได้สูญหายไปจากการชะล้างแล้ว ยังนำเอาปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (SOM) หรืออินทรีย์คาร์บอนในดิน (SOC) ออกไปจากพื้นที่อีกด้วย ซึ่ง SOM และ SOC ถือว่า เป็นแหล่งสำคัญในการขับเคลื่อนกลไกต่างๆ ในระบบดินทั้งเป็นแหล่งหมุนเวียนธาตุอาหารในดิน เสริมสร้างโครงสร้างเม็ดดิน เพิ่มช่องว่างในดิน และรักษาน้ำไว้ในดิน ซึ่งสมบัติดังกล่าวส่งเสริมให้ดินเหมาะสม ต่อการเจริญเติบโตของรากพืชในการชอนไชที่ดี (FAO, 2019)

แนวทางการประเมินการสูญเสียดิน วิธีการประเมินการสูญเสียดินสามารถทำได้ทั้งวิธีในภาคสนาม (field measurement) และการใช้ แบบจำลอง (modeling) ซึ่งการศึกษาและประเมินค่าการสูญเสียดินเริ่มต้นจากการสังเกตการเปลี่ยนแปลง ระดับผิวดินอย่างง่าย และการประเมินโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ วิธีการที่นำมาใช้ควรมีความเหมาะสม ตามบริบทของการประเมิน โดยมีแนวทางในเบื้องต้น ดังนี้

1) การประเมินในสนาม (Field assessment) การประเมินโดยตรงในภาคสนามสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1.1) การสังเกตจากปัจจัยสิ่งแวดล้อม โดยการสังเกตการชะล้างพังทลายบนหน้าดิน การสังเกตเห็นปริมาณตะกอนที่ไหลมาทับรวมกัน

1.2) การวัดแบบหยาบ การประเมินการชะล้างพังทลายของดินในสนามที่เกิดจากตัวเร่งน้ำสามารถบันทึกและตรวจวัด สิ่งที่ปรากฏได้ชัดเจนทั้งรูปแบบของการชะล้าง

2) การสร้างแปลงทดลองเพื่อเก็บตะกอนดิน การศึกษาการชะล้างพังทลายของดินโดยการสร้างแปลงทดลองเพื่อเก็บตะกอนดินเป็น ตัวอย่างหรือตัวแทนบ่งบอกปริมาณหรืออัตราการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ที่ทำการศึกษาในช่วงระยะเวลาหนึ่ง พื้นที่บริเวณที่จะสร้างแปลงทดลองต้องมีสภาพที่เป็นตัวแทนทั้งสภาพของความลาดชัน ลักษณะดิน และ พืชพรรณที่ปกคลุมดิน (นิติพัฒน์, 2556)

3) การใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อประเมินการชะล้างพังทลายของดิน เช่น สมการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation; USLE) พัฒนามาตั้งแต่เมื่อ ปี ค.ศ. 1961 โดยกรมการเกษตรประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Department of Agriculture, USDA) และในปี ค.ศ. 1978 Wischmeier and Smith ได้ปรับปรุงแก้ไขใหม่

แนวทางการป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน ด้วยระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ หลักการอนุรักษ์ดินและน้ำ (soil and water conservation) เป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินหรือทรัพยากร ดินและน้ำอย่างเหมาะสม

ด้วยวิธีการที่ชาญฉลาดและคุ้มค่า โดยคำนึงถึงการรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดและยั่งยืน การนำมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำมาใช้เพื่อป้องกันและรักษาดินไม่ให้ถูก ชะล้างพังทลาย ทั้งพื้นที่ที่มีความลาดเทต่ำจนถึงพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง สามารถช่วยรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน เก็บรักษาธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชไม่ให้สูญหายไปกับตะกอนดินและน้ำไหลบ่า รักษาอินทรีย์วัตถุให้คงอยู่ในดิน ควบคุมหรือชะลอความเร็วของน้ำไหลบ่า ช่วยรักษาโครงสร้างดินให้ดินร่วนซุย การระบายน้ำและอากาศดี เพิ่มความสามารถให้น้ำแทรกซึมผ่านลงดินได้ดีขึ้น อีกทั้งรักษาน้ำไว้ในดินและ เพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในพื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการเจริญเติบโตของพืชและคุณภาพผลผลิต ทางการเกษตร และสามารถใช้ประโยชน์ที่ดินได้อย่างยั่งยืน

มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ มาตรการวิธีกลและมาตรการวิธีพืช ซึ่งมีข้อจำกัดในการใช้งานที่แตกต่างกันตามลักษณะพื้นที่ความลาดเท ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำไหลบ่า ชนิดของ ดิน เพื่อลดการชะล้างพังทลายของดิน ช่วยกักเก็บน้ำไหลบ่าไว้ในดินให้เป็นประโยชน์ต่อพืช (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556; 2558) การใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำทั้งมาตรการวิธีกลและวิธีพืชที่เหมาะสมตามระดับความลาดชันของพื้นที่นับเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในกระบวนการชะล้างพังทลายของดิน แบ่งออกเป็น 6 ระดับ คือ พื้นที่ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ, พื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย, พื้นที่ลูกคลื่นลอนลาด, พื้นที่ลูกคลื่นลอนชัน, พื้นที่เนินเขา และพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อนหรือที่ลาดชันสูง นอกจากจะพิจารณาระดับความลาดชันของพื้นที่เป็นสำคัญ แล้ว ยังได้พิจารณาสมบัติของดิน อาทิ เนื้อดิน ความลึกของดิน การระบายน้ำ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำไหลบ่า และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563)

ระบบการปลูกพืชหลายชนิด (Multiple Cropping System) เป็นเทคนิคที่ใช้ในภาคเกษตรกรรมเพื่อเพิ่มผลผลิตในพื้นที่เพาะปลูกเดียวกันโดยการปลูกพืชมากกว่าหนึ่งชนิดในพื้นที่เดียวในช่วงระยะเวลาหนึ่ง วิธีนี้ช่วยให้เกษตรกรสามารถใช้ประโยชน์จากพื้นที่และทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและเพิ่มความหลากหลายของพืช ทำให้ระบบการเกษตรมีความยืดหยุ่นมากขึ้น (Altieri & Nicholls, 2004) อีกทั้งยังช่วยในการลดความเสี่ยงด้านผลผลิต เนื่องจากเมื่อมีหลายชนิดของพืชปลูกอยู่ร่วมกัน โอกาสที่จะได้รับผลกระทบจากโรคหรือแมลงศัตรูพืชในระดับรุนแรงก็จะน้อยลง (Gliessman, 2015) ระบบนี้แบ่งออก 3 ประเภท ดังนี้:

1) การปลูกพืชสลับ (Sequential Cropping): การปลูกพืชต่างชนิดในแปลงเดียวกัน แต่ในเวลาที่แตกต่างกัน พืชชนิดหนึ่งจะปลูกเมื่อพืชก่อนหน้าถูกเก็บเกี่ยวออกไปแล้ว วิธีนี้ช่วยให้ดินฟื้นตัวได้ก่อนการปลูกพืชชนิดต่อไป และช่วยลดการเกิดศัตรูพืชที่สะสมในดิน (Vandermeer, 2011)

2) การปลูกพืชแซม (Intercropping): เป็นการปลูกพืชหลายชนิดในเวลาเดียวกันบนพื้นที่เดียวกัน โดยพืชที่ปลูกด้วยกันต้องมีคุณลักษณะที่ไม่รบกวนการเจริญเติบโตของกันและกัน เช่น การปลูกพืชยืนต้นร่วมกับพืชล้มลุกเพื่อเพิ่มผลผลิตจากพื้นที่เดียวกันและส่งเสริมความหลากหลายทางชีวภาพ (Altieri & Nicholls, 2004)

3) การปลูกพืชต่อเนื่อง (Relay Cropping): การปลูกพืชชนิดที่สองในขณะที่พืชชนิดแรกยังไม่ถูกเก็บเกี่ยว โดยพืชชนิดที่สองจะเริ่มต้นเจริญเติบโตควบคู่ไปกับพืชชนิดแรกเพื่อให้สามารถเก็บเกี่ยวได้เร็วขึ้น ลดระยะเวลารอคอย และเพิ่มผลผลิตโดยรวมของแปลง (Gliessman, 2015)

แนวทาง Multiple Cropping System นี้นอกจากจะเพิ่มผลผลิตแล้ว ยังช่วยในการอนุรักษ์ดินและปรับปรุงโครงสร้างของดิน เนื่องจากการปลูกพืชต่างชนิดกันสามารถเพิ่มอินทรียวัตถุและส่งเสริมการหมุนเวียนธาตุอาหารในดิน ซึ่งเป็นหลักการสำคัญในระบบการเกษตรแบบยั่งยืน (Gliessman, 2015)

เครื่องมือ GPS และ Laser Land Leveling เป็นเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับการปรับระดับพื้นดินอย่างแม่นยำในงานเกษตรกรรม โดยเฉพาะในพื้นที่ปลูกข้าว การปรับระดับพื้นดินอย่างถูกต้องจะช่วยให้การใช้น้ำในแปลงนาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ลดการสิ้นเปลืองน้ำและแรงงาน นอกจากนี้ยังช่วยลดการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลาดชัน ทำให้พืชเติบโตได้ดีขึ้นและให้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น (Jat et al., 2019; Li et al., 2020)

<u>สมมติฐานงานวิจัย</u>

พื้นที่สูงมีพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับทำการเกษตรจำกัด พื้นที่ส่วนใหญ่ยังคงปลูกข้าวให้มีผลผลิตข้าวเพียงพอบริโภคซึ่งต้องใช้ทรัพยากรในการผลิตจำนวนมาก ส่งผลทำให้สิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมอย่างรวดเร็ว หากมีการวางแผนใช้ประโยชน์พื้นดินสำหรับปลูกข้าวและบริหารจัดการปรับภูมิทัศน์เชิงพื้นที่การเกษตรที่เหมาะสมและถูกต้อง เชื่อมโยงระบบผลิตอาหารเข้ากับการใช้ประโยชน์พื้นดินตามลักษณะภูมิประเทศ ข้อมูลการชะล้างพังทะลายของดิน และระบบนิเวศอื่นๆ จะทำให้เกิดความยั่งยืนของการผลิตข้าว และเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดการเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติบนพื้นที่สูง