ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม — อนุรักษวิทยา

สาขา — **ภาควิชา**

เรื่อง ประสิทธิภาพของแฝกในการป้องกันการสูญเสียดินและกักเก็บคาร์บอนในดิน บริเวณศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 จังหวัดสุโขทัย

Efficiency of Vetiver in Preventing Soil Loss and Soil Carbon Storage at Vetiver Usage for Forest Development and Campaign Demonstration Center Unit 2, Sukhothai Province

นามผู้วิจัย นายภัทราวุธ ศรีโพธิ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมนิมิตร พุกงาม, วท.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ศาสตราจารย์นิพนธ์ ตั้งธรรม, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดรรชนี เอมพันธุ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ประสิทธิภาพของแฝกในการป้องกันการสูญเสียดินและกักเก็บคาร์บอนในดิน บริเวณศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 จังหวัดสุโขทัย

Efficiency of Vetiver in Preventing Soil Loss and Soil Carbon Storage at Vetiver Usage for Forest Development and Campaign Demonstration Center Unit 2, Sukhothai Province

โดย

นายภัทราวุธ ศรีโพธิ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม)
พ.ศ. 2554

ภัทราวุธ ศรีโพธิ์ 2554: ประสิทธิภาพของแฝกในการป้องกันการสูญเสียดินและกักเก็บคาร์บอนในดิน บริเวณศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 จังหวัดสุโขทัย ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม) สาขาการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาอนุรักษวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมนิมิตร พุกงาม, วท.ด. 92 หน้า

การศึกษาประสิทธิภาพของแฝกในการป้องกันการสูญเสียดินและกักเก็บคาร์บอนในดิน บริเวณพื้นที่ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 จังหวัดสุโขทัย ประกอบด้วย 3 รูปแบบการทดลองคือ รูปแบบการทดลองที่ 1 เป็นแปลงทดลองขนาด 2x2 เมตร ระดับความลาดชัน 25-30 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย 3 สิ่งทดลอง ได้แก่ แปลงว่างเปล่า (แปลงควบคุม) แปลงปลูกแฝก 1 แถว โดยปลูกบริเวณกึ่งกลางแปลงทดลอง และแปลงปลูกแฝก 2 แถว ระยะห่างตามแนวดิ่ง 1.5 เมตร ซึ่งแต่ละสิ่งทดลองมี 4 ซ้ำ ในขณะที่รูปแบบการทดลองที่ 2 แปลงทดลองมีขนาด 4x20 เมตร ระดับความลาดชัน 10-15 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย 3 สิ่งทดลอง ได้แก่ แปลงว่างเปล่า แปลงปลูกแฝกระยะห่างตามแนวดิ่ง 2 เมตร และแปลงปลูกแฝกระยะห่างตามแนวดิ่ง 4 เมตร โดยแต่ละสิ่งทดลองมี 2 ซ้ำ ส่วนรูปแบบการทดลองที่ 3 ระดับความลาดชัน 0-5 เปอร์เซ็นต์ แปลงทดลองขนาด 2x10 เมตร ประกอบด้วย 6 สิ่งทดลอง ได้แก่ แปลงว่างเปล่า แปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยวที่มีระยะห่างระหว่างต้น 5, 10, 15, 20 และ 25 เซนติเมตร ระยะห่างตามแนวดิ่ง 4 เมตร เท่ากัน โดยแต่ละสิ่งทดลองมี 1 ซ้ำ ดำเนินการในช่วงฤดูฝนระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2553 ผลการศึกษา พบว่า แปลงว่างเปล่ามีการสูญเสียดินสูงที่สุดในทุกรูปแบบการทดลอง ซึ่งมีการสูญเสียดินอยู่ในระดับรุนแรง ถึงรุนแรงมากที่สุด โดยรูปแบบการทดลองที่ แปลงปลูกแฝก2 แถว มีการสูญเสียดินต่ำสุดเท่ากับ42.5 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี และมีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียดินสูงสุดเท่ากับ 92.9 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การทดลองรูปแบบที่2 แปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยวตามแนวระดับ ระยะห่างตามแนวดิ่ง 2 เมตร มีการสูญเสียดินต่ำสุดเท่ากับ5.39 ต่อเฮกแตร์ต่อปี และมีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียดินสูงสุดเท่ากับ 98.3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการทดลองรูปแบบที่3 แปลงที่มีการสูญเสียดินต่ำที่สุดคือ แปลงปลูกแฝกที่มีระยะห่างระหว่างต้น 5 เซนติเมตร เท่ากับ 0.50 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ซึ่งมีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียดินได้สูงสุดด้วยเช่นกัน คือ 99.6 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการสะสมคาร์บอนในดิน พบว่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระดับ 0-15 เซนติเมตร ในแปลงว่างเปล่ามีแนวโน้มลดลงในทุกรูปแบบการทดลอง ส่วนแปลงที่มีการปลูกแฝกมีแนวโน้มของอินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเกือบทุกรูปแบบการทดลอง

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Pattrawoot Sripo 2011: Efficiency of Vetiver in Preventing Soil Loss and Soil Carbon Storage at Vetiver Usage for Forest Development and Campaign Demonstration Center Unit 2, Sukhothai Province. Master of Science (Watershed and Environmental Management), Major Field: Watershed and Environmental Management, Department of Conservation. Thesis Advisor: Assistant Professor Somnimirt Pukngam, Ph.D.
92 pages.

Efficiency of vetiver in soil loss prevention and soil carbon storage at Vetiver Usage for Forest Development and Campaign Demonstration Center Unit 2, Sukhothai province was investigated using 3 experimental designed with different replications and treatments. Experiment 1: on 25-30 percent of slope consisting of four 2x2 m replication plots with bare soil (control), 1 row in the middle and 2 row with 1.5 m vertical interval. Experiment 2: on 10-15 percent of slope was designed as two 4x20 m replication plots as bare soil, 2 m vertical interval and 4 m vertical interval. Experiment 3: on 0-5 percent of slope consistionly of one 2x10 m plot with bare soil, 5, 10, 15, 20 and 25 cm respectively with 4 m vertical interval of all treatments. The investigation was carried out in the rainy season during May-October 2010. The results showed that the maximum soil loss was occurred on bare soil plot in all experimental designs which could be classified as severe and extremely severe soil erosion rate according to the Land Development Department. In experiment 1, the minimum soil loss was in 2 row vetiver plot (42.50 ton/ha/yr) with the maximum efficiency of 92.9 percent. For experiment 2, the minimum soil loss was occurred in the 2 meter vertical interval of vetiver plot at 5.39 ton/ha/yr with the maximum efficiency was 98.3 percent. In experiment 3, the minimum soil loss was found in 5 cm spacing plot (0.50 ton/ha/yr) with the same maximum efficiency (99.6 percent). Regarding soil carbon storage, it was found that soil organic carbon at 0-15 cm on bare soil plot trends to decrease in all experiments. For those vetiver plots, soil organic carbon trends to increase in nearly all methods.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้า ขอกราบขอบพระคุณในความเมตตาของ ผศ.ดร.สมนิมิตร พุกงาม ประธานกรรมการที่ปรึกษา ศ.ดร.นิพนธ์ ตั้งธรรม กรรมการที่ปรึกษาร่วม ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำช่วยเหลือ ตรวจทานแก้ไข และเป็นกำลังใจที่สำคัญตลอดมา จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รศ.ดร.สามัคคี บุณยะวัฒน์ ประธานการสอบ ดร.พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ให้คำแนะนำในการปรับปรุง แก้ไขข้อบกพร่องจากการสอบ เพื่อความถูกต้องและความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณปราบษณ สมใจ หัวหน้าศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 จังหวัดสุโขทัยรวม รวมถึงทุกท่านที่เคยดำรงตำแหน่งหัวหน้าศูนย์สาธิตฯ ตลอดช่วง ระยะเวลาการวิจัย คุณกมล ทากา คุณดวงจันทร์ บุญคุณ เจ้าหน้าที่ศูนย์วิ สาธิต ฯ ที่ได้ช่วยเหลือ ติดต่อ ประสานงาน และอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลภาคสนามตลอดมา ตลอดจนคุณ ประเดิมชัย แสงคู่ วงษ์ ผู้อำนวยการส่วนประสานงานโครงการสาธิตการพัฒนาด้านการอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ คุณพิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์ หัวหน้าฝ่ายแผนงานและโครงการวิจัย ส่วน วิจัยต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนด้านการเรียนการศึกษา รวมทั้งญาติพี่น้อง ครู อาจารย์ เพื่อนๆ ที่คอยให้ความรักความเมตตา ห่วงใย อบรมสั่งสอน และเป็นกำลังใจให้เสมอมาจนทำให้มีวันนี้ คุณค่าแห่งความดี และประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ขอขอบคุณ ลุงมา ลุงสุข พี่อึ่ง พี่เต๋า พี่คอน พี่สิงห์ พี่เอ อาโรจน์ อาริน เพื่อนแอน น้องบูม น้องมิตร น้องบอล น้องส้ม น้องมด น้องต้อม น้องต๋อง และสมาชิกที่ ศูนย์สาธิตฯ ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวชื่อมา สำหรับความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างในแต่ละครั้งจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมถึงความช่วยเหลือด้านอื่นๆ ตลอดระยะเวลาในการวิจัย ขอขอบคุณ เพื่อนๆ และพี่น้อง สาขาวิชาการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อมทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือ หวังดี และคอยเป็นกำลังใจเสมอมา

ภัทราวุธ ศรีโพธิ์

พฤษภาคม 2554

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง

สารบัญตาราง (ต่อ)

สารบัญตาราง (ต่อ)

สารบัญภาพ

สารบัญภาพ (ต่อ)

ประสิทธิภาพของแฝกในการป้องกันการสูญเสียดินและกักเก็บคาร์บอนในดิน บริเวณศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 จังหวัดสุโขทัย

Efficiency of Vetiver in Preventing Soil Loss and Soil Carbon Storage at Vetiver Usage for Forest Development and Campaign Demonstration Center Unit 2, Sukhothai Province

คำนำ

การชะล้างพังทลายของดินนับเป็นปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งที่ประเทศไทยประสบมาตลอดโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนหรือฤดูน้ำหลาก และคาดว่าจะเกิดความรุนแรงเพิ่มขึ้นในอนาคต โดยเฉพาะในพื้นที่ต้นน้ำลำธารที่มีความลาดชันสูง และมีการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างขาดหลักการอนุรักษ์ดินและน้ำ การบุกรุกทำลายป่าเพื่อความต้องการใช้ที่ดินทางการเกษตร ในการเพิ่มผลผลิตเหล่านี้ล้วนมีส่วนในการเพิ่มความรุนแรงของการชะล้างพังทลายทั้งสิ้น การชะล้างพังทลายของดินที่เกิดขึ้นจากการใช้ที่ดินเพื่อกิจกรรมต่างๆ ในปีหนึ่งๆ นั้น ได้ก่อให้เกิดความสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างยิ่ง นับตั้งแต่การสูญเสียหน้าดินและอินทรียวัตถุ ตลอดจนทำให้โครงสร้างของดินเสื่อมโทรมลง การสูญเสียดินทำให้ดินตื้นขาดความอุดมสมบูรณ์ ตะกอนดินที่ถูกพัดพาลงสู่แหล่งน้ำก่อให้เกิดปัญหาคุณภาพน้ำ นอกจากนั้นตะกอนดินที่ถูกชะล้างและถูกพัดพาไปทับถมในแม่น้ำลำธารสายต่างๆ ทำให้ลำน้ำตื้นเขิน น้ำขุ่น ไม่สามารถใช้เก็บกักน้ำได้ตามต้องการ เป็นผลให้ไม่สามารถทำการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความเสียหายจากการชะล้างพังทลายของดินดังกล่าวนี้มีผลต่อเนื่องไปจนถึงเศรษฐกิจของประเทศ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหา มาตรการ ที่เหมาะสมในการลดปัญหาดังกล่าว ซึ่งพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงตระหนักดีว่าการชะล้างพังทลายของดินจากน้ำไหลบ่าหน้าดินเป็นสาเหตุหลักของการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดินและน้ำ และส่งผลให้ผลิตผลทางการเกษตรของประเทศต่ำกว่าที่ควรจะเป็น จึงเป็นปัญหาที่สมควรได้รับการแก้ไขป้องกันโดยเร็ว ด้วยการนำมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมมาใช้ มาตรการหนึ่งที่ได้ทรงแนะนำ ได้แก่ มาตรการแฝก เพราะแฝก (Vetiver) เป็นพืชที่สามารถขึ้นได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทยทั้งในสภาพพื้นที่ลุ่มน้ำขังและที่ดอน (กรมพัฒนาที่ดิน , 2535) แฝกมีระบบรากฝอยแผ่กระจายลงไปในดินเป็นแผงเสมือนกำแพงช่วยกรองตะกอนดินและรักษาหน้าดิน รวมทั้งดูดซับน้ำได้ดี สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงฟื้นฟูปรับปรุง

บำรุงดินและอนุรักษ์สภาพแวดล้อมไปในเวลาเดียวกัน จึงมีการนำมาใช้ในการอนุรักษ์ดินและน้ำ ซึ่งการนำแฝกไปปลูกในพื้นที่เกษตร กรรมอย่างมีระบบตามวัตถุประสงค์ต่างๆ นับว่าเป็นการจัดการดินและรักษาสภาพแวดล้อมที่มีคุณค่าและมีประโยชน์มหาศาล โดยเฉพาะการสงวนความชื้นของดินและลดความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลาดชัน และในปัจจุบันนอกจากปัญหาการชะล้างพังทลายของดินแล้ว การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Global climate change) ที่มีความรุนแรงและความถี่เพิ่มมากขึ้นในแต่ละรอบปี สาเหตุเกิดจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas) โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้นในบรรยากาศสูงสุดเมื่อเทียบกับก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่น อีกทั้งเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming) การกักเก็บคาร์บอน (Carbon storage) ในดินของพื้นที่เกษตรและป่าไม้เป็นแนวทางหนึ่งที่หลายประเทศนำไปใช้เพื่อประโยชน์ในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ และคาร์บอนในดินเป็นส่วนหนึ่งของวัฏจักรคาร์บอน (Carbon cycling) มีส่วนเกี่ยวข้องกับคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศโลก และที่สำคัญยังเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพดี ต้นทุนต่ำ และสามารถดำเนินการได้ทันทีโดยอาศัยการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ของพืช ในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ไปเก็บสะสมไว้ในส่วนของเนื้อเยื่อพืช (ลำต้น ใบ ผล และราก) และเมื่อเศษซากพืชเหล่านี้หลุดร่วงหรือตายลง สารอินทรีย์เหล่านั้นจึงถูกย่อยสลาย และบางส่วนที่ย่อยสลายยาก เช่น สารฮิวมัส คงเก็บสะสมอยู่ในดินต่อไปในรูปของอินทรียวัตถุ (Soil organic matter) คาร์บอนอาจคงอยู่ในดินได้เป็นเวลายาวนาน เป็นร้อยหรือพันปี ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพแวดล้อมและการจัดการดินในพื้นที่ เนื่องจากการปลูกพืชที่เหมาะสมในพื้นที่ที่มีสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินที่ดี มีส่วนช่วยให้การสะสมคาร์บอนและอินทรีย์คาร์บอนในดินของพื้นที่นั้นเพิ่มขึ้น

การศึกษาการสูญเสียดินรวมไปถึงการใช้ประโยชน์ในแง่ของการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินภายหลังการนำแฝกมาประยุกต์ใช้บริเวณศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 จังหวัดสุโขทัย เนื่องมาจาก ป่าต้นน้ำถูกแผ้วถางทำลายเป็นจำนวนมาก มีปัญหาการใช้ที่ดินโดยปราศจากหลักการอนุรักษ์ดินและน้ำ ส่งผลกระทบต่อการชะล้างพังทลายของดิน เกิดน้ำท่วมดินถล่มเพิ่มมากขึ้น และงานวิจัยครั้งนี้ยังเป็นส่วนหนึ่งจากโครงการวิจัยย่อยเรื่องการใช้แฝกเพื่อการฟื้นฟูดินในระบบนิเวศ ของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช เพราะ ปัญหาการชะล้างพังทลายของดินและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกยังคงเป็นปัญหาที่สำคัญ จึงนับได้ว่าเป็นสิ่งสำคัญที่ควรศึกษา ดังนั้นการศึกษาการใช้แฝกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำจึงเป็นการศึกษาเพื่อนำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อมให้มีประสิทธิภาพอย่างยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายของดินในลักษณะแปลงทดลอง บริเวณศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 จังหวัดสุโขทัย

2. เพื่อเปรียบเทียบการสูญเสียดินจากวิธีการปลูกแฝกที่แตกต่างกัน

3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแฝกในการป้องกันการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายของดิน

4. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแฝกต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน

การตรวจเอกสาร

1. การชะล้างพังทลายของดิน

1.1 ความหมายของการชะล้างพังทลายของดิน

ได้มีผู้ให้คำนิยามของการชะล้างพังทลายของดินไว้แตกต่างกันไป ซึ่ง สมเจตน์ (2522) กล่าวว่า กระบวนการเกิดการพังทลายของดินในลักษณะทางกายภาพ (Physical aspect) หมายถึง งานจำนวนหนึ่งซึ่งเกิดจากการที่อนุภาคของดินถูกทำให้แตกกระจายออกจากกันโดยตัวการที่สำคัญ คือฝน และอนุภาคที่ถูกทำให้แตกกระจาย ถูกเคลื่อนย้ายไปจากที่เดิม และไปทับถมในที่ใหม่ โดยมีน้ำไหลบ่าหน้าดินเป็นตัวการสำคัญ เกษม (2525) ให้ความหมายว่า เป็นกระบวนการทำลายและเคลื่อนย้ายวัตถุที่เป็นดิน กรวดหิน และทราย จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งด้วยการกระทำของน้ำ ลม และแรงโน้มถ่วงของโลก นิพนธ์ (2545) ยังกล่าว ไว้อีก ว่า การชะล้างพังทลายของดินเป็นกระบวนการที่เกิดจากการที่มีแรง ซึ่งอาจเกิดจากลม น้ำ หรือแรงโน้มถ่วงของโลก มากระทำให้วัตถุธาตุ หรือสารแตกแยกออกจากกัน แล้วเคลื่อนย้ายอนุภาคของดินหรือสารหรือวัตถุธาตุดังกล่าวไปตกตะกอนทับถมอีกที่หนึ่ง

เกษม (2539) กล่าวว่า กระบวนการชะล้างพังทลายของดินแบ่งออกได้ 3 กระบวนการ คือ

1) การแตกกระจาย (Detachment) เป็นขั้นแรกของกระบวนการพังทลายที่ทำให้เม็ดดินแตกเป็นอนุภาคขนาดเล็ก (Small particles) และเม็ดดินขนาดเล็กเหล่านี้หลุดกระจายไป ซึ่งอาจหลุดจากดินเดิมแล้วกระเด็นออกไปที่อื่นหรืออยู่ใกล้บริเวณที่แตกกระจาย แต่การที่ดินจะแตกกระจายได้มากหรือน้อย ไกลหรือใกล้เพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการ นั่นคือ แรงที่กระทำต่อเม็ดดิน (Raindrop impact) และความสามารถในการแตกกระจาย (Detachability)

2) การเคลื่อนย้าย (Transportation) เป็นกระบวนการที่สองของกระบวนการชะล้างพังทลายของดิน สืบเนื่องจากกระบวนการแรก กล่าวคือ เมื่อเม็ดดินแตกกระจายและอาจมีการอุดรูพรุนของดิน ทำให้กระบวนการซึมน้ำผ่านผิวดินลดลง มีผลทำให้มีน้ำไหลบ่าหน้าดิน น้ำส่วนนี้

ไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ อัตราการไหลจะรุนแรงมากน้อยเพียงไร ขึ้นอยู่กับความลาดชันและระยะทางของความลาดชัน

3) การทับถม (Deposition) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการชะล้างพังทลายของดิน กล่าวคือ เป็นกระบวนการที่อนุภาคดินตกตะกอนนอนก้นตามแอ่งน้ำ หรือลำธาร สาเหตุอันสำคัญ คือ อัตราความเร็วของกระแสน้ำลดลงและหยุดนิ่ง ทำให้อนุภาคขนาดใหญ่ตกตะกอนด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity) ส่วนอนุภาคขนาดเล็กเกาะตัวกันเองด้วยแรงประจุ เมื่อมีขนาดใหญ่ที่ทำให้แรงโน้มถ่วงของโลกมีอิทธิพลดึงดูดลงมาได้ เป็นผลให้ตกตะกอนอีกต่อหนึ่ง หรืออาจตกตะกอนโดยตรงด้วยอนุภาคของดินเอง แต่ต้องใช้เวลานาน โดยที่ตะกอนอนุภาคขนาดเล็กใช้เวลาตกตะกอนนานกว่าตะกอนขนาดใหญ่

การพิจารณาสาเหตุที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินส่วนใหญ่พิจารณาจากสาเหตุสองลักษณะคือ การชะล้างพังทลายของดินตามธรรมชาติซึ่งเกิดจากการกระทำของน้ำ ลม แรงดึงดูดของโลก และการชะล้างพังทลายของดินที่มีตัวเร่งหรือจากการที่มนุษย์เข้ามามีส่วนร่วม (Satterlund, 1972) โดยปกติการชะล้างพังทลายของดินตามธรรมชาติเกิดขึ้นอยู่เสมอและหลีกเลี่ยงไม่ได้ แต่เป็นการเกิดขึ้นที่ไม่รุนแรงซึ่งเป็นสภาพการปรับดุลของธรรมชาติเป็นกระบวนการของการปรับระดับของผิวโลก ส่วนการชะล้างพังทลายของดินที่มีมนุษย์เป็นตัวเร่งนั้นมีบทบาทอย่างสำคัญที่เสริมความรุนแรงให้กับธรรมชาติ ตามสภาพที่ถูกเปลี่ยนแปลงไปในพื้นที่และตามวิธีการเพาะปลูกของมนุษย์ในท้องที่นั้น (นิพนธ์, 2545) ซึ่งความเสียหายเริ่มตามมาและเพิ่มพูนมากขึ้นหากปราศจากมาตรการควบคุมการพังทลายของดินที่ถูกต้อง ตามหลักการอนุรักษ์ดินและน้ำ

สมเจตน์ (2522) กล่าวว่า ตัวการที่ทำให้เกิดการพังทลายของดินที่สำคัญ ได้แก่ น้ำ และลมจึงสามารถแบ่งการพังทลายของดินตามตัวการที่ก่อให้เกิดการพังทลายเป็นดังนี้ การเกิดการพังทลายของดินโดยมีน้ำเป็นตัวการ (Soil erosion by water) และการเกิดการพังทลายของดินโดยมีลมเป็นตัวการ (Soil erosion by wind) ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตอากาศร้อนและชุ่มชื้น อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 40 องศาเหนือและใต้ ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดการพังทลายโดยน้ำเป็นตัวการและเกิดอย่างรุนแรง นอกจากนี้ นิพนธ์ (2545) ยังกล่าวอีกว่า ปริมาณฝนโดยเฉลี่ยของประเทศไทยมีมากกว่า 1,000 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งลักษณะภูมิอากาศเช่นนี้ทำให้เกิดการพังทลายของดินสูงหากพืชพรรณที่ขึ้นปกคลุมตามธรรมชาติถูกทำลายไป ดังนั้นน้ำจึงเป็นตัวการสำคัญที่สุดที่ทำให้เกิดการพังทลายของดินในประเทศไทย

เกษม และนิพนธ์ (2525) ได้กล่าวไว้ว่า กระบวนการชะล้างพังทลายของดินโดยพลังน้ำ เริ่มจากการแตกแยกของดินจากเม็ดฝนที่ตกกระทบดินทางด้านแนวตั้ง ซึ่งทำให้ดินหลวมตัวแล้วแตกแยกออกจากกัน ต่อมาเมื่อปริมาณฝนตกมากขึ้นได้รวมตัวกันเป็นน้ำไหลบ่าไปบนผิวหน้าดิน ซึ่งเกิดในลักษณะวกวนทำให้อนุภาคดินแตกกระจายออกจากกันมากยิ่งขึ้น ขณะเดียวกันอนุภาคดินที่แตกกระจายจะถูกทำให้เคลื่อนที่ไปในแนวราบ หรือไปตามความลาดชันของพื้นที่ โดยอาจเคลื่อนที่ไปในลักษณะต่าง ๆ กัน เช่น กระเด็น กลิ้ง เลื่อน หรือถูกพัดพาไปในสภาพแขวนลอยกับน้ำที่ไหลบ่าไปบนผิวดิน เป็นต้น

Meyer *et al.* (1975) ได้แบ่ง กระบวนการชะล้างพังทลายของดินโดย พลังน้ำไว้ 4 กระบวนการย่อย ได้แก่

1) กระบวนการที่อนุภาคของดินถูกทำให้แตกกระจายออกจากกัน โดยการกระทำของพลังงานจากเม็ดฝนที่ตกลงมา

2) กระบวนการที่ทำให้อนุภาคของดินถูกทำให้แตกกระจาย โดยการกระทำของน้ำที่ไหลบ่าตามผิวหน้าดิน

3) กระบวนการขนย้ายอนุภาคของดินโดยการกระทำของเม็ดฝนที่ตกลงมา

4) กระบวนการขนย้ายอนุภาคของดิน โดยการกระทำของน้ำที่ไหลบ่าหน้าดิน

1.2 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินโดยน้ำ

เกษม (2525) กล่าวไว้ว่า การชะล้างพังทลายของดิน จะมีความรุนแรงมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยพื้นฐานที่มีผลต่อการชะล้างพังทลายของดิน ประกอบด้วยปัจจัยเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศ ลักษณะดิน ลักษณะพืชพรรณ และกิจกรรมของมนุษย์ นอกจากนี้ Baver (1965) ยังกล่าวอีกว่า จากปัจจัยดังกล่าว ปัจจัยที่เกี่ยวกับลักษณะพืชพรรณ และปัจจัยมนุษย์หรือการจัดการพื้นที่ เป็นปัจจัยที่สามารถจัดการหรือควบคุมได้เพราะเป็นปัจจัยที่ผันแปรอยู่ตลอดเวลา ส่วนปัจจัยอื่นๆ นั้นเป็นปัจจัยที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือเป็นปัจจัยที่คงที่ จึงยากที่จะ

ควบคุมหรือจัดการ โดยที่แต่ละปัจจัยมีความสำคัญมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับสภาพของแต่ละพื้นที่และเหตุการณ์ธรรมชาติ หรือที่มนุษย์ทำให้เกิดขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1.2.1 ปัจจัยเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศ

จากการศึกษาของ Wischmeier and Smith (1958) พบว่า ปริมาณดินที่สูญเสียมีความสัมพันธ์กับพลังงานจลน์ของฝนที่มีอัตราความหนักเบาสูงสุดในช่วงเวลา 30 นาที มากที่สุด พลังงานจลน์ที่นำมาพิจารณานี้เกิดจากส่วนความเร็วของเม็ดฝนและปริมาณฝนที่ตก คือถ้าความหนักเบาสูงสุดของฝนที่ตกภายใน 30 นาที มีค่าน้อยแล้ว อัตราการชะล้างพังทลายของดินมีค่าเกือบเป็นศูนย์ Hudson (1971) ได้ศึกษาในเขตร้อนที่มีฝนตกชุกในทวีปแอฟริกา พบว่าการที่ฝนตกด้วยความหนักเบาไม่เท่ากันในแต่ละครั้งนั้น ในช่วงระยะที่ฝนตกด้วยความหนักเบาน้อย ๆ ไม่มีผลต่อการสูญเสียดิน ความหนักเบาของฝนที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียดินนั้นจะมีความหนักเบาสูงกว่า 1 นิ้วต่อชั่วโมง จากการศึกษาของ Lal (1976) พบว่า สำหรับฝนที่ตกหนักแล้วหยุดทันใดนั้นค่าการสูญเสียดินจะมีความสัมพันธ์กับผลคูณของปริมาณฝนแต่ละครั้งกับความหนักเบาสูงสุดของฝนที่ตกในครั้งนั้นๆ ซึ่ง นิวัติ (2514) พบว่าปริมาณฝนที่ตกตั้งแต่ 10 มิลลิเมตร ความหนักเบา 20 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง และตกนาน 60 นาที จะมีการสูญเสียดินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ นิพนธ์ (2526) ได้กล่าวว่า ตัวการสำคัญที่สุด ที่เกี่ยวข้องกับ ปัจจัย ของ สภาพภูมิอากาศคือ ฝน ซึ่งความสามารถในการกัดกร่อน และระดับความรุนแรงของการเกิดนั้นจะมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดฝน การกระจายของฝน และความเร็วของเม็ดฝนที่ตก รวมทั้งมวลของเม็ดฝน และพลังงานจลน์ที่เกิดจากแรงตกกระทบของเม็ดฝน และยังให้ข้อคิดเห็นอีกว่า การชะล้างพังทลายของดินโดยพลังน้ำเกิดขึ้นได้มากที่สุดในบริเวณที่มีปริมาณฝนตกปานกลาง ซึ่งพืชพรรณไม่หนาแน่นมากนัก ทั้งนี้เพราะเมื่อมีฝนตกมากกว่า 1,000 มิลลิเมตรต่อปีขึ้นไป จะทำให้พืชพรรณและป่าไม้ขึ้นหนาแน่นมาก และปกคลุมดินได้เป็นอย่างดีสำหรับในประเทศไทย ซึ่ง วีระชาติ (2528) ได้ศึกษาการสูญเสียดินจากความสัมพันธ์กับผลคูณของพลังงานที่เกิดจากความหนักเบาของฝนทั้งหมดในแต่ละครั้ง กับความหนักเบาสูงสุดของฝนที่ตกภายใน 30 นาที มีความสัมพันธ์กับการสูญเสียดินค่อนข้างสูง และค่าที่ได้นำมาเปรียบเทียบกับค่าพลังงานจลน์ที่คิดโดยวิธีของ Hudson (1971) พบว่าค่าที่ได้ใกล้เคียงกัน

จากการตรวจเอกสารและรวบรวมข้อมูลของ เกษม และนิพนธ์ (2525) เกี่ยวกับค่าพลังงานของเม็ดฝนที่ตกลงมากระทบผิวดินพบว่า ขณะที่ฝนตกลงมาในพื้นที่ 1 เอเคอร์ ด้วยความรุนแรง 0.1 นิ้วต่อชั่วโมง มีกำลังถึง 100 แรงม้า ซึ่งกรณีดังกล่าวแรงตกกระทบของเม็ดฝนมีอำนาจในการพังทลายเป็น 1,000 เท่าของพลังงานที่เกิดจากน้ำไหลบ่าหน้าดิน ไม่ว่าจะมีลักษณะภูมิประเทศแบบใดก็ตาม และ Kinnell (1991) ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของความลึกของน้ำไหลบ่าหน้าดินและการตกกระทบโดยเม็ดฝนกับการสูญเสียดิน โดยทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่ามีความสัมพันธ์เป็นสมการการถดถอยแบบเส้นตรง ดังนี้

$$T_{RD} = a(1-bh) \qquad (1)$$

เมื่อ T_{RD} คือ ปริมาณตะกอนที่ถูกพัดพา (กรัมต่อเมตรต่อวินาที)

h คือ ความลึกของน้ำไหลบ่า (มิลลิเมตร)

a คือ ค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของดินและอิทธิพลความหนักเบาของฝน

b คือ ค่าคงที่ซึ่งขึ้นกับอิทธิพลความหนักเบาของฝน

1.2.2 ปัจจัยเกี่ยวกับสภาพภูมิประเทศ

สภาพภูมิประเทศ ได้แก่ ความลาดชัน ความยาว และรูปร่างของความลาดชัน นับว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่บอกได้ว่าการชะล้างพังทลายของดินเกิดได้มากหรือน้อย Zingg (1940) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับความชันของความลาดเทที่มีผลต่อการสูญเสียดิน พบว่าเมื่อความยาวและความชันของความลาดเทเพิ่มขึ้น การสูญเสียดินจะเพิ่มขึ้น Wischmeier and Smith (1965) พบว่าปริมาณการสูญเสียดินแปรผันโดยตรงกับความลาดชัน และความยาวของความลาดชัน ดังสมการแสดงความสัมพันธ์ ดังนี้

$$A = (\lambda)^{0.5}(0.43 + 0.30S + 0.043S^2) \qquad (2)$$

เมื่อ A คือ ปริมาณการสูญเสียดินต่อหน่วยพื้นที่

λ คือ ความยาวของความลาดชัน

S คือ ความลาดชันของพื้นที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์

เกษม และคณะ (2519) พบว่า สาเหตุสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียดินและน้ำ คือ ความลาดชันของพื้นที่ ถ้าความลาดชันมากจะทำให้ปริมาณการสูญเสียดินและน้ำมากไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ สมยศ (2521) ที่กล่าวว่า พื้นที่ที่มีความลาดชันสูง และระยะทางยาว การชะล้างพังทลายของดินย่อมเกิดได้มากขึ้น เนื่องจากความลาดชันมีอิทธิพลต่อความสามารถในการเคลื่อนย้ายน้ำที่ไหลบ่าหน้าดิน ซึ่งเกิดจากการที่อัตราความหนักเบาของฝนมากกว่าอัตราการซึมน้ำได้ของดิน หรือดินที่อิ่มตัวไปด้วยน้ำ ฉะนั้นในพื้นที่ที่มีความลาดชันมากขึ้น การเคลื่อนย้ายและพัดพาตะกอนจะเพิ่มเป็นทวีคูณ นอกจากนี้ นิพนธ์ (2526) ยังกล่าวอีกว่า ในพื้นที่หนึ่ง ๆ อาจมีความลาดเทแบบตรงเรียบ ลาดนูนขึ้น หรือเว้าลงก็ได้ ซึ่งในแต่ละรูปแบบมีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดินแตกต่างกันไป กล่าวคือ ในพื้นที่ที่มีความลาดเทแบบโค้งขึ้นนั้น ความลาดเอียงมีมากตอนใกล้จุดต่ำสุดของพื้นที่ ทำให้อัตราเร็วของน้ำไหลบ่าหน้าดินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เกิดการชะล้างพังทลายของดินได้มากกว่าแบบอื่นๆ ขณะที่พื้นที่ที่มีความลาดเทแบบเว้านั้น ความลาดเอียงลดน้อยลงตอนบริเวณใกล้จุดสิ้นสุดของพื้นที่ซึ่งมักทำให้เกิดการตกตะกอนในบริเวณดังกล่าวนี้มากกว่าที่เกิดการชะล้างพังทลายต่อไป ทั้งนี้เพราะอัตราการไหลบ่าของน้ำถูกทำให้ลดลงไปอย่างรวดเร็วนั่นเอง

1.2.3 ปัจจัยเกี่ยวกับพืชพรรณ

พืชพรรณมีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดินโดยลดแรงตกกระทบของเม็ดฝน ลดความรุนแรงของน้ำไหลบ่าหน้าดิน เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดินจากการที่รากชอนไชลงดิน เพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน ทำให้ดินมีโครงสร้างดี และลดปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน ทั้งนี้เนื่องจากผลของน้ำพืชยึด (Interception) การแทรกซึมน้ำ (Infiltration) และการคายระเหยน้ำของพืช (Evapotranspiration) ซึ่งนิพนธ์ (2526) กล่าวว่า พืชและสิ่งปกคลุมดินมีบทบาทต่อการชะล้างพังทลายของดินมากเนื่องจากช่วยลดแรงตกกระทบของเม็ดฝนที่กัดชะหน้าดิน โดยช่วยยึดน้ำฝนไว้ส่วนหนึ่ง ช่วยลดความเร็วของน้ำไหลบ่าหน้าดิน เพิ่มสมรรถนะการซึมน้ำผ่านผิวดิน และเก็บกักน้ำตลอดจนมีการคายระเหยสูง

Molchanov (1963) รายงานว่าความสามารถในการควบคุมการพังทลายของดินโดยพืชพรรณหรือป่าไม้ มีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพการปกคลุม หรือความหนาแน่นของเรือนยอดต้นไม้ ซึ่ง อัตราการพังทลายของดินในป่าที่มีการปกคลุมเรือนยอดต้นไม้แตกต่างกัน พบว่าในป่าที่มีการปกคลุม 60-70 เปอร์เซ็นต์ เกิดการสูญเสียดิน 5.3 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ ป่าที่มีการปกคลุม

20-30 เปอร์เซ็นต์ เกิดการสูญเสียดิน 15.1 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ และในพื้นที่ที่ตัดป่าออกหมดเกิดการสูญเสียดิน 32.1 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ Wooldridge (1964) กล่าวว่า สภาพของพืชพรรณและสิ่งปกคลุมดินที่เกี่ยวข้องกับการชะล้างพังทลายของดิน คือ ความหนาแน่น และลักษณะที่ปกคลุมติดต่อกันให้เพียงพอที่จะลดแรงปะทะจากเม็ดฝน หน่วงให้น้ำไหลบ่าหน้าดินช้าลง แต่ทั้งนี้อิทธิพลดังกล่าวแปรผันไปตามฤดูกาล ลักษณะและวิธีการจัดการ การเจริญเติบโต ลักษณะทางกายภาพ สภาพภูมิประเทศ ความหนาแน่นของสังคมพืช และปริมาณฝนที่ตกในขณะนั้น สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Baver (1965) ที่ว่า ปัจจัยเกี่ยวกับพืชพรรณเป็นปัจจัยที่สำคัญในการป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน เนื่องจากช่วยลดความรุนแรงจากพลังงานจลน์ของฝนและลดความเร็วของน้ำไหลบ่าหน้าดิน ในขณะเดียวกันยังเพิ่มสมบัติในการซึมน้ำของดินอีกด้วย

Wischmeier (1975) ได้จำแนกอิทธิพลของพืชพรรณออกเป็น 3 ส่วน คือ อิทธิพลจากส่วนของเรือนยอด อิทธิพลจากพืชพรรณชั้นล่างหรือสิ่งคลุมดิน และอิทธิพลของเศษซากพืชที่เหลือจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน หรือจากการเพาะปลูก ซึ่งผลรวมของอิทธิพลต่าง ๆ นี้เรียกว่า ค่าดัชนีการจัดการพืชคลุมดิน (Crop management factor) หรือ C-factor ในสมการสูญเสียดินสากล ซึ่งค่าที่ถูกต้องนั้นต้องได้จากการทดลองตามธรรมชาติ ซึ่งปล่อยให้พืชพรรณเจริญเติบโตไปตามขั้นตอน และพฤติการณ์ตามธรรมชาติของฝนที่ตก ตลอดจนกรรมวิธีในการปลูกพืชแต่ละแห่ง ซึ่งใช้สำหรับประเมินค่าการสูญเสียดินจากพื้นที่

สำหรับประเทศไทย นิวัติ (2514) ได้ศึกษาอิทธิพลของความหนาแน่นของเรือนยอดบริเวณป่าดิบเขาดอยปุย จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าการสูญเสียดินและน้ำ มีความสัมพันธ์เป็นปฏิภาคกลับกันกล่าวคือ การสูญเสียดินและน้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อความหนาแน่นของเรือนยอดต่ำกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ แต่หากว่าความหนาแน่นของเรือนยอดเท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์ หรือมากกว่า อัตราการสูญเสียดินและน้ำจะมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Hamilton and King (1983) ที่สรุปว่า การป้องกันการชะล้างพังทลายของดินที่ดีที่สุดนั้น ดินควรมีการปกคลุมของเรือนยอดของพืชพรรณตลอดเวลา

1.2.4 ปัจจัยเกี่ยวกับสมบัติของดิน

การเกิดการชะล้างพังทลายของดินจะมากน้อยนั้นขึ้นอยู่กับดินที่สามารถดูดซับน้ำไว้หรือยอมให้น้ำไหลซึมลงสู่ดินล่างอย่างรวดเร็ว โอกาสที่จะเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินมากน้อย

ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ด้วยลักษณะของดินที่นำมาพิจารณานั้น ได้แก่ สมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของดิน ได้แก่ เนื้อดิน ความสามารถในการซาบซึมน้ำของดิน โครงสร้างของดิน และปริมาณอินทรย์วัตถุในดิน (Baver, 1933; Osborn, 1955 and Hudson, 1971) ดังนั้นพื้นที่ที่ดินมีอัตราการซาบซึมน้ำต่ำ ผนวกกับมีความลาดชัน ย่อมมีการเกิดการชะล้างพังทลายของดินสูง แต่ทั้งนี้ย่อมขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ ด้วยเช่นกัน Hudson (1971) กล่าวว่า สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินโดยทั่วไปมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะของเนื้อดิน โครงสร้างของดิน การยอมให้น้ำซึมผ่าน ความหนาแน่นของดิน และปริมาณอินทรียวัตถุในดิน เหล่านี้เป็นตัวกำหนดความทนทานของดินต่อการถูกชะล้างพังทลายที่แตกต่างกันแม้ว่าปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความหนักเบาของฝน ปริมาณฝนและน้ำไหลบ่าหน้าดินที่มีอัตราและปริมาณเดียวกัน อยู่บนความลาดชันและสภาพการปกคลุมดินใกล้เคียงกัน แต่มีความยากง่ายในการพังทลายของดินแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับ ประสิทธิ์ (2525) กล่าวไว้ว่าดินที่มีโครงสร้างเป็นแบบแผ่น (Platy) หรือแบบสี่เหลี่ยม (Blocky) จะถูกกัดชะได้มากกว่าดินเนื้อหยาบ นอกจากนี้ สมยศ (2529) ได้กล่าวว่า อัตราการชะล้างพังทลายของดินขึ้นกับชนิดของดิน โดยดินทรายหรือดินร่วนย่อมมีการชะล้างพังทลายของดินได้ง่ายกว่าดินเหนียว หรือดินที่มีโครงสร้างเกาะตัวกันอย่างหลวมๆ หรือดินที่ไม่มีอินทรียวัตถุอยู่เลยจะเกิดการชะล้างพังทลายได้ง่ายและมากกว่าดินที่เกาะตัวแน่นและมีอินทรียวัตถุสูง เป็นต้น แต่ดินเหนียวง่ายต่อการถูกพัดพามากกว่าดินทราย นอกจากนี้ Wischmeier *et al*. (1971) ได้พยายามประเมินค่าความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดินอันประกอบด้วย เปอร์เซ็นต์ผลบวกของทรายแป้ง (Silt) และทรายละเอียดมาก (Very fine sand) เปอร์เซ็นต์ทราย (Sand) เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุ (Organic matter) โครงสร้างของดิน และอัตราการซึมซาบน้ำของดิน (Permeability) สร้างเป็นกราฟความสัมพันธ์ขึ้นมาเรียกว่า Nomograph เพื่อใช้ในการหาค่า K-factor ในสมการสูญเสียดินสากล

1.2.5 ปัจจัยเกี่ยวกับกิจกรรมของมนุษย์

กิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ที่เข้าไปยุ่งเกี่ยวกับการจัดการพื้นที่ในรูปแบบต่างๆ เช่น การแผ้วถางป่า การทำถนน การกสิกรรม และการก่อสร้าง เป็นต้น เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากต่อการชะล้างพังทลายของดิน ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมต่างๆ เหล่านี้ส่งเสริมให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินมากขึ้นโดยไปทำการเปลี่ยนแปลงสภาพพืชคลุมดินและสิ่งปกคลุมดิน และยังเป็นการทำลายสภาพดินอีกด้วย การจัดการพื้นที่ เป็นปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งในการป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การไถพรวนตามความลาดชัน การทำขั้นบันได การขุดคูดักน้ำ หรือการปลูกพืชตามแนวระดับ ซึ่งมีลักษณะในการดำเนินงานแตกต่างกัน

และมีอิทธิพลต่อการลดพลังงานของฝน พลังงานของน้ำไหลบ่าหน้าดินแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับโครงร่างและรูปแบบที่จัดการพื้นที่ เช่นพื้นที่ที่ทำการไถพรวนตามความลาดชัน จะมีโอกาสสูญเสียดินจากการกระเด็นและความรุนแรงของพลังงานน้ำไหลบ่าหน้าดินมากกว่าการจัดการพื้นที่ที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ

จากรายงานของ Watnaprateep (1977) พบว่า กระบวนการชะล้างพังทลายของดินปรากฏมากในช่วงเพาะปลูก หลังจากการแผ้วถางและเผา ผิวหน้าดินว่างเปล่าและพร้อมที่จะถูกกัดชะโดยพลังงานของฝนที่ตกกระทบในระหว่างการเพาะปลูก เรือนยอดของพืชพรรณสามารถป้องกันผิวหน้าดินและลดการชะล้างพังทลายของดินได้ แต่จะมีประสิทธิภาพไม่มากเท่าสภาพการปกคลุมโดยป่าตามธรรมชาติ ทั้งยังจะเกิดได้ง่ายมากในบริเวณที่มีความลาดชันสูง

1.3 การประเมินค่าการชะล้างพังทลายของดิน

กรมพัฒนาที่ดิน (2530) ได้เสนอวิธีการประเมินการชะล้างพังทลายของดินไว้ดังนี้

1.3.1 การประเมินจากชนิดของวัตถุต้นกำเนิดดิน (Parent materials) ดิที่มีวัตถุต้นกำเนิดจากหินปูน (Lime stone) จะมีความทนทานต่อการชะล้างพังทลายของดินสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ หินดินดาน (Shale) หินแกรไนต์ (Granite) และหินควอทไซต์ (Quartzite) การประเมินด้วยวิธีนี้จำเป็นต้องมีการคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ อีกด้วย เช่น ความลาดชัน พืชพันธุ์ การใช้ประโยชน์ที่ดิน

1.3.2 การประเมินจากสภาพภูมิประเทศและพืชพันธุ์ที่ขึ้นอยู่ การประเมินด้วยวิธีนี้เป็นการประเมินอย่างคร่าวๆ ในสนามจากสภาพพื้นที่เป็นภูเขาซึ่งมีความลาดชันในระดับต่างกัน ส่วนพืชพันธุ์ที่ปลูกหรือขึ้นอยู่นั้น ถ้าเป็นพวกมันสำปะหลัง อ้อย จะมีการชะล้างพังทลายสูงกว่าพวกผลไม้ และข้าว เป็นต้น

1.3.3 การประเมินจาการสูญเสียหน้าดิน การประเมินวิธีนี้เป็นการประเมินจากลักษณะของดินในสนามหลังจากที่หน้าดินถูกชะล้างไปแล้ว โดยยึดความหมายของชั้นดินบนเป็นหลัก

1.3.4 การประเมินความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดินซึ่ง Bannett and Chapline (1928) ได้ศึกษาอัตร าส่วนระหว่าง Silica dioxide (SiO_2) กับ Sesquidioxide (R_2O_2) และต่อมา

Middleton (1930) ได้ศึกษาสมบัติต่างๆ ของดินที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดิน และได้พยายามสร้างดัชนีความยากง่ายของดินเกี่ยวกับการชะล้างพังทลายซึ่งเป็นหลักเกณฑ์ในการคำนวณเรียกว่า “Dispersion ratio” ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนระหว่างปริมาณทรายแป้ง (Silt) และดินเหนียว (Clay) ในสภาพที่ไม่แตกกระจาย (Undispersed state) ถ้าค่านี้มากกว่า 10 ก็แสดงว่าดินนั้นมีการชะล้างพังทลายง่าย

1.3.5 การประเมินจาก สมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation; USLE) การศึกษาการชะล้างพังทลายของดิน ได้มีการศึกษามาเป็นเวลานานโดยมีวิธีการประเมินค่าการชะล้างพังทลายของดินแบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการประเมินค่า โดยใช้ ดัชนีน้ำฝน อิทธิพลของความลาดชัน และการใช้แบบจำลองเพื่อประเมินอัตราการชะล้างพังทลายของดิน ซึ่งการศึกษาเพื่อประเมินค่าอัตราการสูญเสียดิน ด้วยวิธีการต่างๆ มีการนำมาใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ทำให้เป็นที่มาของสมการ ที่เรียกว่า สมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation; USLE) โดยสมการการสูญเสียดินสากลได้พัฒนามาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1961 โดยกรมการเกษตรประเทศสหรัฐอเมริกา (U.S. Department of Agriculture; USDA) และ Wischmeier and Smith (1978) ได้ปรับปรุงแก้ไขใหม่โดยมีรูปแบบของสมการ ดังต่อไปนี้

$$A = RKLSCP \qquad (3)$$

เมื่อ A คือ ปริมาณดินที่สูญเสียที่คำนวณได้ต่อหน่วยเนื้อที่

R คือ Rainfall factor เป็นค่าดัชนีของการชะล้างพังทลายดินของฝนในปีที่มีฝนตกระดับปกติ (Normal year's rain)

K คือ ค่าความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดิน เป็นอัตราการสูญเสียดินต่อหนึ่งหน่วยของดัชนีการชะล้างพังทลาย (Erosion index) สำหรับดินชนิดใดชนิดหนึ่ง ในลักษณะของหน้าดินที่ทำเป็นร่องไถพรวนขึ้น-ลงติดต่อกันยาว 72.6 ฟุต (22.13 เมตร) บนพื้นที่ความลาดชัน 9 เปอร์เซ็นต์

L คือ ค่าอิทธิพลของความยาวของความลาดชันที่มีต่อการชะล้างพังทลายของดิน (Slope length factor) เป็นค่าได้จากอัตราส่วนการสูญเสียดิน จากความยาวของความลาดชันช่วงใดช่วงหนึ่งกับความยาวมาตรฐาน (72.6 ฟุต หรือ 22.13 เมตร) ซึ่งอยู่บนแนวความลาดเทอันเดียวกัน

S คือ ค่าอิทธิพลของความลาดชัน (Slope gradient factor) เป็นอัตราส่วนของการสูญเสียดินจากความลาดชันระดับใดระดับหนึ่งต่อความลาดชันมาตรฐาน (9 เปอร์เซ็นต์)

C คือ ค่าอิทธิพลของพืชหรือสิ่งปกคลุมดิน (Cropping management factor) เป็นอัตราส่วนของการสูญเสียดินระหว่างพื้นที่ที่มีพืชชนิดใดชนิดหนึ่งปกคลุมอยู่ กับการสูญเสียดินจากบริเวณไถพรวนที่ปราศจากพืชคลุมดิน ซึ่งใช้ในการหาค่าความคงทนของดิน

P คือ ค่าอิทธิพลของมาตรการที่ใช้ในการควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน (Erosion control factor) เป็นค่าอัตราส่วนของการสูญเสียดินจากพื้นที่ที่มีวิธีการอนุรักษ์ดินแบบต่างๆ เช่น การไถพรวนตามแนวระดับ (Contouring)

1.4 หลักการควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน

การพังทลายของดินตามธรรมชาติเกิดขึ้นเสมอ แม้แต่ในป่าสมบูรณตามธรรมชาติ ดังนั้นไม่มีมาตรการควบคุมการชะล้างพังทลายดินใด ที่สามารถหยุดการเกิดการพังทลายของดินได้ แต่การควบคุมการพังทลายของดินเป็นเพียงการลดปริมาณลงเท่านั้น เมื่อศึกษากระบวนการเกิดการชะล้างพังทลายของดินอย่างละเอียด ตั้งแต่ขั้นแรก การแตกกระจาย การเคลื่อนย้าย และการตกตะกอน ทำให้ทราบว่าการใช้มาตรการควบคุมแต่ละประเภท มีผลต่อการลดหรือควบคุมกระบวนการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน โดยหลักในการควบคุมและป้องกันการเกิดการชะล้างพังทลายของดินในแต่ละกระบวนการ เกษม (2539) ได้อธิบายไว้ดังนี้

1.4.1 การแตกกระจาย เป็นกระบวนการแรกที่เกิดจาการที่ดินถูกทำลายให้แตกแยกออกจากกันด้วยน้ำ ลม หรือแรงโนมถ่วงของโลก การที่จะป้องกันให้มีการแตกกระจายลดลงหรือ

แทบไม่ให้มีเลย โดยการป้องกันไม่ให้เม็ดฝนตกลงสู่ดินโดยตรง ทำได้โดยให้มีหรือการปลูกพืชคลุมดินหรือหาสิ่งปกคลุมผิวหน้าดิน เห็นได้ว่าลักษณะของการควบคุมการเกิดในกระบวนการแรกนี้ เป็นเรื่องของการกระทำที่อยู่เหนือผิวดิน ซึ่งทำอย่างไรก็ได้ แต่ต้องเป็นการปกปิดผิวหน้าดินเพื่อมิให้แรงกระทบของเม็ดฝนตกลงผิวดินโดยตรง

1.4.2 การเคลื่อนย้าย เป็นกระบวนการที่สอง คือ การเคลื่อนย้ายน้ำไปตามผิวหน้าดิน หลังจากที่เม็ดดินขนาดเล็กที่กระจายออกไปจากที่เดิม ด้วยแรงการทำลายของเม็ดฝน แต่การเคลื่อนย้ายเม็ดดินขนาดเล็กด้วยน้ำไหลบ่าหน้าดิน มีผลทำให้ผิวดินที่น้ำไหลผ่านไปสูญหายไปด้วย อีกทั้งขนาดอนุภาคของดินที่ถูกพัดพาให้ดินเคลื่อนที่ไปจะแปรเปลี่ยนเป็นกำลัง 6 ของความเร็วของกระแสน้ำ และน้ำหนักของอนุภาคดินที่ถูกพัดพาไป จะแปรเปลี่ยนเป็นกำลัง 5 ของความเร็วของกระแสน้ำ (นิวัติ, 2547) ดังนั้นหากสามารถลดความเร็วของกระแสน้ำลงก็สามารถควบคุมปริมาณตะกอนให้ลดลงได้ด้วย

หลักการและวิธีป้องกันก็คือ ต้องลดปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน กล่าวคือ หาทางให้น้ำฝนมีโอกาสซึมสู่ดินชั้นล่างให้มากที่สุด วิธีการเช่นนี้มักทำโดยการลดระดับ และระยะทางความลาดชัน (Slope length) ให้สั้นลง หรืออาจชะลอความเร็วของน้ำไหลบ่าหน้าดินให้ช้าลง เช่น การสร้างเครื่องกีดขวาง (Water bar) ปลูกต้นไม้เป็นแนว (Strip cropping) เพื่อเป็นเครื่องกีดขวางที่จะให้ทั้ง ใบ กิ่ง ดอก ผล ซึ่งแปรสภาพเป็นอินทรียวัตถุช่วยให้ดินร่วนซุยด้วย หรืออาจไถพรวนเพื่อให้น้ำซึมลงในดินมากขึ้นเช่นเดียวกับวิธีการให้อินทรียวัตถุแก่ดิน พอสรุปได้ว่า วิธีการป้องกันที่ควรทำต่อการเคลื่อนย้ายน้ำตามผิวดิน ต้องสามารถชะลอความเร็วให้น้อยที่สุด หรืออาจทำอย่างหนึ่งอย่างใดที่ทำให้น้ำซึมลงสู่ดินมากที่สุด

1.4.3 การหยุดนิ่ง เป็นกระบวนการสุดท้าย คือการหยุดนิ่ง หรือตกตะกอนนอนก้น ซึ่งเป็นที่ยอมรับว่าถ้าให้น้ำหยุดนิ่งแล้วตกตะกอนลงสู่ก้นช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของตะกอน แต่การหยุดนิ่งเป็นการทำให้ตะกอนทุกขนาดตกตะกอน (Sedimentation) ได้ วิธีการป้องกันในกระบวนการชั้นนี้ต้องหาทางทำให้น้ำหยุดนิ่ง เพื่อลดพลังการเคลื่อนที่และเปิดโอกาสให้ตะกอนเกาะกันด้วยแรงประจุไฟฟ้า แล้วทำให้ตะกอนตกลงพื้นผิวท้องน้ำ อาจทำได้โดยการสร้างสิ่งกีดขวางถาวร คือ การสร้างฝายกั้นน้ำ การทำร่องขั้นบันได (Contour furrow) ร่องแนวระดับ (Contour trench)

2. การสูญเสียดินและน้ำ

สุธัม และคณะ (2523) ได้ทดลองในดินชุดมาบบอนที่ศูนย์พัฒนาจังหวัดระยอง ความลาดเท 5 เปอร์เซ็นต์ โดยเปรียบเทียบ 2 วิธีคือ ไถพรวนขึ้นลงและปล่อยทิ้งไว้ ไถพรวนขึ้นลงแล้วปลูกข้าวโพดสองครั้งติดต่อกัน ไถขวางความลาดเทแล้วปลูกข้าวโพด สองครั้งติดต่อกัน และไถขวางความลาดเทแล้วปลูกข้าวโพดตามด้วยถั่วเขียว พบว่ามีการสูญเสียดินเท่ากับ 44.38, 31.25, 26.25 และ 17.50 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ส่วน Gupta (1981) ได้ศึกษาจากแปลงทดลองขนาดเล็ก และพื้นที่ลุ่มน้ำ พบว่า พื้นที่ป่าหรือทุ่งหญ้าที่หนาแน่นนั้น มีการสูญเสียดินออกจากพื้นที่น้อยมากในระหว่างช่วงฤดูฝน คือมีเพียง 2 ตันต่อเฮกเตอร์ และรายงานว่า การปลูกข้าวโพดบนพื้นที่ลาดเขาที่มีความลาดเทประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ และไถพรวนขึ้นลงเขา ทำให้มีการสูญเสียดินถึง 28.5 ตันต่อเฮกเตอร์ในขณะที่การปลูกข้าวโพดด้วยการไถพรวนตามแนวระดับเส้นขอบเขา ลดการสูญเสียดินลงมาเป็น 19.3 ตันต่อเฮกเตอร์ หรือประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของการปลูกขึ้นลงเขา นอกจากนี้ กัลยาณี และคณะ (2528) ได้ศึกษาปริมาณตะกอน และน้ำไหลบ่าหน้าดินจากแปลงปลูกข้าวโพดและตะไคร้แบบขั้นบันได ข้าวโพดและตะไคร้ ข้าวโพดอย่างเดียว และแปลงควบคุม บริเวณสถานีวิจัยเพื่อรักษาต้นน้ำแม่กลอง จังหวัดกาญจนบุรี พบว่า มีค่าการสูญเสียดินเฉลี่ยเท่ากับ 204.92, 273.56, 355.80 และ 930.11 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี และการสูญเสียน้ำ 233.5, 259.0, 332.6 และ 549.8 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกเตอร์ต่อปี ตามลำดับ ซึ่งปริมาณตะกอนและน้ำไหลบ่าจากแปลงควบคุมมีมากที่สุด รองลงมาคือแปลงปลูกข้าวโพดอย่างเดียว แปลงปลูกข้าวโพดและตะไคร้ และแปลงปลูกข้าวโพดและตะไคร้แบบขั้นบันได ตามลำดับ และ เรือง (2529) ได้ศึกษาการสูญเสียดินและน้ำจากการปลูกป่าบนขั้นบันไดดิน จากแปลงทดลองที่มีการปลูกชนิดพันธุ์ไม้บนขั้นบันไดดินกับไม่มีการทำขั้นบันไดดิน และแปลงทดลองที่มีการไถพรวนขึ้นลงขนานแนวความลาดชัน บริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า การสูญเสียดินและน้ำจากแปลงทดลองที่มีการปลูกป่าบนขั้นบันไดดินปี พ.ศ. 2526 มีค่าเฉลี่ย 0.20 ตันต่อเฮกแตร์ และ 17.09 มิลลิเมตร ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบพบว่าการปลูกป่าบนขั้นบันไดดินสามารถช่วยลดปริมาณการสูญเสียดินและน้ำ จากพื้นที่ได้มากกว่าแปลงที่ไม่มีการทำขั้นบันไดดิน

พิณทิพย์ (2536) ได้ศึกษาการสูญเสียดินและน้ำจากแปลงทดลองภายใต้สภาพพืชพรรณชนิดต่างๆ ได้แก่ ป่าเบญจพรรณ ไร่ร้าง ถั่วเหลือง ข้าวไร่ ข้าวโพด สวนสักอายุ 3 ปี และพื้นที่ว่างเปล่าไถพรวนขึ้นลง บริเวณสถานีวิจัยเพื่อรักษาต้นน้ำน่าน อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน พบว่ามีการสูญเสียดินเท่ากับ 1.996, 0.117, 2.633, 1.398, 0.742 และ 13.823 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ และมีน้ำ

ไหลบ่าหน้าดินเท่ากับ 120.31, 11.96, 68.14, 64.19, 50.97, 35.31 และ 87.20 มิลลิเมตรต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ นอกจากนี้ อภินันท์ (2538) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำรูปแบบต่างๆ ได้แก่ คันดินรับน้ำรอบคู คูรับน้ำรอบเขา ขั้นบันไดไม่ต่อเนื่อง ขั้นบันไดต่อเนื่อง และไม่มีมาตรการอนุรักษ์ โดยภายในแปลงปลูกข้าวไร่และข้าวโพดบนพื้นที่ลาดเขา บริเวณโครงการจัดการทดลองลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ พบว่ามีการสูญเสียดินเท่ากับ 8.37, 11.70, 9.59, 5.00 และ 31.30 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ และมีปริมาณน้ำไหลบ่าเท่ากับ 81.75, 91.34, 86.93, 78.69 และ 90.38 มิลลิเมตรต่อปี ตามลำดับ สำหรับการศึกษาของ Paramee (1999) ได้สรุปว่าผลกระทบจากการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ พบว่า พื้นที่ป่าธรรมชาติ ป่าเต็งรังที่มีความลาดชัน 20 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ยเท่ากับ 0.131 ตันต่อเฮกแตร์ ต่อปี พื้นที่ที่ใช้ทำการเกษตร เช่น ปลูกขนุน มีปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ยเท่ากับ 0.214 ตันต่อเฮกแตร์ ต่อปี พื้นที่ที่ปลูกมะม่วงหิมพานต์ปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ยเท่ากับ 0.194 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ในขณะที่พื้นที่ที่ใช้ปลูกข้าวโพดปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ยเท่ากับ 5.749 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี นอกจากนี้พื้นที่ป่าเต็งรังที่ถูกไฟไหม้มีปริมาณการสูญเสียดินโดยเฉลี่ย 0.732 ตัน ต่อเฮกแตร์ ต่อปี จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินก่อให้เกิดผลกระทบทั้งด้านระบบนิเวศและเศรษฐกิจอย่างมากและมีแนวโน้มทวีความรุนแรงมากขึ้นโดยลำดับ ส่วน เจนจิรา (2542) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการสูญเสียดินและน้ำจากแปลงปลูกสร้างสวนป่าแปลงปลูกสร้างสวนป่าร่วมกับหญ้าแฝก และแปลงไร่ร้าง บริเวณสถานีวิจัยลุ่มน้ำยม ในลุ่มน้ำแม่ถาง อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ พบว่า การสูญเสียดินและน้ำจากพื้นที่สวนป่ามากกว่าจากการใช้พื้นที่การใช้ที่ดินอีกสองประเภท กล่าวคือ ที่ระดับความลาดชัน 10-20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยการสูญเสียดินเท่ากับ 0.5505, 0.3881 และ 0.4420 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ ที่ระดับความลาดชัน 20-30 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 0.3485, 0.2854 และ 0.2795 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ และที่ระดับความลาดชัน 30-40 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 0.2387, 0.2195 และ 0.2103 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมี วรากร (2551) ที่ได้ทำการศึกษา ปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงทดลอง โดยการคำนวณค่าปัจจัยการชะล้างพังทลายโดยน้ำฝน จากฝนที่ตกจริงตามธรรมชาติ ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่ โดยมี 5 สิ่งทดลอง (Treatment) คือ (1) แปลงไถพรวนขึ้น-ลงตามความลาดเท (2) แปลงปลูกข้าวโพดแบบดั้งเดิม (3) แปลงปลูกข้าวโพดตามแนวระดับขอบเขา (4) แปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม และ (5) แปลงปลูกถั่วเหลืองตามแนวระดับขอบเขา จากการศึกษาพบว่า ปริมาณการสูญเสียดิน เท่ากับ 0.09, 0.06, 0.04, 0.05 และ 0.03 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ซึ่งต่อมา พุทธพร (2552) ได้ทำการศึกษา ถึงปริมาณการสูญเสียดิน และน้ำไหลบ่าหน้าดินจากแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และถั่วเหลืองในแต่ระยะการเจริญเติบโต โดยใช้เครื่องกำเนิดฝน (Rainfall simulator) ในพื้นที่สุมน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่ โดยมี 5 สิ่งทดลอง

(Treatment) เช่นเดียวกับ วรากร (2551) พบว่า มีการ สูญเสียดิน ตลอดการศึกษาเท่ากับ 10.360, 2.540, 1.530, 1.540 และ 1.600 ตันต่อเฮกแตร์ต่อการศึกษา ตามลำดับ และมีปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินเท่ากับ 861, 1510, 1157, 1030 และ 2514 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกแตร์ต่อการศึกษา ตามลำดับ

3. มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ

การใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้หลังจากได้จัดการแบ่งที่ดินออกตามความลาดชัน และสมรรถนะที่ดิน เพื่อให้เกษตรกรใช้เป็นที่ทำมาหากิน หากปล่อยให้เปิดพื้นที่ทำกินโดยปราศจากหลักการอนุรักษ์ดินและน้ำแล้วไม่ช้าผิวหน้าดินจะสูญเสียไป เกิดการชะล้างพังทลายของดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดินจะลดน้อยลง จนในที่สุดเกิดปัญหาต่างๆ ตามมามากมาย ดังนั้นจึงต้องมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ โดยทั่วไปแล้ว สามารถแยกมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำออกเป็น หมวดใหญ่ๆ 2 หมวด คือ มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำทางวิศวกรรม (Engineering conservation measures) และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยใช้พืช (Vegetative conservation measures)

3.1 มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำทางวิศวกรรมหรือวิธีกล (Engineering conservation measures or Mechanical conservation measures)

การป้องกันการชะล้างของดินด้วยวิธีทางวิศวกรรม นับเป็นวิธีการสำคัญหนึ่งในการจัดการดิน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการก่อสร้างคันดินขวางความลาดเทของด้านลาดเขา เพื่อรวมน้ำที่ไหลลงมาตามลาดเขา แล้วเบี่ยงทางเดิน หรือระบายออกไป หรือไม่ก็ชะลอความเร็วของน้ำไหลบ่าหน้าดิน ก่อนที่จะมีพลังก่อให้เกิดการชะล้างพังทลายดิน ซึ่งมีวิธีการต่างๆ ดังนี้

3.1.1 การจัดการที่ดิน (Land treatment management) ประกอบด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การปลูกพืชตามแนวระดับเส้นขอบเขา (Contouring) การยกร่องปลูกพืชตามแนวเส้นขอบเขา (Contour ridging) การทำสันคันดินล้อมคูน้ำขนานเส้นระดับขอบเขา (Tie ridging) การยกแปลงและขุดร่องไปตามแนวเส้นระดับขอบเขา (Broad- ridging or bedding) การทำร่องระบายน้ำไปกับแนวเส้นขอบเขา (Contour furrowing) การไถพรวนดินชั้นล่าง (Sub soiling) การปลูกพืชเป็นแถบไปตามแนวเส้นขอบเขา (Contour strip cropping) และ การปลูกพืชเป็นแถบไปตามแนวเส้นขอบเขาสลับปี (Alternative strip cropping) เป็นต้น

3.1.2 โครงสร้างดักตะกอนที่ใช้พืชพรรณเข้าช่วย (Sediment retaining structure) ประกอบด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การทำร่องคู่ขนานไปตามแนวเส้นระดับขอบเขา (Twin furrows) การปลูกหญ้าเป็นแถบตามแนวเส้นระดับขอบเขา (Contour grassed strips) เหลือพืชพรรณเป็นแถบตามแนวเส้นระดับ (Contour strips of natural vegetation) การปลูกไม้ยืนต้นระยะถี่พร้อมหญ้าและร่องน้ำขนานไปตามแนวเส้นระดับ (Contour hedgerows) การปลูกไม้ยืนต้นกึ่งล้มลุกระยะถี่พร้อมหญ้าและร่องน้ำขนานไปตามแนวเส้นระดับขอบเขา (Semi-perennial contour hedgerows) สิ่งกีดขวางตะกอนชั่วคราว (Temporary artificial barriers on the contour) การใช้หินก้อนกองรวมกันเป็นสิ่งกีดขวาง (Loose stone barriers) การใช้หินกองสลับแนวขวางความลาดเท (Loose stone barriers crescents) และการใช้หินกองรวมเป็นกำแพง (Loose rock walls) เป็นต้น

3.1.3 การทำขั้นบันไดดิน (Terracing) ประกอบด้วยขั้นบันไดชนิดต่างๆ เช่น ขั้นบันไดดินแบบม้านั่ง (Bench terraces) ขั้นบันไดดินตามแนวระดับ (Contour terraces) ขั้นบันไดดินแบบเชิงลาดผนังคันดินชัน (Contour bank) ขั้นบันไดดินบนที่ชัน (Steep terraces) คันคูเบี่ยงเบนน้ำไหลป่าหน้าดิน (Protective ditch or diversion channel) และร่องระบายน้ำดาดด้วยหญ้า (Grassed waterways) เป็นต้น

3.2 มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยใช้พืช (Vegetative conservation measures)

พื้นดินที่ปกคลุมด้วยพืชพรรณอย่างหนาแน่น ไม่ว่าจะเป็นพืชตระกูลหญ้า ตระกูลถั่ว ไม้พุ่ม หรือป่าไม้ ถือได้ว่าเป็นสิ่งปกคลุม ซึ่งสามารถป้องกันการชะล้างพังทายของดินได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะพืชพรรณชนิดใดสามารถสกัดกั้น พลังของน้ำฝนไว้ได้เกือบทั้งหมดก็ย่อมควบคุมการชะล้างพังหลายของดินให้เกิดน้อยที่สุดด้วย ซึ่งมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยใช้พืช มีวิธีการต่างๆ ดังนี้

3.2.1 การปลูกพืชแบบหมุนเวียน (Crop rotation) หมายถึง การปลูกพืชต่างชนิดกันในพื้นที่เดียวกันสลับกันไป ทั้งพืชเศรษฐกิจและพืชคลุมดินตระกูลถั่วเพื่อให้ได้ผลผลิตและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน

3.2.2 การปลูกพืชแทรกระหว่างแถว (Inter cropping) หมายถึง มักใช้กับพืชที่ปลูกเป็นแถวเช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ฝ้าย โดยใช้พืชตระกูลถั่วโปรยหรือปลูกระหว่างแถวพืชสูง เมื่อพืชที่ปลูกตามแถวแก่และเก็บเกี่ยวออกไป พืชที่อยู่ระหว่างแถวยังทำหน้าที่อนุรักษ์ดินและน้ำได้

3.2.3 การปลูกพืชควบแทรกระหว่างปี (Multi cropping) หมายถึง การปลูกพืชสองครั้งหรือมากกว่า อาจเป็นชนิดเดียวหรือต่างชนิด ปลูกติดตามกันไปบนพื้นที่ผืนเดียวกันในช่วงปีหนึ่งๆ ซึ่งอาจปลูกเป็นแถวหรือไม่ก็ได้

3.2.4 การปลูกพืชแบบต่อเนื่อง (Relay cropping) หมายถึง การปลูกพืชรองแซมประมาณ 2-3 สัปดาห์ก่อนพืชหลักแก่เต็มที่ อาจใช้กล้าหรือเมล็ด โดยทั่วไปมักทำเป็นแถว

3.2.5 การปลูกพืชแบบปกป้องคลุมดิน (Protective cover cropping) หมายถึง การปลูกพืชคลุมดินในพื้นที่หลังเก็บเกี่ยวพืชหลัก เพื่อให้หน้าดินไม่เปิดว่างที่จะทำให้ดินเกิดพังทลายได้ง่ายๆ พืชที่ใช้ปลูกคลุมดินอาจใช้เป็นปุ๋ยพืชสด (Green mannuring crops) ไปในตัวได้เมื่อทำการไถกลบ

3.2.6 การปลูกพืชทำปุ๋ยพืชสด (Green manure cropping) หมายถึง การปลูกพืชเพื่อเก็บกักและ/หรือเพิ่มอินทรียวัตถุ (OM) แก่ดินโดยการไถกลบก่อนที่จะแก่หรือแข็งเกินไป ควรเป็นพืชตระกูลถั่วเพื่อเพิ่มไนโตรเจนแก่ดินด้วย

3.2.7 การใช้เศษซากพืชและวัสดุคลุมดิน (Residual and mulching) หมายถึง การใช้ซากเศษพืช เช่น ตอซังข้าวโพด หรือส่วนอื่นๆ ของพืชคลุมหน้าดิน เพื่อลดการสูญเสียหน้าดินในขณะที่พืชปลูกยังไม่มีความสามารถพอในการป้องกันการตกกระทบและกัดซะหน้าดิน

นิพนธ์ (2526) ก็ได้จำแนกระบบการปลูกพืชที่มีผลเอื้ออำนวยต่อการลดปัญหาการชะล้างพังทลายของดินนั้น มีวิธีการหรือระบบต่าง ๆ ที่นิยมกันในกลุ่มนักอนุรักษ์ดินและน้ำ ได้แก่ ระบบปลูกพืชแบบหมุนเวียน (Crop rotation) ระบบปลูกพืชแทรกระหว่างแถว (Inter-cropping) ระบบการปลูกพืชควบ (Multi-cropping) ระบบการปลูกพืชแบบต่อเนื่อง (Relay cropping) และระบบการปลูกพืชปกป้องคลุมดิน (Protective cover cropping)

4. แฝก (Vertiver)

4.1 ลักษณะและคุณสมบัติทั่วไปของแฝก

แฝก มีชื่อสามัญภาษาอังกฤษว่า Vertiver เป็นพืชล้มลุกที่มีอายุข้ามปี (Perennial grass) จัดอยู่ในวงศ์หญ้า (Family Poacea หรือ Gramineae) วงศ์ย่อย (Subfamily) Panicoidea หมู่ (Tribe) Andropogoneae พวกเดียวกับ ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง อ้อย ตะไคร้ เป็นต้น เจริญอยู่ในเขตร้อนอบอุ่น และทุ่งหญ้าสะวันนา แหล่งเดิมหรือศูนย์กลางของการกระจายนั้น สันนิษฐานว่า อยู่บริเวณตอนกลางและตอนใต้ของประเทศอินเดีย และได้แพร่กระจายลงมาครอบคลุมตลอดภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ต่อมา ได้มีการนำไปปลูกในหลายพื้นที่ของโลก (วิทูร, 2541) ซึ่งในประเทศไทยจะพบแฝกขึ้นอยู่ตามธรรมชาติในพื้นที่ทั่วไปจากที่ลุ่มจนถึงที่ดอน สามารถขึ้นได้ในดินเกือบทุกชนิด (วีระชัย และคณะ, 2541) มีลักษณะเป็นกอหนาแน่นเจริญเติบโตโดยการแตกกออย่างรวดเร็ว ส่วนลำต้นแฝกอยู่เหนือผิวดิน มีตายอดอยู่กลางลำต้นและมีตาข้างอยู่ที่ข้อตรงโคนกาบใบ (วิทูร, 2537) ถึงแม้ว่าต้นแฝกจะถูกไฟป่าไหม้ลุกลามในช่วงฤดูแล้ง ก็ยังสามารถอาศัยความชื้นในดินและในอากาศเจริญแตกหน่อขึ้นมาใหม่ได้ ซึ่งคุณสมบัติในการตั้งตัวได้เร็ว จึงเหมาะสมในการใช้เป็นพืชในระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำ (World Bank, 1987)

วีระชัย และวิทูร (2541) รายงานว่า แฝก (Vetiveria spp.) มีอยู่ในโลกประมาณ 12 ชนิด และได้ทำจากการศึกษาอนุกรมวิธานของแฝกในประเทศไทยพบเพียง 2 ชนิดคือ แฝกหอม แฝกลุ่ม หรือแฝกท้องขาว (*Vertivaria zizanioides* (L.) Nash.) ได้แก่แฝกแหล่งพันธุ์ (Ecotype) สุราฎร์ธานี ตรัง 1 สงขลา 1 เชียงราย กำแพงเพรช 2 เป็นต้น และ แฝกดอน หรือแฝกพื้นบ้าน (*Vertivaria nemoralis* A.Camus) ได้แก่ แฝกจากแหล่งพันธุ์ราชบุรี ประจวบคีรีขันธ์ อุดรธานี 1 เลย นครสวรรค์ กำแพงเพรช 1 เป็นต้น ในธรรมชาติ พบว่า แฝกทั้งสองชนิดมีการกระจายทั่วไป ขึ้นได้ดี ทั้งสภาพพื้นที่ลุ่มและที่ดอน และสภาพดินต่างๆ ที่ระดับความสูง 0-800 เมตร จากระดับน้ำทะเล

4.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น (Culm) แฝกเจริญเป็นกอแน่น มีความสูงประมาณ 100-200 เซนติเมตร (จเร, 2535 ก) โคนต้นมีลักษณะแบน เกิดจากส่วนของโคนใบจัดเรียงพับซ้อนกัน ลำต้นที่แท้จริงมีขนาดเล็กซ่อนอยู่ในกาบใบบริเวณคอดิน กอแฝกมีขนาดค่อนข้างใหญ่โคนกอเบียดกันแน่น การเจริญ

และการแตกกอของแฝกจะมีการแตกหน่อใหม่ทดแทนต้นเก่าอยู่เสมอ โดยจะแตกหน่อออกทางด้านข้างรอบกอเดิม ทำให้กอมีขนาดขยายใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ โดยปกติแล้วแฝกมีลำต้นสั้น จึงมีข้อและปล้องไม่ชัดเจน (วีระชัย, 2535)

ใบ (Leaf) แตกออกจากโคนกอ เรียงซ้อนกันแน่น ลิกิวล์ (Ligule) ลดรูปมีลักษณะเป็นเพียงส่วนโค้งของขนสั้นละเอียด สังเกตได้ไม่ชัดเจน รูปร่างของใบมีลักษณะแคบ กว้างประมาณ 5-9 มิลลิเมตร ขอบขนาน ปลายสอบแหลม ยาว 35-80 เซนติเมตร (จเร, 2535 ข) และ วีระชัย (2535) ได้รายงานว่า เมื่อตัดแผ่นใบตามขวางและศึกษาดูภายใต้กล้อง จะเห็นลักษณะการเรียงตัวของเนื้อเยื่อใบเป็นลักษณะเฉพาะแบบเรียบง่าย ด้านไกลแกน (Abaxial) มีการกระจายตัวของมัดท่อน้ำและท่ออาหาร เรียงตัวขนานกันอย่างเป็นระเบียบอยู่ใต้ผิวใบ มีสเกลอเรงคิมา (Sclerenchyma) เรียงอยู่เป็นกลุ่มทำหน้าที่เพิ่มความแข็งแรงให้แก่แผ่นใบ ด้านไกลแกนจะมีสีจางกว่าด้านใกล้แกน (Adaxial) ส่วนผิวใบจะปกคลุมด้วยเซลล์ผนังบางชั้นเดียว บนด้านใกล้แกนจะมีเซลล์ปากใบมากกว่าด้านไกลแกน

ราก (Root) เป็นระบบรากฝอย ปลายรากมีลักษณะคล้ายฟองน้ำห่อหุ้ม (จเร, 2535 ก) แตกจากส่วนลำต้นใต้ดิน กระจายออกแผ่กว้างเพื่อยึดพื้นดินตามแนวนอน ระนบบรากในแนวดิ่งหยั่งลึกมาก แต่ระบบรากแตกต่างจากรากหญ้าทั่วไปคือ เป็นรากที่ประสานกันแน่น หยั่งลึกแนวดิ่งลงดินไม่แผ่ขนาน แฝกที่มีอายุประมาณ 18 เดือน รากจะเจริญเต็มที่ (วีระชัย, 2535) รากแฝกมีสองขนาดคือ เส้นโตและฝอยขนาดเล็ก เส้นโตจะเหนียวและแข็งเจาะลงในดินได้ลึก เส้นขนาดเล็กจะแตกแขนงออกจากเส้นใหญ่ ประสานกันแน่นคล้ายร่างแหหรือใยขัดหม้อ รากแฝกอาจมีความยาวมากกว่า 3 เมตร (วิทูร, 2537) จากผลการศึกษาความลึกและความหนาแน่นของรากแฝก โดยประภาส และสมพงษ์ (2536) พบว่าแฝกแหล่งพันธุ์บุรีรัมย์มีรากยาว 315 เซนติเมตร แฝกแหล่งพันธุ์เลยมีน้ำหนักรากแห้ง 1,000 กรัมต่อกอ

ช่อดอก (Inflorescence) แฝกมีช่อดอกค่อนข้างใหญ่ เมื่อเทียบกับหญ้าชนิดอื่นในธรรมชาติ (วีระชัย, 2536) ลักษณะช่อดอกตั้งตรงอยู่บนก้านช่อดอก (Main axis) สูงประมาณ 150 เซนติเมตร หรืออาจสูงถึง 200 เมตร ขณะที่ดอกบานช่อดอกจะกางออกเป็นรูปฉัตร (Verticillate) เฉพาะส่วนของดอกหรือรวงสูงประมาณ 30 เซนติเมตร ฐานกว้างประมาณ 15 เซนติเมตร มีสีน้ำตาลหรือน้ำตาลแดง สีเทา หรือสีขาวนวล (วิทูร, 2537) และ Alexander and Lodha (1992)

รายงานว่า แฝกจะออกดอกเป็นช่อดอก ส่วนของช่อดอกยาว 15-40 เซนติเมตร ฐานแผ่กว้างเต็มที่ 10-15 เซนติเมตร ดอกมีสีเหลืองปนเทาหรือสีม่วง ซึ่งเป็นลักษณะประจำแต่ละพันธุ์

ดอก (Floret) แฝกมีดอกเรียงตัวอยู่ด้วยกันเป็นคู่ๆ มีลักษณะคล้ายคลึงกัน และขนาดใกล้เคียงกัน แต่ละคู่ประกอบด้วยดอกชนิดที่มีก้าน (Pedicel floret) อยู่ด้านบนเป็นดอกตัวผู้ (Male floret) มีเฉพาะเกสรตัวผู้ และดอกชนิดที่ไม่มีก้าน (Sessile floret) อยู่ด้านล่างเป็นดอกกระเทย มีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย เป็นดอกที่มีการผสมติดเมล็ด (วิทูร, 2537) ยกเว้นที่ส่วยปลายของก้านดอกย่อยมักจะจัดเรียงเป็น 3 ดอก อยู่ด้วยกัน (อำพร, 2536)

ผล (Fruit) แฝกมีผลเป็นแบบ Caryopsis เมื่อดอกแฝกได้รับการผสมแล้วดอกที่ไม่มีก้านดอกซึ่งเป็นดอกสมบูรณ์ก็จะติดเมล็ด ลักษณะเมล็ดรูปร่างคล้ายกระสวย ผิวเรียบ หัวท้ายมน ขนาดโตกว้างประมาณ 1.0-1.5 มิลลิเมตร ยาว 2.5-3.0 มิลลิเมตร เมล็ดมีผิวหนังหนา มีส่วนประกอบของแป้งและน้ำมันมาก (อำพร, 2536) และจากการศึกษาความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดแฝก แหล่งพันธุ์ที่ได้รับคัดเลือกในการใช้อนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าเมล็ดของแฝกแหล่งพันธุ์กำแพงเพชร 1 และกำแพงเพชร 2 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุดประมาณ 8-24 เปอร์เซ็นต์ และมีลักษณะต้นที่อ่อนแอ (ดารุณี, 2537)

ข้อแตกต่างที่ใช้ในการเปรียบเทียบชนิด แฝกหอมและแฝกดอน คือแฝกหอมมีลักษณะกอที่ไม่อัดแน่น ต้นอวบอ่อน ใบยาว 45-90 เซนติเมตร กว้าง 0.6-0.9 เซนติเมตร ปลายใบแบน ด้านใกล้แกนมีสีเขียวเข้ม ด้านไกลแกนมีสีเขียวซีดกว่า เนื้อใบค่อนข้างเนียน มีไขเคลือบมากทำให้ดูมัน เส้นกลางใบฝังอยู่ในแผ่นใบไม่เด่นชัด ส่วนแฝกดอนมีลักษณะกอที่อัดแน่น มีต้นที่แข็งกว่า ใบยาว 35-60 เซนติเมตร กว้าง 0.4-0.6 เซนติเมตรด้านใกล้แกนและไกลแกนมีสีเขียวใกล้เคียงกัน แต่ด้านไกลแกนมีสีเขียวที่ซีดกว่า เนื้อใบหยาบ สากคาย มีไขเคลือบน้อย เส้นกลางใบมีลักษณะแข็งเป็นแกนนูนทางด้านใกล้แกน (วีระชัย, 2536)

4.3 แฝกกับสภาพแวดล้อมในประเทศไทย

ปัจจุบันแฝกเจริญขึ้นทั่วไปทุกภาคของประเทศไทย ซึ่งเป็นการกระจายพันธุ์มาจากแหล่งอื่นโดยธรรมชาติ พบได้ทั่วไปตั้งแต่เหนือจรดใต้ ซึ่งมีสภาพภูมิอากาศตั้งแต่ฝนตกน้อยจนถึงฝนชุก เช่น ในภาคใต้ของประเทศ สภาพการระบายน้ำของดินดีมากจนถึงเลว ในพื้นที่ที่ไม่มีน้ำขัง

ท่วมไปจนถึงขังท่วมเกือบทั้งปี เนื้อดินเป็นดินทรายจนถึงดินเหนียวและกรวดหิน ดินเหล่านี้มีความแตกต่างในคุณสมบัติอื่นของดินมาก ทั้งความอุดมสมบูรณ์ และคุณสมบัติทางเคมีอื่นๆ ที่พบปรากฏว่าในพื้นที่ดินเค็มบางแห่งของจังหวัดภาคใต้ตอนบน แฝกสามารถขึ้นได้เช่นกัน ความสูงของพื้นที่ที่รายงานมาตั้งแต่ 1 เมตร จนถึง 400 เมตร จากระดับน้ำทะเล แฝกจึงเป็นพืชที่สามารถปรับตัวได้ดีในสภาพพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงไป ตามแต่ละท้องถิ่นในประเทศไทย จนเกิดเป็นแหล่งพันธุ์ (Ecotype) ใหม่ๆ ขึ้น ทำให้เกิดการสับสนในการเรียกชื่อพันธุ์แฝก (สมาคมอนุรักษ์ดินและน้ำแห่งประเทศไทย, 2534) ดังนั้นกรมพัฒนาที่ดิน (2536) โดยความร่วมมือของ ดร.วีระชัย ณ นคร จึงได้รวบรวมพันธุ์แฝกได้ 53 จังหวัดที่พบ และจำแนกแหล่งพันธุ์แฝกที่พบในประเทศไทย ตามลักษณะสภาพทางนิเวศที่พบในธรรมชาติ (Site characterization) และได้ขึ้นทะเบียนของกรมพัฒนาที่ดินไว้ 27 แหล่งพันธุ์ นอกจากนี้อาจมีพันธุ์แฝกหอมที่ได้นำเข้าจากต่างประเทศที่ได้ทำการคัดเลือกพันธุ์และไม่กลายพันธุ์ เช่น แฝกแหล่งพันธุ์บราซิล อินเดีย อินโดนีเซีย ศรีลังกา เป็นต้น

4.4 ประโยชน์หญ้าแฝกต่อดิน

Allison (1993) แสดงให้เห็นถึงเหตุผลที่แฝกมีประโยชน์ในการใช้เป็นพืชที่ปลูกตามแนวระดับเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำคือแฝกเป็นพืชที่มีระบบรากลึกแข็งแรงสามารถเจริญเติบโตได้ดีแม้ในสภาพที่แห้งแล้งสภาพที่น้ำท่วมและสภาพที่มีอุณหภูมิสูง (50 องศาเซลเซียส) ไม่มีสัตว์เลี้ยงรบกวน รวมทั้งมีน้ำมันหอมระเหยจากรากซึ่งสามารถขับไล่สัตว์บางชนิดและแมลงศัตรูพืชได้

แฝกเป็นพืชที่มีคุณสมบัติดีเด่นกว่าพืชในตระกูลหญ้าทั่วๆ ไป หลายประการ เช่น สามารถขึ้นได้ในดินแทบทุกประเภทแม้ว่าไม่มีความอุดมสมบูรณ์ หรือมีความเป็นกรด ดินเค็ม สภาพกรวดทราย ดินลูกรังและดินที่มีแร่ธาตุบางชนิด เช่น อลูมิเนียม สามารถขึ้นได้ในสภาพดินฟ้าอากาศแตกต่างกันมาก แม้ในท้องที่มีปริมาณน้ำฝน 200-6,000 มิลลิเมตรต่อปี และมีอุณหภูมิตั้งแต่ -9 ถึง 45 องศาเซลเซียส มีอายุหลายปี ไม่ต้องการการดูแลเอาใจใส่มากนัก มีระบบรากฝอยแข็งแรงและแตกรากมาก สามารถชอนไชไปในดินและยึดเม็ดดินได้ลึก ส่วนโคนหรือฐานของต้นอยู่ใต้ดินมีตาเป็นที่เกิดของต้นใหม่ หากส่วนบนถูกทำลายก็สามารถแตกเป็นต้นใหม่ได้ภายหลัง ทนทานต่อความแห้งแล้ง น้ำท่วม โรค และแมลง หรือแม้แต่ถูกไฟเผา (วีระชัย, 2536)

วิทูร และอาทิตย์ (2536) ได้รายงานอีกว่าเมื่อนำกล้าแฝกที่เพาะอย่างดีมาปลูกติดต่อกันขวางความลาดชันตามแนวระดับกอแฝกแต่ละกอจะแตกหน่อประสานกันเป็นรั้วแน่นทึบสามารถ

ช่วยชะลอความเร็วของน้ำไหลบ่าช่วยให้มีการซึมลงดินได้มากขึ้นรากจะมีการสานกันที่หนาแน่นและชอนไชลงลึกในแนวดิ่งช่วยยึดอนุภาคดินช่วยให้ชั้นหน้าตัดดินไม่เคลื่อนย้ายตะกอนระหว่างแถวแฝกจะมีการปรับตัวเป็นขั้นบันไดดินได้ในที่สุดและทำการตัดใบแฝกที่ระดับ 50 เซนติเมตรจากระดับผิวดินทุกๆ 3 เดือนแล้วใช้เศษใบกองปิดไว้ที่โคนกอจะช่วยการดักกรองตะกอนดินที่ถูกพัดพามากับน้ำไหลบ่าได้

ปัจจุบันประเทศไทยนิยมนำแฝกมาใช้ในการอนุรักษ์ดินและน้ำเนื่องจากเป็นพืชที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในหลายด้าน ซึ่งสำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (2541) รายงานว่า แฝกเป็นพืชที่มีการแตกกอจำนวนมากเบียดเสียดกันอย่างแน่นหนาและแข็งแรง ลักษณะของกอตั้งตรงสามารถปลูกเป็นแนวต่อเนื่องได้เปรียบเสมือนแนวกรองตะกอนที่ถูกน้ำพัดพามาทำให้ตะกอนตกทับถมอยู่ด้านหน้าแนวแฝกและแนวแฝกยังช่วยชะลอความเร็วของน้ำที่ไหลบ่าบนผิวดินทำให้น้ำไหลซึมลงดินได้ดีขึ้น ลำต้นส่วนเหนือดินของแฝกมีข้อถี่และข้อที่เกิดจากการย่างปล้องเมื่อแฝกมีอายุใกล้ออกดอกจะแตกหน่อและรากใหม่ออกมาเสมอหากถูกตะกอนดินมาทับถมก็สามารถตั้งกอใหม่ได้สามารถตัดต้นและใบแฝกให้แตกหน่อใหม่เขียวสดอยู่เสมอต้นและใบที่ตัดออกมาใช้เป็นวัสดุคลุมดินช่วยรักษาความชุ่มชื้นและเพิ่มแร่ธาตุอาหารพืชให้แก่ดินเมื่อย่อยสลายแล้วส่วนของรากแฝกมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วหยั่งลึกลงไปในดินและแตกแขนงเป็นรากฝอยประสานกันอย่างหนาแน่นเสมือนร่างแหเกาะยึดดินให้มีความมั่นคงนอกจากนี้รากแฝกยังสามารถดูดซึมสารเคมีแร่ธาตุอาหารพืชที่ถูกชะละลายลงไปในดินเช่นปุ๋ยเคมีสารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชเก็บไว้ในต้นแฝกเป็นการป้องกันไม่ให้สารเคมีเหล่านั้นปนเปื้อนลงไปยังแหล่งน้ำแถวหรือแนวของแฝกใช้พื้นที่ไม่มากประมาณ 1 ถึง 1.5 เมตรทำให้ปลูกพืชเศรษฐกิจได้ชิดแนวแฝกจึงไม่เสียพื้นที่ในการเพาะปลูก นอกจากนี้ยังมีพื้นที่โครงการที่มีการใช้ระบบแฝกในการอนุรักษ์ดินและน้ำ เพื่อป้องกันการพังทลายของดินเพื่อรักษาความชุ่มชื้น เพื่อแก้ไขการเกิดร่องน้ำแบบร่องลึก เพื่อรักษาคุณภาพและแหล่งน้ำ ยกตัวอย่างเช่น พื้นที่สูงภาคเหนือ พื้นที่เกษตรภาคเหนือตอนล่าง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พื้นที่สวนสมเด็จ จังหวัดเพชรบุรี พื้นที่โครงการปลูกป่ามูลนิธิชัยพัฒนาแม่ฟ้าหลวง เป็นต้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2537)

นอกจากประโยชน์จากแฝกในการอนุรักษ์ดินและน้ำแล้ว ธวัชชัย และคณะ (2537) รายงานว่าการตัดใบของแฝกมาคลุมดินช่วยรักษาความชุ่มชื้นในพื้นที่ 1 ไร่ สามารถตัดใบแฝกได้ 2.0 – 2.5 ตันเมื่อตากแห้งแล้วจะเหลือน้ำหนัก 1 ใน 3 ส่วน (700-800 กิโลกรัม) และต้นแฝกที่ผุพังเน่าสลายยังเป็นปุ๋ยอินทรีย์ให้กับดินทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น

ประไพ และคณะ (2541) รายงานว่าจากการย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารพืชจากใบแฝกพันธุ์ศรีลังกาและประจวบคีรีขันธ์ที่บรรจุในถุงตาข่ายแล้วนำไปวางบนดินและฝังในดินทรายชุดดินหุบกะพง (Coarse–loamy, Siliceous, Isohyperthermic Ustoxic Dystropepts) พบว่าแฝกที่ฝังลงในดินย่อยสลายได้เร็วและมากกว่าแฝกที่วางบนดินประมาณ 2-3 เท่าและจากการนำแฝกแห้ง 1 ตันฝังในดินสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารอนินทรีย์ไนโตรเจนฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่สกัดได้จากดินโดยเฉลี่ยประมาณ 4.3, 2.2 และ 20.5 กิโลกรัม ตามลำดับ

กมลพรรณ และคณะ (2541) รายงานว่าการปลูกแฝกมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อใช้ในการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยเฉพาะในบริเวณพื้นที่ลาดชันตามแนวพระราชดำริในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวแต่การปลูกเพื่ออนุรักษ์ดินและน้ำหรือการปลูกในพื้นที่เกษตรในลักษณะต่างๆ นั้นเป็นการใช้ประโยชน์ในแง่ของการอนุรักษ์ซึ่งมีคุณค่าที่ไม่สามารถประเมินราคาเป็นตัวเงินให้เกษตรกรเห็นได้จึงเป็นสาเหตุให้เกษตรกรบางส่วนยังไม่ยอมรับแฝกอย่างเช่นการใช้ประโยชน์จากต้นและใบแฝกเพื่อทำปุ๋ยหมักและพืชคลุมดินจากส่วนของต้นและใบแฝกที่ถูกตัดเพื่อให้ต้นแตกกอเจริญเติบโตได้ดีหรือตัดเพื่อควบคุมไม่ให้ออกดอกต้นและใบที่ถูกตัดสามารถนำมาทำเป็นปุ๋ยหมักได้ในเวลา 60–120 วันต้นและใบแฝกจะย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมักอย่างสมบูรณ์ซึ่งคำนวณได้ว่าปุ๋ยหมักจากใบแฝก 1 ตันเทียบเท่ากับแอมโมเนียมซัลเฟตได้ 43 กิโลกรัม

4.5 การใช้แฝกเพื่ออนุรักษ์ดินและน้ำ

ปีหนึ่งๆ รัฐต้องใช้งบประมาณเป็นจำนวนมากในการแก้ไขปัญหาสภาพแวดล้อมและระบบนิเวศ โดยการขุดลอกแม่น้ำ คู คลอง หนองบึงรวมทั้งการกำจัดน้ำเสีย การแก้ไขปัญหาดังกล่าวเป็นเรื่องยากและค่าใช้จ่ายสูง สมควรที่จะใช้วิธีการป้องกัน เพื่อรักษาสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศจะเป็นวิธีการที่ดีกว่าการแก้ไข วิธีการป้องกันมีหลายรูปแบบและหลากหลายวิธีการ แต่วิธีการง่ายๆ ซึ่งเกษตรกรและประชาชนโดยทั่วไป สามารถทำได้ด้วยตนเองก็คือ วิธีการจัดระบบการปลูกแฝก เพื่อให้เป็นกำแพงที่มีชีวิต ในการช่วยกรองตะกอนดิน สิ่งปฏิกูลและดูดซับสารเคมีไม่ให้ไหลลงไปทำความเสียหายแก่สิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศรวมทั้งรากจะยาวมาก และหยั่งลึกลงดินในแนวดิ่งมากกว่าเจริญออกทางด้านข้าง รากมีจำนวนมากและประสานกันแน่นหนา เสมือนม่านหรือกำแพงใต้ดิน ซึ่งทำหน้าที่ยึดดินได้อย่างแน่นหนาและแข็งแรง

4.5.1 ปลูกป้องกันการเสียหาย

ขั้นบันไดดิน คันคูน้ำรอบเขาในพื้นที่ลาดชันนิยมปลูกบนขั้นบันไดดินหรือมีการก่อสร้างคันคูดินรอบเขา ซึ่งเป็นการลงทุนสูงการป้องกันการเสียหายก็โดยการปลูกแฝกเป็นแนวบริเวณขอบขั้นบันไดดินหรือคันคูดิน

4.5.2 ปลูกเพื่อควบคุมร่องน้ำ

โดยปลูกแฝกลงในร่องน้ำด้วยการขุดหลุมปลูกขวางร่องน้ำเป็นแนวตรงหรือแนวหัวลูกศรย้อนทางกับทิศทางไหล ในลักษณะตัว V คว่ำซึ่งทรงเรียกว่า "บั้งจ่า" เพื่อควบคุมการเกิดร่องน้ำแบบลึกหรือการปลูกในร่องน้ำล้น โดยปลูกตามแนวระดับเพื่อกักน้ำและช่วยกระจายน้ำไปใช้ในพื้นที่เพาะปลูก ผลของการปลูกแฝกแบบนี้จะช่วยดักตะกอนและสามารถชะลอความเร็วของน้ำให้ลดลงด้วย

4.5.3 ปลูกป้องกันตะกอน

ป้องกันตะกอน ทับถมคลองส่งน้ำ ทางระบายน้ำ อ่างเก็บน้ำในไร่นา ปลูกรอบสระ กรองตะกอนดินโดยปลูกแฝกเป็นแถวบริเวณ สองข้างทางคลองส่งน้ำช่วยกันตะกอนดินที่ไหลลงมา ซึ่งการปลูกรอบขอบสระเพื่อกรองตะกอนดินนั้น ใช้วิธีการปลูกตามแนวระดับน้ำสูงสุดท่วมถึง 1 แนว และควรปลูกเพิ่มขึ้นอีก 1-2 แนวเหนือแนวแรกขึ้นกับความลึกของขอบสระ เมื่อน้ำไหลบ่าลงมาตะกอนดินจะติดค้างบนแถวหญ้าแฝกส่วนน้ำก็ค่อยๆไหลซึมลงสระ รากแฝกก็ช่วยยึดดินรอบๆ สระมิให้พังทลายได้ ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขุดลอกสระ

4.5.4 ปลูกป้องกันการปนเปื้อนสารพิษในแหล่งน้ำ

จากการทดลองที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายฯ พิสูจน์ได้ว่ากอแฝกที่ปลูกเป็นแนวขวางความลาดเทของพื้นที่ สามารถยับยั้งและลดการสูญเสียหน้าดินบนพื้นที่ลาดชันในระดับหนึ่ง ขณะเดียวกัน รากแฝกที่มีการแพร่กระจายอย่างหนาแน่นและหยั่งลึก จะเป็นกำแพงกักกั้นดินและสารพิษที่ปะปนมากับน้ำไม่ให้ไหลลงสู่น้ำเบื้องล่าง นอกจากนี้รากแฝกมีประสิทธิภาพในการดูดซับธาตุโลหะหนักและสารเคมีบางอย่างได้ดีกว่าพืชชนิดอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากรากของแฝก

สามารถที่หยั่งลึกและแผ่กว้างได้มากกว่ารากหญ้าชนิดอื่นๆ ประโยชน์เอนกประสงค์อื่นๆ อนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและนิเวศวิทยา ทำอาหารสัตว์ ปุ๋ยหมัก มุงหลังคา ทำสมุนไพรและน้ำหอม

5. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

คาร์บอนไดออกไซด์ มีสูตรทางเคมีว่า CO_2 เป็นสารที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น หนักกว่าอากาศประมาณ 1.5 เท่า ในสภาพปกติจะเสถียร เป็นก๊าซเฉื่อย และไม่เป็นพิษ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas) ที่สำคัญ แม้มีอยู่ในบรรยากาศเพียง 0.036 เปอร์เซ็นต์ แต่เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิต เนื่องจากก๊าซเรือนกระจกมีคุณสมบัติในการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดซึ่งแผ่ออกจากโลก ทำให้โลกอบอุ่น อุณหภูมิของกลางวันและกลางคืนไม่แตกต่างจนเกินไป นอกจากนั้น CO_2 ยังเป็นก๊าซที่จำเป็นต่อการสร้างอาหารของพืชอีกด้วย แต่การเพิ่มขึ้นของ CO_2 ในชั้นบรรยากาศโลกในปัจจุบัน ทำให้โลกร้อนขึ้น สาเหตุที่ทำให้ CO_2 ในชั้นบรรยากาศโลกเพิ่มขึ้นเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2543)

5.1 วัฏจักรคาร์บอน

คาร์บอนเป็นธาตุหนึ่งที่สำคัญ และเป็นองค์ประกอบหลักในสิ่งมีชีวิต ในธรรมชาตินั้นพืช และ จุลินทรีย์ ถือเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงวงจรคาร์บอนในโลก พืชทำหน้าที่เปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาเก็บสะสมไว้ในรูปสารประกอบอินทรีย์ในส่วนต่างๆ ของพืช โดยผ่านกระบวนการที่เรียกว่า การสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) และจุลินทรีย์ในดิน ทำหน้าที่ย่อยสลายเพื่อเปลี่ยนรูปคาร์บอนอินทรีย์ในเศษซากพืชและสัตว์ที่ตายลง ให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ปล่อยกลับคืนสู่ชั้นบรรยากาศ ทำให้คาร์บอนเข้าสู่วงจรคาร์บอน (Carbon cycle) อีกครั้ง นอกจากนี้คาร์บอนบางส่วนที่ไม่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดิน สามารถเก็บสะสมไว้ในดินในรูปสารประกอบอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น ฮิวมัส (Humus) สารประกอบคาร์บอเนต รวมถึงในรูปของแหล่งพลังงานฟอสซิล (น้ำมัน ถ่านหิน) อีกด้วย นอกจากนี้ อุทิศ (2542) ยังได้กล่าวถึงวัฏจักรของคาร์บอนไว้ว่า การหมุนเวียนคาร์บอนเริ่มจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชโดยการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศมาทำปฏิกิริยากับน้ำเกิดเป็นคาร์โบไฮเดรต โดยมีแสง คลอโรฟิลล์ และเอนไซม์เป็นตัวทำปฏิกิริยา ได้ผลผลิตคือคาร์โบไฮเดรตซึ่งอยู่ในรูปของน้ำตาล ส่วนหนึ่งจะใช้เป็นพลังงานในการดำรงชีวิต อีกส่วนหนึ่งพืชสะสมไว้ในรูปของแป้งหรืออาจนำไปใช้ในการสร้างโปรตีนหรือไขมันและเก็บสะสมไว้ตามส่วน

ต่างๆ ของพืช คาร์บอนจะถูกส่งผ่านไปยังสัตว์โดยการเป็นอาหารสัตว์ที่กินพืชนำคาร์บอนในสารต่างๆ ที่พืชสะสมไว้ไปเปลี่ยนรูปเพื่อใช้ประโยชน์และสะสมไว้ในสัตว์ที่กินพืชนั้นๆ คาร์บอนในสัตว์กินพืชถ่ายทอดไปยังสัตว์กินเนื้อ คาร์บอนในเนื้อเยื่อของพืช สัตว์กินพืช สัตว์กินเนื้อ ถูกนำมาใช้ในการหายใจและปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศส่วนหนึ่ง และส่วนที่เหลือถูกใช้ไปในการเจริญเติบโตและตกเป็นซากพืชเมื่อตายลง ซากพืชและสัตว์จะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียและเชื้อรา ซึ่งเป็นการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์กลับคืนสู่บรรยากาศดังเดิม

5.2 คาร์บอนในดิน

การกักเก็บคาร์บอนในดิน (Soil carbon) เป็นหนึ่งในแนวทางการจัดการคาร์บอนเพื่อลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ โดยอาศัยกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชในการเปลี่ยนรูปคาร์บอนอนินทรีย์ (CO_2) เป็นคาร์บอนอินทรีย์กักเก็บไว้ในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของพืช ทั้งในส่วนที่อยู่เหนือดิน (Above ground biomass) ได้แก่ ลำต้น กิ่ง และใบ และส่วนที่อยู่ใต้ดิน (Below ground biomass) คือ ราก แหล่งที่มาของคาร์บอนในดินที่สำคัญมาจากเศษซากพืช (Plant litter) ที่ร่วงหล่นลงดิน และสาร อินทรีย์ ที่พืชปลดปล่อยออกมาทางรากพืช (Root exudation) รวมทั้งรากพืชที่ตายแล้ว คาร์บอนที่กักเก็บอยู่ในดินสามารถเก็บไว้ได้นานและคงทนกว่าการกักเก็บไว้ในมวลชีวภาพของพืชเนื่องจากคาร์บอนในดินสลายตัวได้ช้ากว่า จากการประเมินโดยใช้ ^{14}C ชี้ให้เห็นว่าคาร์บอนสามารถอยู่ในดินได้นานกว่า 6,000 ปี (พจนีย์ และทวีศักดิ์, 2541)

ดินเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญ สำหรับประเทศไทยคาร์บอนในดินมีประมาณ $6.2x10^{15}$ กรัม (พจนีย์ และทวีศักดิ์ , 2541) โดยปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บไว้ในดินนี้มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาระหว่างระบบนิเวศบนบกและบรรยากาศ ขึ้นอยู่กับสมดุลระหว่าง 2 กระบวนการหลัก คือ การสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ที่มีผลทำให้ดินเป็นแหล่งสะสมคาร์บอน และการหายใจของดิน (Soil respiration) ซึ่งเป็นการปลดปล่อยคาร์บอนจากผิวดินในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศโดยทั่วไปคาร์บอนในดินส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารคาร์บอนอินทรีย์ (Soil organic carbon) ได้แก่ สารประกอบฮิวมัส ซึ่งเป็นคาร์บอนที่เสถียรเนื่องจากมีโครงสร้างที่ซับซ้อน จึงย่อยสลายได้ยากและส่วนน้อยที่พบในรูปสารคาร์บอนอนินทรีย์ (Soil inorganic carbon) เช่น สารประกอบคาร์บอเนต เนื่องจากคาร์บอนอินทรีย์ในดินเป็นส่วนที่เกิดการเปลี่ยนรูปได้ง่ายกว่าคาร์บอนในรูปสารอนินทรีย์ ทำให้คาร์บอนอินทรีย์เป็นเสมือนตัวควบคุมสมดุลการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอน ในดิน จากการศึกษาของ พจนีย์ และทวีศักดิ์

(2541) พบว่าที่ระดับความลึก 0-100 เซนติเมตร ซึ่งเป็นมาตรฐานความลึกที่ใช้ในการประเมินปริมาณคาร์บอนรวม สรุปได้ว่า ประเทศไทยมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมทั้งหมดประมาณ $6,211,706 \times 10^6$ กิโลกรัม หรือ 6,211.7 ล้านตัน และอนินทรีย์คาร์บอนรวมทั้งหมดประมาณ $184,049 \times 10^6$ กิโลกรัม หรือ 184 ล้านตัน โดยปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่สะสมในดินมีความผันแปรขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ความชื้นในดิน ลักษณะโครงสร้างของดิน และระดับความลึกของดิน

แหล่งที่มาของคาร์บอนอินทรีย์ในดิน มีกำเนิดมาจากชีวมวลของพืชผ่านทางระบบการสังเคราะห์แสงของพืชในการเปลี่ยนรูปอนินทรีย์คาร์บอน (CO_2) ในบรรยากาศมาเก็บไว้ในรูปของอินทรีย์คาร์บอนในชีวมวล และกลายเป็นอินทรีย์คาร์บอน (SOC) สะสมไว้ในดิน เมื่อส่วนต่างๆ ของพืช ร่วงหล่นและย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน รวมทั้งสารอินทรีย์ที่พืชปลดปล่อยออกมาทางรากพืช (Root exudation) เซลล์ของจุลินทรีย์ที่ตายแล้ว และสารที่จุลินทรีย์สังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ กระบวนการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินดังกล่าว เรียกว่า การกักเก็บคาร์บอนใน ดิน (นวรัตน์ และศิวัช, 2550) ซึ่งเป็นกระบวนการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากในบรรยากาศโดยเก็บสะสมไว้ในดินในรูปของสารอินทรีย์คาร์บอนที่ไม่สามารถสลายตัวได้ง่าย เช่น ฮิวมัส จากรายงานการศึกษาคาร์บอนในดินในช่วงเวลาที่ผ่านมา พบว่าเน้นศึกษาในเรื่องหน้าที่ในการนำคาร์บอนไปใช้ประโยชน์ด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินและการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินเป็นหลัก งานวิจัยทางด้านการใช้ประโยชน์ในแง่ของการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกยังมีข้อมูลน้อยและค่อนข้างจำกัด

Eswaran *et al.* (1993) รายงานว่าดินที่มีปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในดินมากที่สุดพบในพื้นที่ป่าไม้ในเขต Tundra ซึ่งส่วนใหญ่เป็นดินอินทรีย์ (Histosols) รองลงมาได้แก่ในป่าเขตร้อนและพื้นที่เกษตร จัดเป็นแหล่งเก็บกักคาร์บอนได้อย่างดีและมีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนได้ในปริมาณที่สูง ถ้ามีเทคโนโลยีและการจัดการที่เหมาะสม โดยดินในพื้นที่ป่าไม้สามารถเก็บกักอินทรีย์คาร์บอนในดินได้ประมาณ 582 พิกะกรัม ซึ่งประมาณ 360 พิกะกรัม อยู่ในรูปของมวลชีวภาพ

Ma *et al.* (2000) รายงานว่า จากการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนสู่ดินโดยการปลูกหญ้า Switch grass ในพื้นที่ดินร่วนปนทราย พบว่า การสะสมคาร์บอนในดินเกิดขึ้นปริมาณมากที่ผิวดินคือระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ในพื้นที่ปลูก Switch grass และไม่พบความแตกต่างของปริมาณ

คาร์บอนอินทรีย์ในดินที่ปลูก Switch grass เมื่อเทียบกับดินที่ชุดควบคุมซึ่งไม่มีการปลูกพืช (Fallow soil) ในทั้งดินทรายและดินเหนียว ในช่วงระยะเวลาสั้นๆ (ประมาณ 2 ปี)

เสริมพงศ์ (2545) ทำการศึกษาบทบาทการปลูกสร้างสวนป่าต่อการกักเก็บคาร์บอนที่สถานีวิจัยและฝึกอบรบการปลูกสร้างสวนป่า จังหวัดนครราชสีมา พบว่าแปลงไม้กระถินเทพามีความสามารถในการเก็บกักคาร์บอนในดินจนถึงระดับความลึก 30 เซนติเมตรได้มากที่สุด คือ 53.242 ตันต่อเฮกแตร์ รองลงมาได้แก่ แปลงเลา หญ้าคา ไม้แดง ไม้พะยูง ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส ประดู่ป่า และกระถินณรงค์ มีค่า 48.850, 45.927, 43.154, 42.280, 37.914, 37.581 และ 37.272 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ส่วนปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืชแปรผันโดยตรงกับปริมาณมวลชีวภาพ

สิริรัตน์ และคณะ (2548) ได้ทำการศึกษาปริมาณคาร์บอนในดินของป่าดิบแล้งสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา และป่าเบญจพรรณ ลุ่มน้ำแม่กลอง จังหวัดกาญจนบุรี ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ป่าดิบแล้ง มีการสะสมของปริมาณคาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 1 เมตร มีค่าเฉลี่ย 210.89 ตันต่อเฮกแตร์ ส่วนในป่าเบญจพรรณจะมีการสะสมของปริมาณคาร์บอนในดินเฉลี่ย 223.91 ตันต่อเฮกแตร์ การสะสมของปริมาณคาร์บอนในดินของป่าดิบแล้งและป่าเบญจพรรณพบว่ามีความแตกต่างกันเล็กน้อย แต่แนวโน้มของการสะสมของปริมาณคาร์บอนในดินมีลักษณะเดียวกัน กล่าวคือมีการสะสมอยู่มากในดินชั้นบนและลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น นอกจากความลึกของดินแล้วพบว่า ยังมีผลเนื่องมาจากพืชพรรณที่ขึ้นอยู่และสภาวะของภูมิอากาศด้วย

อำนาจ และณัฐพล (2548) ได้ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินต่างๆ กัน พบว่าปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินที่ความลึก 0-50 เซนติเมตร ในดินป่าธรรมชาติ (ป่าดิบแล้ง) มีปริมาณสูงที่สุด คือ 118 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ รองลงมาคือ ดินในพื้นที่ป่าปลูก (กระถินเทพา อายุ 16 ปี) และดินทำการเกษตร มีค่า 66 และ 60 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ โดยมากกว่าร้อยละ 50 ของปริมาณคาร์บอนทั้งหมดถูกกักเก็บไว้ในชั้นความลึกระหว่าง 0-20 เซนติเมตร (ดินชั้นบน) และเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ทำการเกษตร (ข้าวโพด) พบว่าในพื้นที่ปลูกป่ากระถินเทพาเป็นเวลา 16 ปี สามารถเพิ่มปริมาณคาร์บอนสะสมในดินได้มากกว่าประมาณ 10 ตันต่อเฮกแตร์ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยควบคุมหลายๆ อย่าง เช่น สภาพภูมิอากาศ สมบัติของดินทั้งทางด้านฟิสิกส์ เคมีและชีวภาพ และวิธีการจัดการดิน (Soil management practices) ในพื้นที่

6. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรมพัฒนาที่ดิน (2543) ได้ศึกษาอัตราการสูญเสียดินจากการปลูกหญ้าระยะต่างๆ กันในการอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่สูง ที่อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ กลุ่มชุดดินที่ 47 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Randomized complete block design; RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ (Replication) 5 สิ่งทดลอง (Treatment) คือ วิธีการปลูกข้าวไร่โดยไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ วิธีการปลูกข้าวไร่ในระหว่างแถวแฝกตามค่า Vertical interval (VI เท่ากับ 1.5 เมตร) วิธีการปลูกข้าวไร่ ในระหว่างแถบหญ้ารูซี่ตามค่า VI เท่ากับ 1.5 เมตร และวิธีการปลูกข้าวไร่ระหว่างแถบแฝกตามค่า VI เท่ากับ 3 เมตร และวิธีการปลูกข้าวไร่ระหว่างแถบหญ้ารูซี่ตามค่า VI เท่ากับ 3 เมตร เป็นวิธีที่สามารถชะลอปริมาณน้ำไหลบ่าให้ไหลลงดินได้มากขึ้น ช่วยกรองตะกอนดิน และไม่เสียพื้นที่เพาะปลูกไปมากนัก นอกจากนี้ กรมพัฒนาที่ดิน (2543) ยังได้ศึกษาอิทธิพลของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำต่างๆ ต่อปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน การสูญเสียดิน ความชื้นของดิน และผลผลิตมันสำปะหลัง โดยดำเนินการที่สถานีพัฒนาที่ดิน จังหวัดอุบลราชธานี ปี 2537-2538 การทดลองแบบ Observation trail มี 8 สิ่งทดลอง (Treatment) 2 ซ้ำ (Replication) ได้แก่ (1) ไถ-พรวนและปลูกมันสำปะหลังขึ้น-ลงตามความลาดเท (2) ไถ-พรวนดินและปลูกมันสำปะหลังตามแนวระดับ (3) ทำคันดินกั้นน้ำตามแนวระดับ (4) ทำคันดินกั้นน้ำแบบลดระดับ (5) ทำร่องน้ำตามแนวระดับ (6) แถบกระถินกว้าง 1 เมตร (7) แถบหญ้ารูซี่กว้าง 2 เมตร (8) แถบแฝกกว้าง 50 เซนติเมตร พบว่ามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมที่สุดในการปลูกมันสำปะหลังได้แก่ การไถพรวนดินและปลูกตามแนวระดับเสริมด้วยแถบแฝกตามแนวระดับ เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียดินมากในขณะที่ปริมาณน้ำไหลบ่าเกิดขึ้นสูงสุดในแปลงไถ-พรวนดินและปลูกขึ้น -ลงตามแนวความลาดเทของพื้นที่ น้ำไหลบ่าหน้าดินเฉลี่ย 3 ปีที่ทำการทดลองสูงที่สุด ปริมาณน้ำไหลบ่าต่ำสุดในแปลงไถพรวนดินและปลูกตามแนวระดับเสริมด้วยคันดินกั้นน้ำตามแนวระดับ

Margues *et al.* (2007) ศึกษาอิทธิพลของพืชปกคลุมดินที่มีผลต่อปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินและการชะล้างพังทลายของหน้าดิน โดยใช้เครื่องกำเนิดฝน ทำการทดลองในแปลงที่มีความลาดชันเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยแปลงทดลองมีทั้งหมดจำนวน 8 แปลง แบ่งเป็น 2 ตำรับ คือ แปลงทดลองเกือบเป็นแปลงที่ว่างเปล่า (พืชปกคลุม 4 เปอร์เซ็นต์) จำนวน 4 แปลง และอีก 4 แปลงมีพืชปกคลุมเกือบทั้งแปลง พบว่าแปลงที่มีพืชปกคลุมมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณน้ำท่า และปริมาณตะกอน รวมทั้งมีปริมาณน้ำท่าและปริมาณตะกอนต่ำมาก สำหรับแปลงทดลองที่เป็นแปลงว่างเปล่ามีผลผลิตตะกอนมีค่าเท่ากับ 74 $\pm$ 3 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์

สิริกานดา (2551) ได้ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินของสบู่ดำที่ปลูกในดินเหนียวและดินร่วนปนทราย โดยใช้สบู่ดำพันธุ์กำแพงแสน และพันธุ์ไร่สุวรรณ เบอร์ 80 และชนิดดินบนพื้นที่ศึกษา คือ ดินเหนียวในพื้นที่ไร่สุวรรณวาจกกสิกิจ และดินร่วนปนทรายในพื้นที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน โดยเก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 0-10 และ 10-30 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดิน ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินของพื้นที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน มีแนวโน้มสะสมคาร์บอนได้สูงกว่าพันธุ์ไร่สุวรรณ เบอร์ 80 และระบบการปลูกสบู่ดำทำให้คาร์บอนอินทรีย์ในดินมีปริมาณลดลงจากพื้นที่ เท่ากับ -11.23 และ -2.41 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ สำหรับพื้นที่ไร่สุวรรณวาจกกสิกิจ และพื้นที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ตามลำดับ ดังนั้น ผลการศึกษาเบื้องต้นนี้แสดงให้เห็นว่าสบู่ดำพันธุ์กำแพงแสน มีแนวโน้มการสะสมคาร์บอนในระบบปลูกได้ดีกว่าพันธุ์ไร่สุวรรณ เบอร์ 80 สำหรับทั้งสองพื้นที่ศึกษา ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดส่วนใหญ่เก็บสะสมอยู่ในดินชั้นบน โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในดินที่ปลูกสบู่ดำทั้งสองพันธุ์เท่ากับร้อยละ 1.30 และ 0.44 โดยน้ำหนัก ที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร และลดลงตามระดับความลึกของดินที่เพิ่มมากขึ้น

7. พื้นที่ศึกษาและระยะเวลาทำการวิจัย

ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ เป็นส่วนหนึ่งของส่วนประสานงานโครงการสาธิตการพัฒนาด้านการอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ ซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบ คือ สาธิตกิจกรรมการใช้แฝกด้านป่าไม้ เพื่อการศึกษาดูงานแบบครบวงจร ศึกษาพัฒนาและสาธิตกระบวนการเรียนรู้เกี่ยวกับการใช้แฝกด้านป่าไม้ อบรมให้ความรู้ และถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านแฝกให้กับทุกภาคส่วนและผู้ที่สนใจ รณรงค์และเผยแพร่ประชาสัมพั นธ์การใช้แฝกด้านป่าไม้ ประสานงานเกี่ยวกับกิจกรรมแฝกกับหน่วยงานภายในและภายนอก ตลอดจนองค์กรต่างๆที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนปฏิบัติงานอื่นๆ ตามที่ได้รับมอบหมาย ประกอบด้วย ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ จำนวน 6 ศูนย์ ดังนี้

1) ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่

2) ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ที่ 2 จังหวัดสุโขทัย อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย

3) ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ที่ 3 จังหวัดสุรินทร์ อำเภอบัวเชด จังหวัดสุรินทร์

4) ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ที่ 4 จังหวัดกาญจนบุรี อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

5) ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ที่ 5 จังหวัดสงขลา อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา

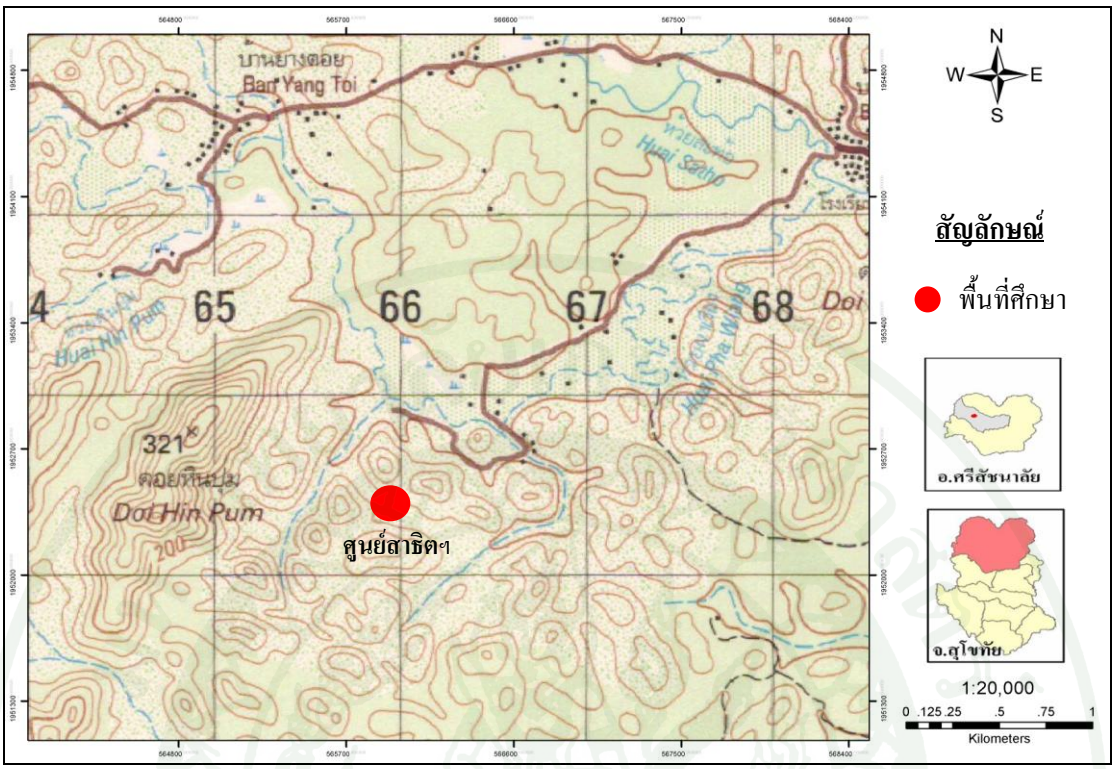
6) ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกด้านป่าไม้ที่ 6 จังหวัดขอนแก่น อำเภออุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น

7.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บริเวณศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 บ้านยางตอย หมู่ที่ 22 ตำบลแม่สิน อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย ตั้งอยู่ภาคเหนือตอนล่าง อยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ ศรีสัชนาลัย พิกัด UTM ที่ 195245 N, 565984 E (ภาพที่ 1) มีระยะทางห่างจากกรุงเทพมหานคร 500 กิโลเมตร ห่างจากตัวจังหวัดสุโขทัย 67 กิโลเมตร เส้นทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 101 และทางหลวงจังหวัดหมายเลข 1048 อยู่ฝั่งซ้ายของแม่น้ำยม และมีแม่น้ำยมเป็นแม่น้ำสายหลักไหลมาจากจังหวัดแพร่ ซึ่ง เป็นแหล่งน้ำสำคัญของจังหวัด โดยอำเภอศรีสัชนาลัยตั้งอยู่ทางทิศเหนือสุดของจังหวัด มีอาณาเขตติดต่อกับเขตการปกครองข้างเคียงดังนี้ ทิศเหนือ ติดกับอำเภอวังชิ้นและอำเภอเด่นชัย จังหวัดแพร่ ทิศตะวันออกติดกับอำเภอลับแล และ อำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์ ทิศใต้ติดกับอำเภอศรีนคร อำเภอสวรรคโลก และอำเภอทุ่งเสลี่ยม ทิศตะวันตก ติดกับอำเภอเถิน จังหวัดลำปาง

7.2 ลักษณะภูมิประเทศ

พื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ป่าเบญจพรรณ เสื่อมโทรม อยู่ในพื้นที่ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 ตำบลแม่สิน อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย อยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติศรีสัชนาลัย ลักษณะโดยทั่วไป ประกอบด้วย ภูมิประเทศที่เป็นที่ราบลอนคลื่น หรือที่ราบ



ภาพที่ 1 ที่ตั้งพื้นที่ศึกษาและลักษณะภูมิประเทศ บริเวณศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 ตำบลแม่สิน อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย

ซอยแบ่ง สูงๆ ต่ำๆ มีเนินเขาเตี้ยๆ โผล่ให้เห็นเป็นระยะๆ เป็นพื้นที่ที่ถูกกัดกร่อน มาในอดีต มี เนินเขาและภูเขาสลับซับซ้อนกันไปมา บางบริเวณมีลักษณะเป็นที่ราบขั้นบันได และที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง มีสันเนินเตี้ยสลับกับร่องน้ำไหลผ่าน ร่องห้วยส่วนใหญ่ไม่มีน้ำในฤดูแล้ง จนทำให้สภาพพื้นที่มีลักษณะเป็นสันลอนหลายสันเนิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543)

7.3 ลักษณะทางอุตุ-อุทกวิทยา

ที่ตั้งศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 อยู่ทางทิศเหนือของจังหวัดสุโขทัย ลักษณะภูมิอากาศเป็นแบบสะวันนาเขตร้อน ได้รับอิทธิพล จากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ตั้งแต่เดือนปลายเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ และลมฝ่ายใต้ ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน ลักษณะภูมิอากาศมี 3 ฤดู คือ ฤดูร้อนตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม ฤดูฝนเริ่มเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม โดยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ฤดูหนาวเริ่มเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์

ลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่บริเวณที่ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 ตำบลแม่สิน อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย โดยใช้ข้อ มูลการตรวจอากาศของสถานีในพื้นที่ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 ซึ่งตรวจวัดอากาศด้วยเครื่องมือแบบมาตรฐานและแบบบันทึกด้วยอุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์ อย่างต่อเนื่อง (ภาพที่ 2) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551–2552 (ตารางที่ 1) โดยมีรายระเอียดดังนี้

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 1,145.5 มิลลิเมตร การระเหยน้ำเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 1,341.7 มิลลิเมตร และอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 27.1 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 30.9 องศาเซลเซียส ในเดือนเมษายน และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 22.2 องศาเซลเซียส ในเดือนมกราคม และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปีเท่ากับ 78.9 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 86.8 เปอร์เซ็นต์ ในเดือนกันยายน และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 65.2 เปอร์เซ็นต์ ในเดือนมีนาคม และช่วงน้ำหลาก มีระยะเวลา 6 เดือน โดยเริ่มตั้งแต่ปลายเดือนเมษายนถึงกลางเดือนพฤศจิกายน ส่วนช่วงแล้งฝนมีระยะเวลา 6 เดือน ตั้งแต่กลางเดือนพฤศจิกายนจนถึงปลายเดือนเมษายน (ภาพที่ 3)

7.4 ลักษณะทางธรณีและปฐพีวิทยา

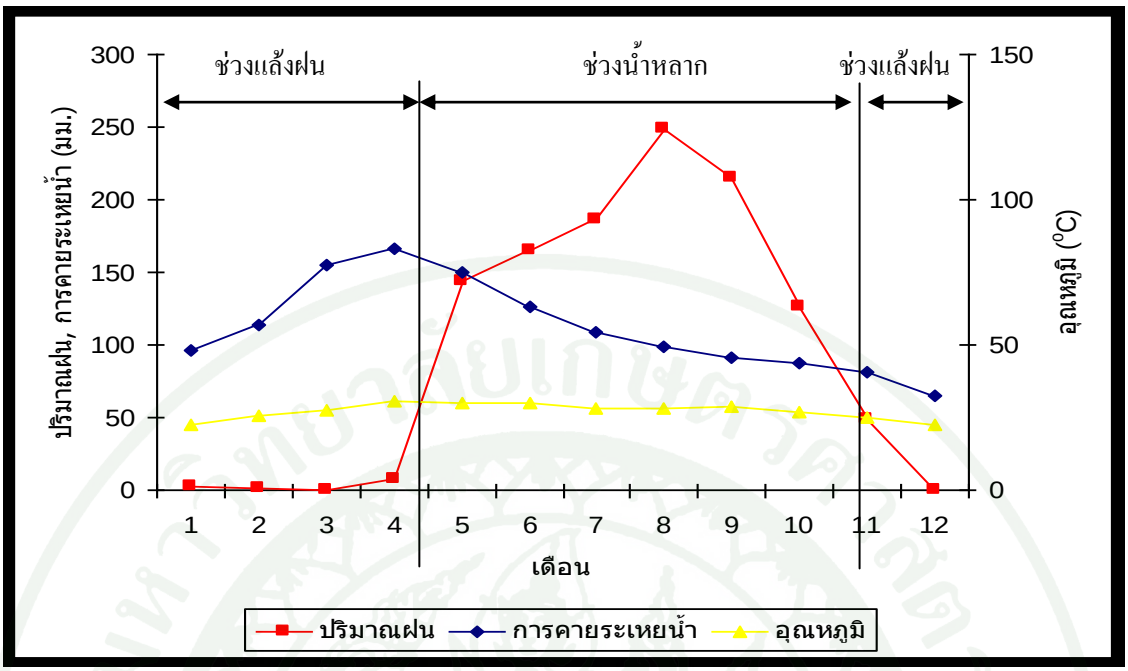
สภาพดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ผิวดินตื้น ค่าความหนาแน่นรวมของดินค่อนข้างต่ำ pH ต่ำ มีความเป็นกรดสูง มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลางถึงค่อนข้างต่ำ วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นดินที่เกิดจากตะกอนที่ถูกน้ำพัดพามาทับถมกัน สามารถแบ่งตามภูมิสัณฐาน คือ ที่ราบลุ่มปัจจุบัน ไหล่ลำน้ำกลางเก่ากลางใหม่ ไหล่ลำน้ำระดับต่ำ ไหล่ลำน้ำระดับกลาง พื้นที่ที่ถูกกัดกร่อนและเนินเขา และภูเขา ส่วนดินที่เกิดจากการสลายตัวของดินโดยตรงไม่ได้เคลื่อนย้ายมาจากที่อื่น มักเกิดขึ้นทั่วไปบนที่สูง ที่มีสภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย จนถึงลูกคลื่นลอนชัน ดินที่พบเป็น กลุ่มดินนา กลุ่มดินตื้น และเป็นพื้นที่สูงและภูเขา (กองสำรวจดิน, 2525)

ภาพที่ 2 สถานีตรวจวัดอากาศและอุปกรณ์ภายในสถานี บริเวณ พื้นที่ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 ตำบลแม่สิน อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย

ตารางที่ 1 ลักษณะภูมิอากาศของสถานีตรวจอากาศในพื้นที่ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 ตำบลแม่สิน อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย ปี พ.ศ. 2551-2552

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	การคายระเหยน้ำ (มิลลิเมตร)	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
				ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
มกราคม	3.1	96.5	75.7	11.3	33.2	22.2
กุมภาพันธ์	1.2	113.3	71.1	13.0	38.0	25.5
มีนาคม	0	155.6	65.2	14.7	39.8	27.2
เมษายน	7.8	166.8	74.4	19.2	42.7	30.9
พฤษภาคม	143.5	150.5	82.7	19.5	40.9	30.2
มิถุนายน	165.0	126.5	84.9	21.0	38.9	29.9
กรกฎาคม	185.7	108.4	85.6	21.9	34.0	28.0
สิงหาคม	248.6	98.7	86.3	22.3	34.2	28.2
กันยายน	215.4	91.6	86.8	21.8	35.5	28.6
ตุลาคม	126.1	87.0	83.2	19.9	34.4	27.1
พฤศจิกายน	49.2	81.9	74.5	18.0	32.0	25.0
ธันวาคม	0	65.3	76.5	15.1	30.2	22.7
รวม	1,145.5	1,341.7	-	-	-	-
เฉลี่ย	-	-	78.9	18.1	36.1	27.1
สูงสุด	-	-	86.8	22.3	42.7	30.9
ต่ำสุด	-	-	65.2	11.3	30.2	22.2

ที่มา: สมนิมิตร และคณะ (2552)



ภาพที่ 3 ช่วงน้ำหลากและช่วงแล้งฝนของสถานีตรวจอากาศในพื้นที่ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 ตำบลแม่สิน อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย

7.5 ลักษณะพืชพรรณและการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ลักษณะพืชพรรณ เป็นพื้นที่ที่มีสังคมพืชป่าทดแทนปกคลุม ซึ่งป่าทดแทนดังกล่าวเกิดขึ้นจากการทำไร่เลื่อนลอย และมีป่าดั้งเดิมที่เป็นป่าผสมผลัดใบหลงเหลืออยู่ตามสันเขา หรือพื้นที่ที่ลาดชัน ชนิดไม้ต้นที่พบในป่าทดแทนของป่าผสมผลัดใบ (Deciduous forest) เช่น มะเดื่อปล้อง (*Ficus hispida* Linn.) แคหางค่าง (*Fernandoa adenophylla* Steenis.) เพกา (*Oroxylum indicum* (L.) Vent.) เสลาเปลือกหนา (*Lagerstroemia villosa* (Wall.) ex Kurz.) มีพืชชั้นล่างขึ้นหนาแน่น ถ้าเป็นบริเวณหุบห้วยเป็นต้นข่าคม (*Alpinia zerumbet* (Per.) Burtt et R. M. Sm.) และปุดเล็ก (*Holarrhena densiflora* Ridl.) บริเวณสันเนินเป็นต้นตองกง (*Thysanolaena latifolia* (Roxb. ex Hornem.) Honda.) และเลา (*Massia triseta* (Nees) Balansa.) สลับกับหญ้าอ้อ (*Panicum repens* (L.) Poaceae.) ครอบคลุมเป็นบริเวณกว้าง บางสันเนินอาจมี ไผ่ข้าวหลาม (*Cephalostachyum* pergracile.) ขึ้นแทรกเป็นหย่อมๆ และมีพืชพรรณตามธรรมชาติที่พบคือ ป่าเต็งรัง (Deciduous dipterocarp forest) และป่าเบญจพรรณ (Mixed deciduous forest) ส่วนพื้นที่การเกษตรแบ่งตามประเภทพื้นที่การใช้ประโยชน์ 4 ประเภท ได้แก่ พื้นที่นา พื้นที่ไร่ พื้นที่สวน และพื้นที่อื่นๆ (วิชาญ และคณะ, 2551)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัสดุอุปกรณ์ในการทำแปลงทดลอง

1.1 แฝกดอน สายพันธุ์กำแพงเพชร 1

1.2 แปลงทดลองขนาด กว้างxยาว เท่ากับ 4x20 เมตร จำนวน 6 แปลง 2x2 เมตร จำนวน 12 แปลง และแปลงทดลองขนาด 2x10 เมตร จำนวน 6 แปลง สำหรับเก็บข้อมูลการชะล้างพังทลายของดิน

1.3 บ่อซีเมนต์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 เมตร สูง 0.5 เมตร จำนวน 24 บ่อ

1.4 ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว ยาว 1.0 เมตร จำนวน 24 ท่อ

1.5 แผ่นสังกะสีแบบเรียบขนาด 0.5x4.0 เมตร จำนวน 100 แผ่น และขนาด 0.5x5.0 เมตร จำนวน 24 แผ่น

1.6 พลั่ว จอบ เสียม ตลับเมตร สายยางจับระดับ ปูนซีเมนต์ ทราย และซิลิโคน

1.7 เครื่องวัดน้ำฝนแบบไม่อัตโนมัติ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

2.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างตะกอน ได้แก่ ขวดเก็บตะกอน ขนาด 1000 มิลลิลิตร ไม้บรรทัด เทปวัด เทปกาว ปากกา และตารางบันทึกข้อมูล

2.2 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน ได้แก่ ถุงผสมดิน ถุงใส่ตัวอย่างดิน กระบอกเก็บดิน (Soil core) เหล็กส่ง ฆ้อนยาง มีดตัดดิน พลั่วสนาม สว่านเก็บดิน (Soil auger) จอบ และเสียม

2.3 วัสดุและอุปกรณ์วิเคราะห์ตะกอนในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ กรวยกรอง กระดาษกรอง ถาดสำหรับอบตัวอย่าง ตู้อบดินและตะกอน เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล และตารางบันทึกข้อมูล

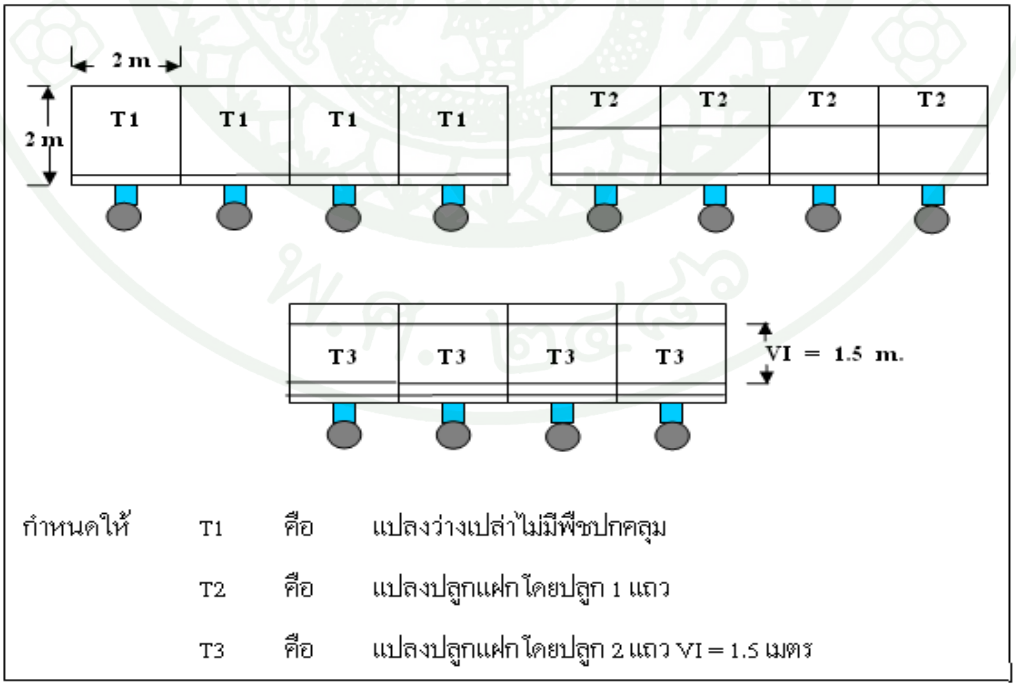
2.4 เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ และเครื่องคิดเลข

วิธีการ

1. การเลือกพื้นที่และวางแปลงทดลอง

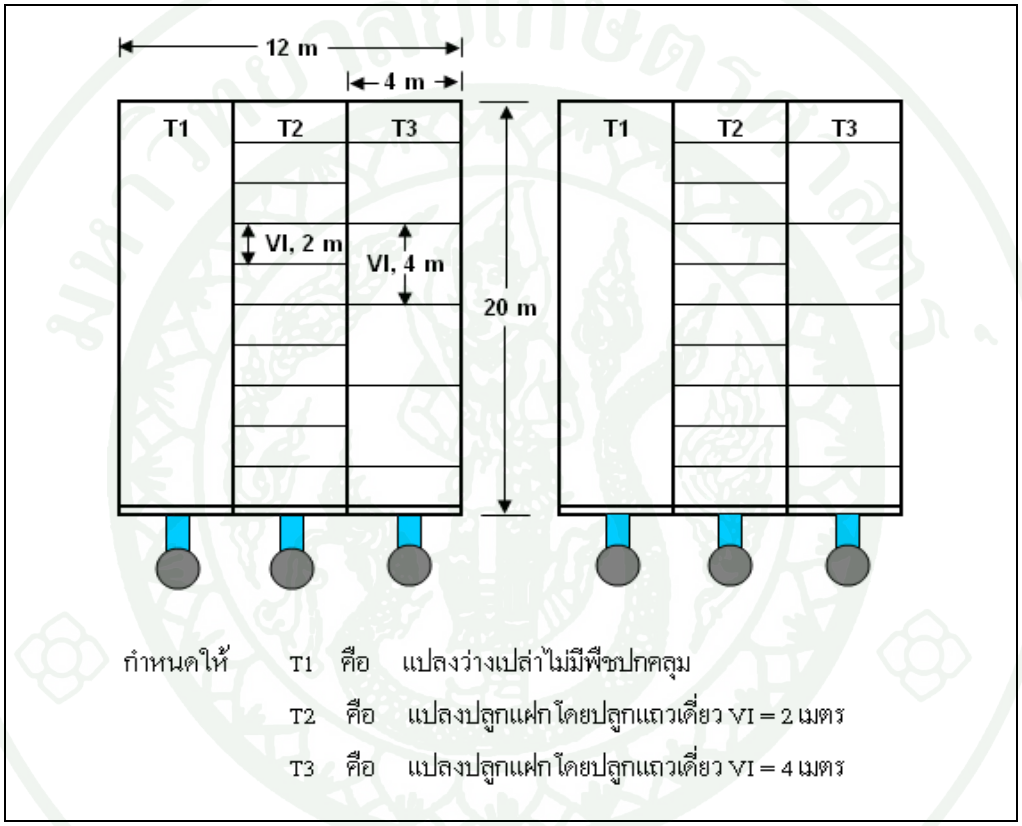
คัดเลือกพื้นที่บริเวณศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 จังหวัดสุโขทัย ที่มีความสม่ำเสมอและมีความลาดชัน 3 ระดับ ได้แก่ 0-5, 10-15 และ 25-30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นการทดลองกับสภาพพื้นที่จริงตามธรรมชาติ และหลังจากที่มีการปลูกแฝกมาแล้วเป็นระยะเวลา 1 ปี เพื่อต้องการให้เห็นอิทธิพลของแฝกต่อการป้องกันการสูญเสียดินได้จริงตามสภาพพื้นที่นั้นๆ โดยสร้างแปลงทดลองวางขนานไปตามด้านลาดที่มีความชันไปทางเดียวกัน ซึ่งการทดลองนี้มี 3 รูปแบบการทดลอง ดังนี้

1) การทดลองรูปแบบที่ 1 เป็นแปลงที่อยู่บริเวณไหล่ถนน มีขนาดแปลงทดลอง 2x2 เมตร ระดับความลาดชัน25-30 เปอร์เซ็นต์ มี 3 สิ่งทดลอง แต่ละสิ่งทดลองมี4 ซ้ำ ได้แก่ แปลงว่างเปล่าไม่มีพืชปกคลุม (แปลงว่างเปล่า) แปลงปลูกแฝก1 แถว (แฝก 1 แถว) และแปลงปลูกแฝก 2 แถว ระยะห่างตามแนวดิ่ง (Vertical Interval; VI) 1.50 เมตร (แฝก 2 แถว) (ภาพที่4)



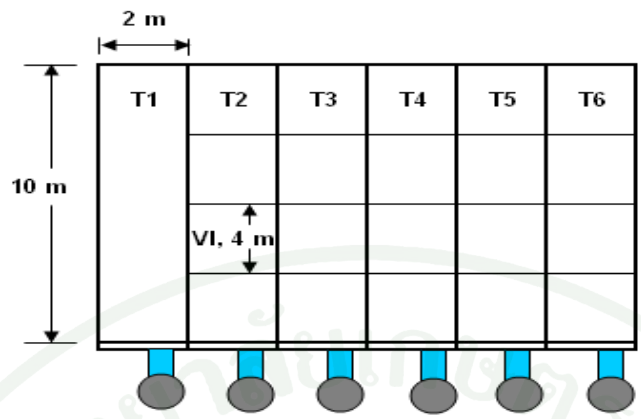
ภาพที่ 4 ผังการทดลองของรูปแบบการทดลองที่ 1

2) การทดลองรูปแบบที่2 เป็นแปลงที่มีการปลูกแฝกโดยมีระยะห่างระหว่างแถวแตกต่างกัน มีขนาดแปลงทดลอง4x20 เมตร ระดับความลาดชัน10-15 เปอร์เซ็นต์ มี 3 สิ่งทดลอง แต่ละสิ่งทดลองมี 2 ซ้ำ ได้แก่ แปลงว่างเปล่าไม่มีพืชปกคลุม (แปลงว่างเปล่า) แปลง ปลูกแถวเดี่ยวตามแนวระดับระยะห่างตามแนวดิ่ง 2 เมตร (VI = 2 เมตร) และแปลง ปลูกแถวเดี่ยวตามแนวระดับระยะห่างตามแนวดิ่ง 4 เมตร (VI = 4 เมตร) (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 ผังการทดลองของรูปแบบการทดลองที่ 2

3) การทดลองรูปแบบที่3 เป็นแปลงที่มีการปลูกแฝกโดยมีระยะห่างระหว่างต้นแตกต่างกัน แต่มีระยะห่างระหว่างแถวเท่ากัน คือ 4 เมตร มีขนาดแปลง 2x10 เมตร ระดับความลาดชัน 0-5 เปอร์เซ็นต์ มี 6 สิ่งทดลอง แต่ละสิ่งทดลองมี 1 ซ้ำ ได้แก่ แปลงว่างเปล่า (Bare soil) แปลงปลูกแฝกโดยมีระยะห่างระหว่างต้น 5 เซนติเมตร (5 เซนติเมตร) แปลงปลูกแฝก โดยมีระยะห่างระหว่างต้น 10 เซนติเมตร (10 เซนติเมตร) แปลงปลูกแฝก โดยมีระยะห่างระหว่างต้น 15 เซนติเมตร (15 เซนติเมตร) แปลงปลูกแฝก โดยมีระยะห่างระหว่างต้น 20 เซนติเมตร (20 เซนติเมตร) แปลงปลูกแฝกโดยมีระยะห่างระหว่างต้น 25 เซนติเมตร (25 เซนติเมตร) (ภาพที่ 6)



กำหนดให้ T1 คือ แปลงว่างเปล่าไม่มีพืชปกคลุม
T2 คือ แปลงปลูกแฝกโดยมีระยะห่างระหว่างต้น 5 เซนติเมตร
T3 คือ แปลงปลูกแฝกโดยมีระยะห่างระหว่างต้น 10 เซนติเมตร
T4 คือ แปลงปลูกแฝกโดยมีระยะห่างระหว่างต้น 15 เซนติเมตร
T5 คือ แปลงปลูกแฝกโดยมีระยะห่างระหว่างต้น 20 เซนติเมตร
T6 คือ แปลงปลูกแฝกโดยมีระยะห่างระหว่างต้น 25 เซนติเมตร

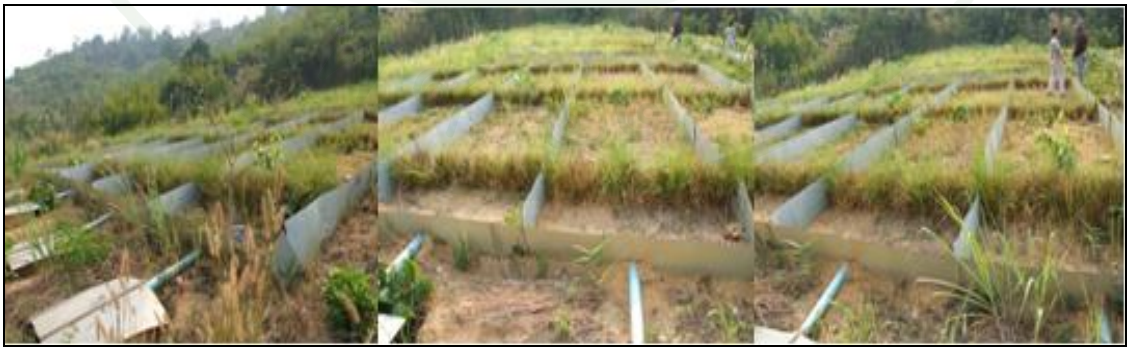
ภาพที่ 6 ผังการทดลองของรูปแบบการทดลองที่ 3

2. การสร้างแปลงทดลอง

สร้างแปลงทดลองขนาด 2x2 เมตร 4x20 เมตร และ 2x10 เมตร วางขนานไปตามด้านลาดที่มีความชันไปทางเดียวกันโดยใช้แผ่นสังกะสีเป็นขอบแปลง โดยฝังลึกลงในดิน 25 เซนติเมตร และสูงเหนือระดับผิวดิน 25 เซนติเมตร เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำจากภายนอกไหลเข้ามาในแปลงทดลองได้ ด้านล่างของแปลงทดลองมีรางสังกะสีรับน้ำและตะกอน ต่อท่อพีวีซีส่งน้ำจากแปลงทดลองลงในบ่อสำหรับเก็บน้ำและตะกอน ซึ่งเป็นบ่อซีเมนต์ สูง 0.5 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 เมตร (ภาพที่ 7 ถึงภาพที่ 9)

ภาพที่ 7 แปลงทดลองขนาด 2x2 เมตร ของรูปแบบการทดลองที่ 1 ณ ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 จังหวัดสุโขทัย

ภาพที่ 8 แปลงทดลองขนาด 4x20 เมตร ของรูปแบบการทดลองที่ 2 ณ ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 จังหวัดสุโขทัย



ภาพที่ 9 แปลงทดลองขนาด 2x10 เมตร ของรูปแบบการทดลองที่ 3 ณ ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 จังหวัดสุโขทัย

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 การสูญเสียดิน

1) ข้อมูลน้ำฝน รวบรวมข้อมูลฝนจากเครื่องวัดน้ำฝนแบบไม่อัตโนมัติ ขนาด 8 นิ้ว ที่ติดตั้งบริเวณแปลงทดลองศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 จังหวัดสุโขทัย ในช่วงฤดูฝนตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ปี พ.ศ.2553

2) เก็บตัวอย่างตะกอนและน้ำ ทุกครั้งหลังฝนตก โดยวัดความสูงของน้ำในบ่อเก็บตะกอน แล้วกวนตะกอนและน้ำให้เข้ากัน จากนั้นจึงเก็บตัวอย่างน้ำตะกอนใส่ขวดเก็บตัวอย่างขนาด 1 ลิตร แล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณการสูญเสียดิน จากแปลงทดลอง โดยกรองตัวอย่างตะกอนด้วยกระดาษกรอง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปชั่งหาน้ำหนักแห้ง แล้วเทียบออกมาเป็นรูปน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่

3.2 ปริมาณคาร์บอนในดิน

1) เก็บตัวอย่างดินในแปลงทดลองการสูญเสียดิน เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (Soil organic carbon; SOC) ในดิน โดยวิธี Walkley and Black Titration (Walkley and Black, 1934) โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินในแปลงที่ทำการทดลองจำนวน 30 ตัวอย่าง ที่ระดับความลึกของดิน 0-15 เซนติเมตร โดยใช้พลั่วสำรวจดิน และสว่านเก็บดิน หลังจากนั้นนำตัวอย่างดินที่เป็นสิ่งทดลองเดียวกันมาผสมคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน รวมเป็น 1 ตัวอย่าง เรียกว่าตัวอย่างแบบ Composite และส่งตรวจวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาว นวัฒวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ ได้เก็บตัวอย่างดินทั้งหมด 3 ครั้ง ตลอดการทดลอง โดยแบ่งเป็น 3 ช่วง ดังนี้ ครั้งที่ 1 ก่อนการทดลองเก็บตัวอย่างดินต้นเดือนพฤษภาคม และครั้งที่ 2 ช่วงระหว่างทำการทดลองเก็บตัวอย่างดินเดือนกลางสิงหาคม ส่วนครั้งที่ 3 หลังการทดลองเก็บตัวอย่างดินต้นเดือนพฤศจิกายนหลังจากหมดฝนแล้ว

2) ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) เก็บตัวอย่างดินโดยใช้กระบอกเก็บดิน (Soil core) ในแต่ละแปลงทดลอง (ทั้งหมด 3 ครั้ง) บริเวณเดียวกันกับ ข้อ 1) โดยเก็บตัวอย่างดินที่

ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จากผิวดิน คำนวณหาความหนาแน่นรวมของดิน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณปริมาณคาร์บอนในดิน ต่อไป

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การสูญเสียดิน

วิเคราะห์ปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียจากแปลงทดลอง ในแต่ละรูปแบบการทดลอง โดยการคำนวณหาปริมาณเป็นรายวันที่มีฝนตก แล้วรวมเป็นรายเดือน และรายปีต่อไป จากนั้นทำการเปรียบเทียบการสูญเสียดินระหว่างตำรับการทดลอง ของแต่ละรูปแบบการทดลอง

4.2 ประสิทธิภาพของแฝกต่อการสูญเสียดิน

ประเมินหาประสิทธิภาพของแฝกในการป้องกันการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายของดิน โดยใช้สมการ ที่ (1) และทำการ ทดสอบความแตกต่างของ ประสิทธิภาพของแฝก ในการป้องกันการสูญเสียดินของแต่ละรูปแบบการทดลอง โดยวิธีวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างประสิทธิภาพของแฝกแต่ละวิธีปลูกตามรูปแบบการทดลองนั้นๆ

$$EV = \left[\frac{A_{BS} - A_{TR}}{A_{BS}}\right] \times 100 \qquad (1)$$

เมื่อ EV คือ ประสิทธิภาพของแฝก (เปอร์เซ็นต์)

A_{BS} คือ ปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียจากแปลงว่าง เปล่า (ตันต่อเฮกแตร์)

A_{TR} คือ ปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียจากแปลงปลูกแฝก (ตันต่อเฮกแตร์)

4.3 ปริมาณคาร์บอนในดิน

1) ปริมาณคาร์บอนในดิน ประเมินหาปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บอยู่ในดินในแปลงทดลองการชะล้างพังทลายของดิน โดยคำนวณหาค่าปริมาณของคาร์บอนที่ กักเก็บ ในดินต่อหน่วยพื้นที่ ปริมาณคาร์บอนที่ระดับความลึกดิน 0-15 เซนติเมตร ที่วิเคราะห์ได้นำมาคำนวณให้อยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (Percent by volume) ค่าที่ได้แต่ละค่านั้นนำมาคูณด้วยค่าความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) แล้วคูณด้วยความหนาของดินตามระดับความลึก (Soil depth interval) ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินต่อพื้นที่นั้น จึงเป็นปริมาณคาร์บอนที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จากผิวดิน คำนวณปริมาณคาร์บอนในดิน ดังสมการที่ (2)

$$SOC = CC \times BD \times SD \qquad (2)$$

เมื่อ SOC คือ ปริมาณคาร์บอนในดิน (กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตร)

CC คือ ความเข้มข้นของคาร์บอน (กรัมคาร์บอนต่อกรัมดิน)

BD คือ ความหนาแน่นของดิน (กรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

SD คือ ความลึกดิน (เมตร)

2) ประสิทธิภาพของแฝกต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน ประเมินโดยใช้สมการที่ (3) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างประสิทธิภาพของแฝกต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินของแต่ละวิธีปลูกตามรูปแบบการทดลองนั้นๆ

$$SOC_{EF} = \left[\frac{SOC_{TR} - SOC_{BS}}{SOC_{TR}}\right] \times 100 \qquad (3)$$

เมื่อ SOC_{EF} คือ ประสิทธิภาพของแฝก (เปอร์เซ็นต์)

SOC_{BS} คือ ปริมาณคาร์บอนในดินจากแปลงว่าง เปล่า (ตันต่อเฮกแตร์)

SOC_{TR} คือ ปริมาณคาร์บอนในดินจากแปลงปลูกแฝก (ตันต่อเฮกแตร์)

ผลและวิจารณ์

จากการศึกษาเรื่อง ประสิทธิภาพของแฝกในการป้องกันการสูญเสียดินและกักเก็บคาร์บอนในดิน บริเวณศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 จังหวัดสุโขทัย ซึ่งได้เริ่มทำการเก็บข้อมูล ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2553 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2553 ได้ผลการศึกษาดังนี้

1. การสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายของดินในลักษณะแปลงทดลอง

จากการเก็บรวบข้อมูลน้ำฝน และสร้างแปลงทดลองของการปลูกแฝกในรูปแบบต่างๆ บนพื้นที่ลาดชัน 3 ระดับ เพื่อใช้ในการศึกษาการสูญเสียดิน จากตารางผนวกที่ 1 ถึงตารางผนวกที่ 12 สามารถสรุปและแยกอธิบายได้ดังนี้

1.1 การทดลองรูปแบบที่ 1 ซึ่งเป็นแปลงที่อยู่บริเวณไหล่ถนน มีความลาดชันที่ระดับ 25-30 เปอร์เซ็นต์ พบว่าแปลงว่างเปล่าไม่มีพืชปกคลุมเป็นแปลงที่มีการสูญเสียดินสูงที่สุด เท่ากับ 543.20 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ซึ่งมีระดับการสูญเสียดินอยู่ที่ระดับรุนแรงมากที่สุด (Extremely severe) เมื่อเทียบกับระดับการสูญเสียดินในประเทศไทย จากการประเมินของกรมพัฒนาที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน , 2545) โดยแปลงว่างเปล่าไม่มีพืชปกคลุมมีการสูญเสียดินน้อยที่สุดในเดือนพฤษภาคมและมากที่สุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 15.59 และ 207.64 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ส่วนแปลงที่มีการสูญเสียดินสูงรองจากแปลงว่างเปล่าไม่มีพืชปกคลุมของรูปแบบการทดลองที่ 1 คือแปลงปลูกแฝก 1 แถว มีการสูญเสียดินเท่ากับ 172.99 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ซึ่งยังคงมีการสูญเสียดินอยู่ที่ระดับรุนแรงมากที่สุดอยู่ โดยมีการสูญเสียดินน้อยที่สุดในเดือนพฤษภาคม เท่ากับ4.67 ตันต่อเฮกแตร์ และมากที่สุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 62.11 ตันต่อเฮกแตร์และแปลงที่มีการสูญเสียดินต่ำที่สุดของการทดลองรูปแบบที่ 1 ได้แก่ แปลงปลูกแฝก2 แถว ที่มีระยะห่างตามแนวดิ่ง1.5 เมตร สูญเสียดินเท่ากับ42.50 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าแปลงปลูกแฝก2 แถว ได้ลดระดับการสูญเสียดินจากแปลงว่างเปล่าไม่มีพืชปกคลุมและแปลงปลูกแฝก 1 แถว ที่มีระดับรุนแรงมากที่สุดมาอยู่ที่ระดับรุนแรง (Severe) ซึ่งแปลงปลูกแฝก 2 แถว มีการสูญเสียดินน้อยที่สุดในเดือนพฤษภาคมและมากที่สุดในเดือนกันยายนเช่นเดียวกันกับทุกแปลง โดยมีค่าเท่ากับ 0.51 และ 19.03 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2 และตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 การสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายของดินในลักษณะแปลงทดลอง บริเวณศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 จังหวัดสุโขทัย

ปริมาณฝน/	การสูญเสียดิน (ตันต่อเฮกแตร์)						
รูปแบบการทดลอง	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	รวม
ปริมาณฝน (มม.)	76.17	171.62	330.16	380.44	328.71	253.53	1540.63
รูปแบบที่ 1							
แปลงว่างเปล่า	15.59	45.35	66.83	118.30	207.69	89.43	543.20
แฝก 1 แถว	4.67	13.96	28.37	50.59	62.11	13.27	172.99
แฝก 2 แถว	0.51	0.63	6.68	12.20	19.03	3.45	42.50
รูปแบบที่ 2							
แปลงว่างเปล่า	2.89	23.18	54.92	80.34	74.08	35.62	271.04
VI = 2 เมตร	0.07	0.36	1.21	1.20	2.04	0.52	5.39
VI = 4 เมตร	0.32	1.47	4.43	5.38	7.39	1.87	20.85
รูปแบบที่ 3							
แปลงว่างเปล่า	1.058	4.292	14.093	16.581	11.661	4.500	52.184
5 เซนติเมตร	0.000	0.009	0.079	0.223	0.173	0.015	0.500
10 เซนติเมตร	0.035	0.073	0.243	0.487	0.280	0.086	1.203
15 เซนติเมตร	0.090	0.151	0.490	1.132	0.551	0.229	2.643
20 เซนติเมตร	0.454	0.645	2.157	2.789	1.923	0.424	8.392
25 เซนติเมตร	0.536	0.802	2.545	3.209	2.171	0.426	9.690

สาเหตุที่ แปลงปลูกแฝก 2 แถว มีการสูญเสียดินต่ำสุดเนื่องจาก การปลูกแฝก 2 แถว เปรียบเสมือนมีกำแพงเพิ่มเป็น2 ชั้น คอยรองรับตะกอนและปริมาณน้ำไหลบ่าจากชั้นที่แรกที่อยู่ถัดขึ้นไป จึงเป็นการช่วยป้องกันการสูญเสียดินและน้ำได้อีกเท่าหนึ่งนั่นเอง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Anusontpornperm *et al.* (1996) ที่ทำการศึกษาอิทธิพลของแฝกต่อการควบคุมชะล้างพังทลายของดิน ในพื้นที่ไร่อ้อย ไร่ข้าวโพด และไร่มันสำปะหลัง บริเวณบ้านห้วยบอง อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา ระยะเวลา 2 ปี พบว่า การสูญเสียดินจากแปลงควบคุมมีปริมาณการสูญเสียดินสูงสุดทั้งสองปี ส่วนปริมาณการสูญเสียดินสูงสุดรองจากแปลงควบคุมมาจากแปลงปลูกแฝก 1 แถว โดยทั้งสองปีแปลงปลูกแฝก 2 แถวสามารถควบคุมน้ำไหลบ่าและลดปริมาณตะกอนได้ดีที่สุด

ตารางที่ 3 ระดับการสูญเสียดินในประเทศไทย จากการประเมินของกรมพัฒนาที่ดิน

ชั้น	ระดับ	การสูญเสียดิน		CER (มิลลิเมตร/ปี)
		ตัน/ไร่/ปี	ตัน/เฮกแตร์/ปี	
1	Slight	0-2	0.00-12.25	< 0.96
2	Moderate	2-5	12.25-31.25	0.96-2.40
3	Severe	5-15	31.25-93.75	2.40-7.20
4	Very severe	15-20	93.75-125.00	7.20-9.60
5	Extremely severe	> 20	> 125.00	> 9.60

หมายเหตุ: Soil loss tolerance (permissible soil loss) = 2 ton/rai/yr

CER = Catchment erosion rate = 0.96 mm/yr

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2545)

นอกจากนี้ เรวัติ และประศาสตร์(2537) ยังพบอีกว่า การใช้แถบของแฝกทำให้ปริมาณตะกอนดินที่ถูกพัดพาลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และการใช้จำนวนแถวของแฝกเพิ่มขึ้นจาก 1 แถว เป็น 2 แถว ทำให้ปริมาณตะกอนดินลดลง

1.2 การทดลองในรูปแบบที่ 2 (ตารางที่ 2) เป็นแปลงทดลองที่มีระยะห่างระหว่างแถวแฝกตามแนวดิ่งที่ต่างกัน บนพื้นที่ลาดชัน10-15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการเปรียบเทียบการสูญเสียดินในแต่ละแปลงทดลอง พบว่า แปลงว่างเปล่าไม่มีพืชปกคลุมมีการสูญเสียดินสูงสุดเท่ากับ 271.04 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี การสูญเสียดินอยู่ที่ระดับรุนแรงมากที่สุด(Extremely severe) ตามระดับการสูญเสียดินของกรมพัฒนาที่ดิน (2545) (ตารางที่ 3) ซึ่งสูญเสียดินน้อยที่สุดในเดือน พฤษภาคมและมากที่สุดในเดือนสิงหาคม เท่ากับ 2.89 และ 80.34 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ และแปลงที่มีการสูญเสียดิน สูงรองจากแปลงว่างเปล่าไม่มีพืชปกคลุมของรูปแบบการทดลองที่2 คือ แปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยวตามแนวระดับระยะห่างตามแนวดิ่ง 4 เมตร เท่ากับ 20.85 ตันต่อเฮกแตร์ ต่อปี มีระดับการสูญเสียดินปานกลาง (Moderate) เห็นชัดเจนว่าการปลูกแฝกแถวเดี่ยวตามแนวระดับระยะห่างตามแนวดิ่ง 4 เมตร ขวางความลาดเทของพื้นที่จะช่วยลดลดการสูญเสียดินได้มาก จากแปลงว่างเปล่าที่มีระดับการสูญเสียดินรุนแรงมากที่สุดมาเหลืออยู่ที่ระดับปานกลาง โดย สูญเสียดินน้อยที่สุดในเดือนพฤษภาคมและมาก

ที่สุดในเดือนกันยายน เท่ากับ0.32 และ 7.39 ตันต่อเฮกแตร์ตามลำดับส่วนแปลงที่มีการสูญเสียดินต่ำที่สุดของการทดลองรูปแบบที่2 ได้แก่ แปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยวตามแนวระดับระยะห่างตามแนวดิ่ง 2 เมตร สูญเสียดินเท่ากับ 5.39 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี เมื่อพิจารณาแล้วพบว่า แปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยวตามแนวระดับระยะห่างตามแนวดิ่ง 2 เมตรได้ลดระดับการสูญเสียดินจากแปลงว่างเปล่าไม่มีพืชปกคลุมที่มีการสูญเสียดินระดับรุนแรงมากที่สุด และแปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยวตามแนวระดับระยะห่างตามแนวดิ่ง 4 เมตรที่มีระดับปานกลาง มาอยู่ที่ระดับเล็กน้อย(Slight) ซึ่งแปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยวตามแนวระดับระยะห่างตามแนวดิ่ง 2 เมตร มีการสูญเสียดินน้อยที่สุดในเดือนพฤษภาคมและมากที่สุดในเดือนกันยายนเช่นเดียวกับแปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยวตามแนวระดับระยะห่างตามแนวดิ่ง 4 เมตร โดยมีค่าเท่ากับ 0.07 และ 2.04 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ จากผลการศึกษาที่ได้ทำให้เห็นว่าเมื่อปลูกแฝกที่มีระยะห่างตามแนวดิ่งแคบลงทำให้ปริมาณของการสูญเสียดินลดลงด้วยเช่นกัน เพราะช่วยลดความเร็วและความรุนแรงแรงของการน้ำไหลบ่าหน้าดินนั่นเอง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ เรวัติและประศาสตร์(2537) ที่กล่าวไว้ว่าการใช้แถบของแฝกทำให้ปริมาณตะกอนดินที่ถูกพัดพาลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการปลูกแฝกแถวเดี่ยวระยะห่างตามแนวดิ่ง 1 เมตร มีแนวโน้มว่าสามารถลดปริมาณตะกอนดินและปริมาณน้ำไหลบ่าลงได้มากเมื่อเทียบกับวิธีการมาตรฐานอื่นๆ

1.3 รูปแบบการทดลองที่ 3 (ตารางที่ 2) เป็นแปลงทดลองที่มีการปลูกแฝกโดยมีระยะห่างระหว่างต้นที่แตกต่างกัน บนพื้นที่ลาดชัน 0-5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า แปลงว่างเปล่าไม่มีพืชปกคลุมยังเป็นแปลงที่มีการสูญเสียดินสูงสุดเช่นเดียวกันกับรูปแบบการทดลองที่ 1 และ 2 คือเท่ากับ 52.184 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี การสูญเสียดินอยู่ในระดับรุนแรง (Severe) ตามระดับการสูญเสียดินของกรมพัฒนาที่ดิน (2545) (ตารางที่ 3) ซึ่งสูญเสียดินน้อยที่สุดในเดือนพฤษภาคมและมากที่สุดในเดือนสิงหาคม เท่ากับ 1.058 และ 16.581 ตันต่อเฮกแตร์ตามลำดับและแปลงที่มีการสูญเสียดินต่ำที่สุดของรูปแบบการทดลองที่ 3 คือ แปลงปลูกแฝก ที่มีระยะห่างระหว่างต้น 5 เซนติเมตร สูญเสียดินเท่ากับ 0.500 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี มีการสูญเสียดินที่ระดับเล็กน้อย (Slight) โดยไม่มีการสูญเสียดินเลยในเดือนพฤษภาคมเนื่องจากเป็นเดือนแรกที่เริ่มเข้าสู่ฤดูฝน ยังมีปริมาณและความหนักเบาของฝนที่น้อยอยู่ ประกอบเป็นพื้นที่ที่มีระดับความลาดชันต่ำ(5 เปอร์เซ็นต์) อีกทั้งดินยังสามารถซึมซาบน้ำได้มากเพราะแห้งมานานทำให้แปลงปลูกแฝกที่มีระยะห่างระหว่างต้น5 เซ็นติเมตร ของเดือนพฤษภาคมไม่มีการสูญเสียดินและเดือนที่สูญเสียดินมากที่สุดคือ เดือนสิงหาคม เท่ากับ 0.223 ตันต่อเฮกแตร์ ส่วนแปลงที่มีการสูญเสียดินต่ำสุดรองลงมาได้แก่แปลงที่มีระยะห่างระหว่างต้น 10, 15, 20 และ 25 เซนติเมตรเท่ากับ 1.20, 2.64, 8.39 และ 9.69 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ โดยทุกแปลงมีการสูญเสียดินอยู่ในระดับต่ำซึ่งทั้งหมดมีปริมาณการสูญเสียดินต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม และสูงสุดในเดือน

สิงหาคม เช่นเดียวกับแปลงว่างเปล่าและแปลง ปลูกแฝก ที่มีระยะห่างระหว่างต้น 5 เซนติเมตร ซึ่งแปลงที่มีการปลูกแฝกในรูปแบบการทดลองที่ 3 ทุกแปลง สามารถลดระดับการสูญเสียดินที่มีระดับรุนแรงของแปลงว่างเปล่าให้มาอยู่ที่ระดับเล็กน้อยได้ทั้งหมด และเมื่อพิจารณาแล้วก็พบว่าปริมาณการสูญเสียดินลดลงเมื่อระยะห่างระหว่างต้นเฝกลดลง

การสูญเสียดินในลักษณะแปลงทดลองของแต่ละรูปแบบการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนตามวิธีการปลูกแฝกเห็นได้ว่าการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายของดินในแปลงว่างเปล่าไม่มีพืชปกคลุมมีการสูญเสียดินสูงที่สุดทุกรูปแบบการทดลอง เนื่องจากไม่มีสิ่งปกคลุมและ ขาดมาตรการในการอนุรักษ์ดินและน้ำ และแปลงที่มีการปลูกแฝกทุกแปลงของแต่ละรูปแบบการทดลองจะช่วยลดการสูญเสียดินจากแปลงว่างเปล่าไม่มีพืชปกคลุมได้อย่างมาก สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Inthapan *et al.* (1996) ที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลจากลักษณะของการปลูกแฝกที่แตกต่างกัน โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของการปลูกแฝกแถวเดี่ยวที่มีระยะห่างระหว่างแถวตามแนวดิ่ง รวมถึงการศึกษาการปลูกแฝกแถวเดี่ยวที่มีระยะห่างระหว่างต้นต่างกันใน 4 พื้นที่ พบว่าแปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยวที่มีระยะห่างตามแนวดิ่งและระยะห่างระหว่างต้น ทุกระดับ มีอิทธิพลอย่างมากต่อการลดปริมาณการสูญเสียดินในทุกพื้นที่

นอกจากวิธีการปลูกแฝกที่แตกต่างกันแล้ว ปริมาณและ ความถี่ของฝนที่ตกในแต่ละเดือนรวมถึงความหนักเบาของฝนที่ตกแต่ละครั้งยังมีอิทธิพลอย่างมากต่อการชะล้างพังทลายของดินในแต่ละพื้นที่ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ยังได้ตั้งสมมติฐานอีกว่า หากมีปริมาณน้ำฝนที่ตกเท่ากันแล้ว การสูญเสียดินของการปลูกแฝกแต่ละวิธีจะยังได้ผลเหมือนเดิมตามฝนที่วัดได้จริงในแต่ละเดือนตามตารางที่ 1 หรือไม่ โดยทำการเทียบเป็นน้ำฝนที่ตกลงมา 10 มิลลิเมตร เท่ากันหมดทุกแปลงของแต่ละรูปแบบการทดลอง (ตารางที่ 4) ซึ่งผลการศึกษาพบว่า แม้ว่าปริมาณของฝนจะมีเท่ากันคือ 10 มิลลิเมตรแต่ปริมาณและรูปแบบของการสูญเสียดินยังคงเหมือนเดิมตามผลที่ได้ดังตารางที่ 1 คือแปลงว่างเปล่าไม่มีพืชปกคลุมยังเป็นแปลงที่มีการสูญเสียดินสูงสุดอยู่ในทุกรูปแบบการทดลองและแปลงที่มีการสูญเสียดินน้อยที่สุดของรูปแบบการทดลองที่ 1, 2 และ 3 คือ แปลงปลูกแฝก 2 แถว แปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยวระยะห่างตามแนวดิ่ง 2 เมตร และแปลง ปลูกแฝกแถวเดี่ยวที่มีระยะห่างระหว่างต้น 5 เซนติเมตร นั่นแสดงว่า แม้จะมีปริมาณฝนที่เท่ากันแต่ปริมาณการสูญเสียดินที่เกิดขึ้นในแต่ละวิธีการปลูกแฝกหรือแต่ละรูปแบบการทดลองยังคงเหมือนเดิม ซึ่งหมายถึงแปลงที่มีการสูญเสียดินมากที่สุดและน้อยที่สุดก็ยังเป็นแปลงเดิมตามปริมาณฝนที่วัดได้จริง แต่มีความแตกต่างเพียงเล็กน้อยตรงที่แต่ละเดือนมีปริมาณตะกอนมากน้อยเปลี่ยนแปลงไป เช่น รูปแบบการ

ตารางที่ 4 การสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายของดินต่อปริมาณน้ำฝน 10 มิลลิเมตร

ปริมาณฝน/	การสูญเสียดิน (ตันต่อเฮกแตร์)						
รูปแบบการทดลอง	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	รวม
รูปแบบที่ 1							
แปลงว่างเปล่า	4.07	10.92	18.05	18.00	43.30	26.82	121.16
แฝก 1 แถว	1.24	3.21	6.22	6.45	11.37	3.98	32.47
แฝก 2 แถว	0.13	0.11	1.12	1.55	3.13	1.05	7.10
รูปแบบที่ 2							
แปลงว่างเปล่า	0.75	5.37	16.84	16.17	17.79	10.16	67.08
VI = 2 เมตร	0.05	0.17	0.46	0.19	0.19	0.13	1.20
VI = 4 เมตร	0.14	0.46	0.92	0.44	0.54	0.53	3.04
รูปแบบที่ 3							
แปลงว่างเปล่า	0.277	0.962	3.079	3.428	2.236	1.149	11.131
5 เซนติเมตร	0.000	0.002	0.012	0.031	0.025	0.003	0.073
10 เซนติเมตร	0.009	0.013	0.034	0.069	0.041	0.018	0.185
15 เซนติเมตร	0.024	0.028	0.094	0.183	0.084	0.052	0.464
20 เซนติเมตร	0.119	0.134	0.510	0.594	0.392	0.099	1.848
25 เซนติเมตร	0.141	0.171	0.612	0.690	0.459	0.097	2.171

ทดลองที่ 1 แปลงปลูกแฝก 1 แถว ปริมาณตะกอนจากฝนที่วัดได้จริงของเดือนมิถุนายนมีมากกว่าเดือนตุลาคม แต่พอเทียบเป็นเป็นปริมาณฝน 10 มิลลิเมตร แล้วพบว่าปริมาณตะกอนของเดือนตุลาคมกลับมากกว่าเดือนมิถุนายน สาเหตุเนื่องจากปริมาณฝนที่วัดได้จริงของเดือนตุลาคมมีมากกว่าเดือนมิถุนายนประมาณ 2 เท่า แต่ปริมาณตะกอนที่ได้ของทั้งสองเดือนใกล้เคียงกัน และเมื่อเทียบกันโดยใช้ปริมาณน้ำฝนที่เท่ากันแล้วทำให้ปริมาณตะกอนของเดือนตุลาคมมีมากกว่าเดือนมิถุนายน แต่ก็ยังคงใกล้เคียงกันเหมือนเดิม แสดงให้เห็นว่าฝนที่ตกในเดือนมิถุนายนมีความหนักเบามากกว่าฝนที่ตกเดือนตุลาคมเพราะมีปริมาณฝนและจำนวนวันของฝนที่ตกน้อยกว่าแต่กลับมีปริมาณตะกอนที่มากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับ นิวัติ (2547) ที่ว่า การชะล้างพังทลายของดินมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับลักษณะของฝน เช่น ความหนักเบา ระยะเวลาที่ฝนตก ปริมาณน้ำฝน ขนาดเม็ดฝน ความเร็ว ชนิดและการกระจายของฝนในแต่ละฤดูกาล เช่นเดียวกันกับ แปลงปลูกแฝก 1 แถว ของ

รูปแบบการทดลองที่ 1 ที่มีปริมาณตะกอนน้อยสุดที่เดือนพฤษภาคม แต่พอเทียบเป็นปริมาณฝน 10 มิลลิเมตร แล้วพบว่า ปริมาณตะกอนน้อยสุดของแปลงปลูกแฝก 2 แถว เปลี่ยนจากเดือนพฤษภาคมมาเป็นเดือนมิถุนายน เหล่านี้เป็นต้น

2. ประสิทธิภาพของแฝกในการป้องกันการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายของดิน

จากการหาประสิทธิภาพของแฝกในการป้องกันการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายของดินในลักษณะแปลงทดลอง (สมการที่ 1) และทำการ ทดสอบความแตกต่างของ ประสิทธิภาพของแฝกในการป้องกันการสูญเสียดินของแต่ละรูปแบบการทดลอง โดยวิธีวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) ดังตารางผนวกที่ 13 ถึงตารางผนวกที่ 15 ผลการศึกษาพบว่า

2.1 รูปแบบการทดลองที่ 1 แปลงปลูกแฝก2 แถวมีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายของดินบริเวณไหล่ถ นนทั้งปี สูงสุดเท่ากับ 92.9 เปอร์เซ็นต์ โดยมีประสิทธิภาพสูงสุดที่เดือนมิถุนายนและต่ำสุดในเดือนตุลาคม เท่ากับ 98.4 และ 84.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนแปลงปลูกแฝก1 แถวมีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียดินรองลงมา คือ 71.2 เปอร์เซ็นต์ โดยมีประสิทธิภาพมากที่สุดเดือนตุลาคมและมีประสิทธิภาพน้อยที่สุดในเดือนกรกฎาคม เท่ากับ 84.5 และ 62.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5) ซึ่งแปลงปลูกแฝก 1 แถว และ 2 แถว มีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายของดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังนั้นในรูปแบบการทดลองที่ 1 ซึ่งเป็นแปลงที่อยู่บริเวณไหล่ถนน ที่มีระดับความลาดชัน25-30 เปอร์เซ็นต์ จึงเหมาะสมที่ควรปลูกแฝก 2 แถว เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการป้องกัน และควบคุม การสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายของดิน ได้สูงสุดเช่นกัน หรืออาจปลูกจำนวนแถวของแฝกเพิ่มได้ตามความเหมาะสมของลักษณะภูมิประเทศ เช่นเมื่อพื้นที่มีความลาดเทมากก็สมควรที่จะเพิ่มแถวของแฝกให้มากขึ้นด้วย หรือเมื่อความยาวของความลาดเทมีมากก็ควรปลูกแฝกขวางไปตลอดตามความยาวของความลาดเทนั้นด้วย

2.2 รูปแบบการทดลองที่ 2 (ตารางที่ 5) แปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยวที่มีระยะห่างระหว่างแถว 2 เมตร มีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียดินเฉลี่ยทั้งปีสูงสุด เท่ากับ 98.3 เปอร์เซ็นต์ โดยมีประสิทธิภาพมากสุดที่เดือนสิงหาคมและน้อยสุดที่เดือนพฤษภาคม เท่ากับ99.0 และ 97.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วน แปลงปลูกแฝก แถวเดี่ยวที่มีระยะห่างระหว่างแถว 4 เมตร มีประสิทธิภาพ ในการป้องกันการสูญเสียดินรองลงมา คือ 92.9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเดือนที่มีประสิทธิภาพมากสุดและน้อยสุดที่

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพของแฝกในการป้องกันการสูญเสียดินในลักษณะแปลงทดลอง บริเวณศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 จังหวัดสุโขทัย

ปริมาณฝน/	ประสิทธิภาพของแฝก (เปอร์เซ็นต์)						
รูปแบบการทดลอง	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	เฉลี่ย
ปริมาณฝน (มม.)	76.17	171.62	330.16	380.44	328.71	253.53	1540.63
รูปแบบที่ 1							
แฝก 1 แถว	66.5	71.1	62.6	70.1	72.4	84.5	71.2*
แฝก 2 แถว	96.4	98.4	92.0	93.2	92.7	84.5	92.9*
รูปแบบที่ 2							
VI = 2 เมตร	97.8	98.4	97.9	99.0	98.1	98.5	98.3*
VI = 4 เมตร	89.3	92.3	91.9	96.2	93.0	94.7	92.9*
รูปแบบที่ 3							
5 เซนติเมตร	100.0	99.9	99.6	99.3	99.2	99.9	99.6*
10 เซนติเมตร	96.6	99.1	99.0	98.4	98.6	98.7	98.4*
15 เซนติเมตร	91.4	98.0	98.5	95.3	97.0	96.0	96.0*
20 เซนติเมตร	56.7	89.4	74.4	82.1	81.3	92.1	79.3*
25 เซนติเมตร	48.9	86.4	79.5	79.3	77.2	92.6	77.3*

หมายเหตุ: * significant difference at 95%

คือเดือนสิงหาคมและเดือนพฤษภาคม เช่นเดียวกันกับปลูกแฝกแถวเดี่ยวที่มีระยะห่างระหว่างแถว 2 เมตร เท่ากับ 96.2 และ 89.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียดินของทั้งสองแปลงนี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นั่นแสดงว่าแปลงที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียดินเฉลี่ยทั้งปีสูงสุดคือแปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยวที่มีระยะห่างระหว่างแถว 2 เมตร มีความเหมาะสมที่จะใช้สำหรับพื้นที่ ที่มีความลาดชัน 10-15 เปอร์เซ็นต์ ของรูปแบบการทดลองที่ 2

2.3 การทดลองรูปแบบที่ 3 (ตารางที่ 5) พบว่า แปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยวที่มีระยะห่างระหว่างต้น 5 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายของดินสูงสุด

เท่ากับ 99.6 เปอร์เซ็นต์ โดยมีประสิทธิภาพมากสุดที่เดือนพฤษภาคม และน้อยสุดที่เดือนกันยายน เท่ากับ 100.0 และ 99.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงว่าเดือนพฤษภาคมไม่มีการสูญเสียดินเกิดขึ้นเลย นอกสาเหตุของการปลูกแฝกที่มีลำต้นชิดติดกันแล้ว(15 เซนติเมตร) อาจเนื่องมาจากเป็นช่วงต้นฤดูฝน ที่มีปริมาณฝน ความหนักเบา และจำนวนวันของฝนที่ตกน้อย ประกอบกับพื้นที่ที่มีความลาดชันต่ำ (0-5 เปอร์เซ็นต์) อีกทั้งดินยังแห้งแล้งมานานทำให้น้ำซึมผ่านได้มากหรือดินยังสามารถดูดซับน้ำได้มากอยู่นั่นเอง ส่วนแปลงปลูกแฝกที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียดินรองลงมา ได้แก่ แปลงปลูกแฝกที่มีระยะห่างระหว่างต้น 10, 15, 20 และ 25 เซนติเมตร โดยมีประสิทธิภาพเท่ากับ 98.6, 96.0, 79.3 และ 77.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบว่าทุกแปลงมี ประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เช่นเดียวกันกับ รูปแบบการทดลองที่ 1 และ 2 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า แปลงปลูกแฝกเถวเดี่ยวที่มีระยะห่างระหว่างต้น 5 เซนติเมตร เป็นแปลงที่มีประสิทธิภาพ ในการป้องกันการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายของดินสูงสุด และควรใช้สำหรับพื้นที่ของการทดลองรูปแบบที่ 3 แต่เนื่องจากพื้นที่ในรูปแบบการทดลองที่ 3 เป็นพื้นที่ลาดชันต่ำ (0-5 เปอร์เซ็นต์) ก็อาจใช้วิธีการ ปลูกแฝกที่มีระยะห่างระหว่างต้นมากกว่า 5 เซนติเมตรได้ แม้ว่าแต่ละวิธีจะมีประสิทธิภาพที่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพมีความใกล้เคียงกันมาก เช่น แปลงปลูกแฝกที่มีระยะห่างระหว่างต้น 10 และ 15 เซนติเมตร ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับระดับความลาดเท ความยาวและรูปร่างความลาดเทของพื้น ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น จำนวนแฝกที่มีหรือสามารถหามาปลูกได้ รวมไปถึงการตัดสินใจของผู้ใช้ประโยชน์ในพื้นที่ด้วยว่าคุ้มค่าต่อการลงทุนหรือไม่ หรือมีความจำเป็นมากน้อยเพียงใด ในการที่จะเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งให้เหมาะสมกับพื้นที่

ประสิทธิภาพของแฝกที่มากน้อยแตกต่างกันในแต่ละเดือนก็เนื่องมาจาก ความแตกต่างของปริมาณการสูญเสียดินของแปลงว่างเปล่าไม่มีพืชปกคลุมซึ่งเป็นแปลงควบคุม กับแปลงที่ปลูกแฝก ซึ่งหาประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียดินได้จากสมการที่ 1 กล่าวคือเดือนไหนมีปริมาณการสูญเสียดินของแปลงว่างเปล่ากับแปลงปลูกแฝกต่างกันมากก็จะทำให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียมากตามไปด้วย แสดงว่าแปลงปลูกแฝกช่วยลดการสูญเสียดินจากแปลงว่างเปล่าได้มากนั่นเอง และจากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าแฝกที่มีระยะห่างระหว่างต้นน้อยลงจะ มีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายของดินสูง ขึ้น เพราะมีช่องว่างให้น้ำและตะกอนผ่านได้น้อยลง อีกทั้งยังช่วยชะลอการไหลของน้ำทำให้น้ำซึมลงดินได้มากขึ้นนั่นเอง ดัง พระราชดำรัสของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว (25 กรกฎาคม 2540) ตอนหนึ่งที่ว่า สิ่งที่ดีมีประโยชน์นั้นจะต้องใช้ให้ถูกต้องตามหลักวิชา และเหมาะสมกับสภาพการณ์ทั่วไปด้วย จึงจะได้ผลที่พึงประสงค์ การปลูกแฝกนั้นจะต้องปลูกให้ชิดติดกันเป็นแผงและวางแนวให้เหมาะสมกับลักษณะภูมิประเทศ

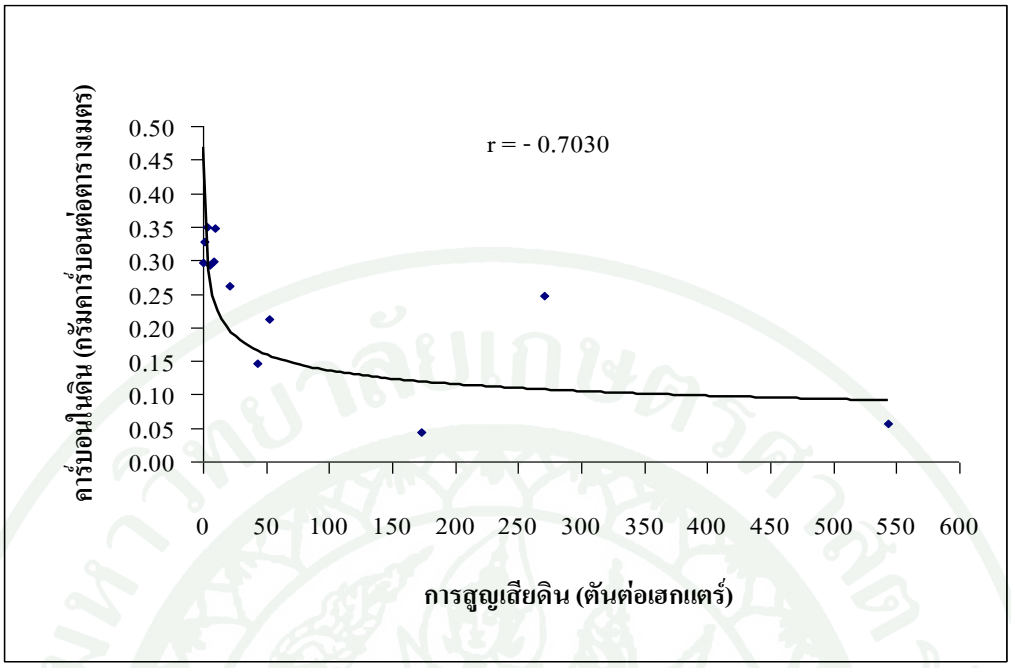
3. ปริมาณคาร์บอนในดิน

การศึกษาปริมาณคาร์บอนในดิน จากแปลงทดลอง การสูญเสียดิน บริเวณพื้นที่ ศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 จังหวัดสุโขทัย ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่สะสมในดินจนถึงระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ของแปลงว่างเปล่าไม่มีพืชปกคลุมมีแนวโน้มลดลงเกือบทุกรูปแบบการทดลอง ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุพบว่าลดลงจากครั้งแรกอย่างชัดเจน เช่น รูปแบบการทดลองที่ 1 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนจากการเก็บตัวอย่างดินครั้งที่ 1 เท่ากับ 0.04 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตร และเมื่อถึงครั้งที่สามปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเท่ากับ 0.02 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตร เป็นต้น ซึ่งสาเหตุที่แปลงว่างเปล่าไม่มีพืชปกคลุมมีแนวโน้มของปริมาณคาร์บอนในดินลดลงเกือบทุกรูปแบบการทดลองเนื่องจาก ปริมาณอินทรียวัตถุสูญเสียไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดินที่พัดพาไป ประกอบกับไม่มีพืชปกคลุมและขาดมาตรการในการอนุรักษ์ดินและน้ำ (ตารางที่ 6) เมื่อพิจารณาปริมาณคาร์บอนในดินครั้งที่ 3 หลังจากหมดฝนแล้ว พบว่ารูปแบบการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน เท่ากับ 0.02, 0.26 และ 0.20 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตร ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่มีค่าลดลง มีเพียงแปลงว่างเปล่าของรูปแบบการทดลองที่ 2 ที่มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเท่าเดิม ส่วนแปลงที่มีการปลูกแฝกในทุกรูปแบบการทดลองส่วนใหญ่การเปลี่ยนแปลงของปริมาณอินทรียวัตถุและอินทรีย์คาร์บอนมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ภาพผนวกที่ 1 ถึงภาพผนวกที่ 3) เนื่องจากอิทธิพลของแฝกทำให้มีการสูญเสียดินน้อยลง อีกทั้งยังได้รับผลผลิตจากเศษซากพืชที่ย่อยสลายกลับคืนสู่ดินด้วยในบางส่วน แต่ก็มีมีบางแปลงทดลองที่มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนลดลงเมื่อทำการศึกษาครบทั้ง 3 ครั้ง ได้แก่ แปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยวที่มีระยะห่างระหว่างแถว 4 เมตร ของรูปแบบการทดลองที่ 2 ซึ่งมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอน 0.16 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตร โดยลดลงจากครั้งแรกที่มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเท่ากับ 0.26 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตร และแปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยวที่มีระยะห่างระหว่างต้น 25 เซนติเมตร ของรูปแบบการทดลองที่ 3 มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเท่ากับ 0.18 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตร ซึ่งลดลงจากครั้งแรกที่มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเท่ากับ 0.32 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตร เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าทั้งสองแปลงนี้เป็นแปลงที่มีการสูญเสียดินสูงรองจากแปลงว่างเปล่าไม่มีพืชปกคลุมของทั้ง 2 รูปแบบการทดลอง และคาดว่าหากมีการปลูกแฝกนานขึ้น ก็สามารถเพิ่มปริมาณการกักเก็บคาร์บอนสู่ดินได้มากขึ้นด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 6 ปริมาณคาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จากแปลงทดลองการสูญเสียดินบริเวณศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 จังหวัดสุโขทัย

รูปแบบการทดลอง	อินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)			คาร์บอนในดิน (กรัมต่อตารางเมตร)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
รูปแบบที่ 1							
แปลงว่างเปล่า	0.38	0.91	0.18	0.04	0.10	0.02	0.06
แฝก 1 แถว	0.51	0.45	0.32	0.05	0.05	0.03	0.04
แฝก 2 แถว	0.92	2.04	1.43	0.09	0.20	0.14	0.15
รูปแบบที่ 2							
แปลงว่างเปล่า	2.43	1.96	2.28	0.26	0.22	0.26	0.25
VI = 2 เมตร	2.56	3.17	2.9	0.26	0.33	0.29	0.29
VI = 4 เมตร	2.43	3.52	1.51	0.26	0.37	0.16	0.26
รูปแบบที่ 3							
แปลงว่างเปล่า	2.45	0.92	1.41	0.32	0.12	0.20	0.21
5 เซนติเมตร	2.69	3.23	3.47	0.26	0.31	0.33	0.30
10 เซนติเมตร	2.32	3.41	3.73	0.25	0.36	0.38	0.33
15 เซนติเมตร	2.33	3.44	2.75	0.29	0.43	0.33	0.35
20 เซนติเมตร	1.86	3.38	2.13	0.23	0.41	0.26	0.30
25 เซนติเมตร	2.42	4.24	1.40	0.32	0.55	0.18	0.35

เมื่อนำการสูญเสียดินกับปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมาหาความสัมพันธ์กันแล้วพบว่า มีความสัมพันธ์ในทิศทางลบหรือตรงกันข้ามกัน ที่ระดับ $r = -0.7030$ นั่นหมายถึงเมื่อ ปริมาณ การสูญเสียดินมีมากขึ้นทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนลดลง (ภาพที่ 10) เนื่องจากการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายของดินโดยน้ำนั้นทำให้เกิดการสูญเสียหน้าดินและอินทรียวัตถุ ตะกอนดินถูกพัดพาไปทับถมในบริเวณอื่นที่ต่ำกว่า หรือถูกพัดพาไปทับถมในแม่น้ำลำธารสายต่างๆ เกิดการเคลื่อนย้ายหรือสูญเสียแร่ธาตุและสารอินทรีย์ภายในดิน ทำให้ดินตื้นขาดความอุดม สมบูรณ์ ตลอดจนทำให้โครงสร้างของดินเสื่อม หรือหากอธิบายในทางกลับกันถ้าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินมีมากหรือ



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนในดินกับการสูญเสียดิน

มีเพิ่มขึ้นแล้ว ทำให้การสูญเสียดินลดลง นั่นเป็นเพราะว่า อินทรียวัตถุในดิน มีผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินอย่างเด่นชัด ถึงแม้ว่าจะมีอยู่ในดินเพียงเล็กน้อยก็ตาม ประมาณ 1-12% ผลกระทบของอินทรียวัตถุในดินต่อสมบัติของดินมีมากมาย เช่น มีความสำคัญต่อการเกิดเม็ดดิน สามารถสร้างสารเชื่อมระหว่างเม็ดดินทำให้ดินเกาะกันเป็นก้อน ทำให้เกิดการรวมตัวของเม็ดดินและทำให้เม็ดดินมีเสถียรภาพ ปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น ช่วยเพิ่มความสามารถ (ความจุ) ทั้งหมดของการซึมน้ำของดิน เพิ่มช่องว่างในการละบายน้ำและอากาศ เป็นต้น ซึ่งสมบัติของดินเหล่านี้ทำให้ดินยากต่อการถูกชะล้างพังทลาย

เมื่อพิจารณาในแง่ของ ประสิทธิภาพของแฝกต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน จากการหาประสิทธิภาพของแฝก ต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน (สมการที่ 3) พบว่า การทดลองรูปแบบที่ 1 แปลงปลูกแฝก 2 แถว มีประสิทธิภาพของแฝกต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน เฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 62.0 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ แปลงปลูกแฝก 2 แถว ซึ่งมีประสิทธิภาพ ต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินเฉลี่ย เท่ากับ 17.2 เปอร์เซ็นต์ และการทดลองรูปแบบที่ 2 แปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยวระยะห่างตามแนวดิ่ง 2 เมตร มีประสิทธิภาพของแฝกต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน เฉลี่ยสูงกว่าแปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยวระยะห่างตามแนวดิ่ง 2 เมตร เล็กน้อย โดยมีค่าเท่ากับ 14.5 และ 13.2 เปอร์เซ็นต์

ตามลำดับ ส่วนการทดลองรูปแบบที่ 3 พบว่า ประสิทธิภาพของแฝกต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินเกือบทุกวิธีการปลูกมีค่าใกล้เคียงกัน โดยแปลงที่มีประสิทธิภาพของแฝกต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินเฉลี่ยสูงที่สุดคือ แปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยวที่มีระยะห่างระหว่าต้น 10 เซนติเมตร เท่ากับ 37.8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแปลงที่มี ประสิทธิภาพของแฝกต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน เฉลี่ยสูงต่ำสุดคือ แปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยวที่มีระยะห่างระหว่าต้น 25 เซนติเมตร (ตารางที่ 7) โดยส่วนใหญ่แล้วแปลงปลูกแฝกที่มีประสิทธิภาพต่อการกักเก็บคาร์บอนใน ดินสูงที่สุดของแต่ละรูปแบบการทดลองคือ แปลงที่มีการสูญเสียดินต่ำที่สุดของรูปแบบการทดลองนั้นๆ และแปลงปลูกแฝกที่มี ประสิทธิภาพต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินต่ำสุดของทุกรูปแบบการทดลองก็เป็นแปลงที่มีการสูญเสียสูญเสียดินสูงที่สุดของรูปแบบการทดลองนั้นๆ ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยเหตุผลเดียวกันกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนในดินกับการสูญเสียดินนั่นเอง

ตารางที่ 7 ประสิทธิภาพของแฝกต่อในการกักเก็บคาร์บอนในดิน ในลักษณะแปลงทดลอง บริเวณศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 จังหวัดสุโขทัย

รูปแบบการทดลอง	ประสิทธิภาพของแฝกต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน (เปอร์เซ็นต์)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
การทดลองที่ 1				
แฝก 1 แถว	18.0	0.0	33.7	17.2
แฝก 2 แถว	52.9	48.3	84.8	62.0
การทดลองที่ 2				
VI = 2 เมตร	1.1	31.9	10.4	14.5
VI = 4 เมตร	0.0	39.7	0.0	13.2
การทดลองที่ 3				
5 เซนติเมตร	0.0	61.2	39.0	33.4
10 เซนติเมตร	0.0	66.3	47.2	37.8
15 เซนติเมตร	0.0	71.7	40.7	37.5
20 เซนติเมตร	0.0	70.8	22.8	31.2
25 เซนติเมตร	0.0	78.0	0.0	26.0

หมายเหตุ: 0.0 หมายถึง แฝกไม่มีประสิทธิภาพต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายของดินในลักษณะแปลงทดลอง

การสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายของดิน พบว่า แปลงว่างไม่มีพืชปกคลุม เป็นแปลงที่มีการสูญเสียดินสูงสุดในทุกรูปแบบการทดลอง โดยการทดลองรูปแบบที่1 แปลงว่างเปล่า แปลงปลูกแฝก 2 แถว และแปลงปลูกแฝก 1 แถว มีการสูญเสียดินเท่ากับ 543.20, 172.99 และ 42.50 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ ซึ่งมีการสูญเสียดินในระดับรุนแรงถึงรุนแรงมากที่สุด ในขณะที่ การทดลองรูปแบบที่ 2 แปลงว่างเปล่าแปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยวระยะห่างตามแนวดิ่ง 2 เมตร และแปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยวระยะห่างตามแนวดิ่ง4 เมตร มีการสูญเสียดินเท่ากับ 271.04, 5.39 และ 20.85 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ โดยมีการสูญเสียดินในระดับปานกลางถึงระดับรุนแรงมากที่สุด ส่วน การทดลองรูปแบบที่ 3 พบว่า แปลงว่างเปล่า มีการสูญเสียดินเท่ากับ 52.184 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี แปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยวระยะห่างระหว่างต้น 5, 10, 15, 20 และ 25 เซนติเมตร มีการสูญเสียดินเท่ากับ 0.500, 1.203, 2.643, 8.392 และ 9.690 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ โดยแปลงว่างเปล่าเป็นแปลงเดียวที่มีการสูญเสียดินในระดับรุนแรง ส่วนแปลงที่มีการปลูกแฝกที่มีระยะห่างระหว่างต้นทุกแปลงการสูญเสียดินอยู่ในระดับเล็กน้อย และปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียดิน บริเวณศูนย์สาธิตการพัฒนาและรณรงค์การใช้แฝกด้านป่าไม้ที่ 2 จังหวัดสุโขทัย คือ ฝน ความลาดชัน และวิธีการปลูกแฝก

2. ประสิทธิภาพของแฝกในการป้องกันการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายของดิน

ประสิทธิภาพของแฝกในการป้องกันการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายของดิน ของการทดลองรูปแบบที่ 1 แปลงปลูกแฝก 2 แถว มีประสิทธิภาพ ในการป้องกันการสูญเสียดินสูงที่สุดเท่ากับ 92.9 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือแปลงปลูกแฝก 1 แถว มีประสิทธิภาพ 71.2 เปอร์เซ็นต์ พบว่าประสิทธิภาพของแปลงทั้งสองแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในขณะที่การ ทดลองรูปแบบที่ 2 แปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยวระยะห่างตามแนวดิ่ง 2 เมตร มีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียดินสูงสุดเท่ากับ 98.3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแปลงปลูกหญ้าแฝก แถวเดี่ยวระยะห่างตามแนวดิ่ง 4 เมตร มีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียดิน น้อยกว่าเท่ากับ 92.9 เปอร์เซ็นต์ โดยทั้งสองแปลงมีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียดินแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และในการทดลอง

รูปแบบที่ 3 พบว่า แปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยวที่มีระยะห่างระหว่างต้น 5 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียดินสูงที่สุดเท่ากับ 99.6 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแปลงที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียดิน รองลงมา ได้แก่แปลงปลูกแฝก แถวเดี่ยวที่มีระยะห่างระหว่างต้น 10, 15, 20 และ 25 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียดิน เท่ากับ 98.4, 96.0, 79.3 และ 77.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยทุกแปลงมีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียดินแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงเสนอแนะได้ว่าควรเลือกใช้วิธีการปลูกแฝกที่มีประสิทธิภาพ ในการป้องกันการสูญเสียดินสูงสุด ตามพื้นที่ของแต่ละรูปแบบการทดลอง เพราะสามารถป้องกันการสูญเสียดินได้มากที่สุดนั่นเอง

3. ปริมาณคาร์บอนในดิน

การศึกษาปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระดับ 0-15 เซนติเมตร พบว่าแปลงว่างเปล่าไม่มีพืชปกคลุมมีแนวโน้มของปริมาณคาร์บอนในดินลดลงในเกือบทุกรูปแบบการทดลอง ส่วนแปลงที่มีการปลูกแฝกในแต่ละรูปแบบการทดลองส่วนใหญ่มีแนวโน้มของอินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และเมื่อปริมาณการสูญเสียดินมีมากขึ้นทำให้ปริมาณ อินทรีย์คาร์บอนลดลง ($r = -0.7030$) ซึ่งประสิทธิภาพของแฝกต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินจะมากหรือน้อยนั้นก็ขึ้นอยู่กับปริมาณการสูญเสียดินและประสิทธิภาพของแฝกในการป้องกันการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายของดินด้วย แต่ผลที่ได้นี้ยังไม่ชัดเจน ทั้งนี้ อาจเนื่องจากเป็นช่วงปีแรกของการปลูกแฝก รวมทั้งผลผลิตของเศษซากพืช (Plant litter) ในรูปมวลชีวภาพที่หมุนเวียนกลับสู่ดิน ยังมีปริมาณไม่มากนักในช่วงแรก ทำให้พบการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจน รวมทั้งเป็นช่วงเวลาสั้นๆ ในการศึกษา ($\leq$ 6 เดือน) ดังนั้นคาดว่าหากมีการปลูกแฝกนานขึ้น สามารถเพิ่มปริมาณการกักเก็บคาร์บอนสู่ดินได้เช่นกัน

ข้อเสนอแนะ

1. การปลูกแฝกนั้นต้องปลูกให้เหมาะสมกับลักษณะทางภูมิประเทศและการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ด้วย เช่น พื้นที่ลาดชัน บริเวณไหล่ถนนหรือตลิ่งริมฝั่งแม่น้ำ ควรมีการปลูกแฝกขวางแนวความลาดชัน โดยมีแนวปลูกแฝกห่างกันประมาณ 1 เมตร และถ้าใช้กล้าแบบรากเปลือยจะปลูกระยะห่างระหว่างต้น 5 เซนติเมตร ถ้าเป็นกล้าถุงพลาสติก ใช้ระยะปลูกระหว่างต้น 10 เซนติเมตร ควรปลูกแฝกก่อนฤดูฝนอย่างน้อย 3 เดือน เพื่อให้แฝกเติบโตและแตกกอชิดกัน ไหล่ถนนหรือแม่น้ำที่ตลิ่งมีความสูงและความชันมากก็ควรมีแนวแฝกมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์และความยาวของความลาดชันด้วย ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับพื้นที่อื่นๆ ได้ เช่น ปลูกตามแนวขอบคันคูรับน้ำรอบภูเขา ริมคลองส่งน้ำ ขอบอ่างเก็บน้ำ รอบขอบสระน้ำ บ่อน้ำ ปลูกแฝกเป็นรูปตัววีพาดผ่านขวางร่องน้ำ ปลูกครึ่งวงกลมหรือวงกลมรอบทรงพุ่มต้นไม้ พื้นที่ร่องส่วน ปลูกรอบแปลงนาเพื่อกันดินคันนาพัง เหล่านี้เป็นต้น โดยสามารถใช้ระยะปลูกได้เช่นเดียวกับการปลูกเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน

2. ควรติดตั้ง เครื่องตรวจวัดน้ำฝนบริเวณแปลงทดลองเป็นแบบอัตโนมัติ ทำให้ทราบปริมาณความหนักเบาของฝน เพราะความหนักเบาของฝนที่ตกแต่ละครั้งแตกต่างกัน ซึ่งมีอิทธิพลต่อการเกิดตะกอนดิน

3. ควรมีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของของเศษซากพืชที่ปกคลุมหน้าดินต่อการสูญเสียดิน เพราะเศษซากพืชที่ปกคลุมดินมีส่วนทำให้การสูญเสียดินลดลง และเพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนเพื่อลดการสูญเสียดินต่อไป

4. ควรมีการประเมินค่า C-factor เพื่อเป็นค่าเฉพาะของแฝกในแต่ละวิธีการปลูก แต่ละอายุ แต่ละชนิด และแต่ละพื้นที่

5. ควรมีแปลงทดลองสำหรับศึกษาปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินโดยเฉพาะ และมีระยะเวลาในการศึกษาที่เหมาะสม (มากกว่า 1 ปี) เพราะต้องให้ระยะเวลาสำหรับ ผลผลิตของเศษซากพืช (แฝก) ในรูปมวลชีวภาพย่อยสลายหมุนเวียนกลับสู่ดินเสียก่อน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2530. **การศึกษาและวิจัยการชะล้างพังทลายของชุดดินต่างๆ จังหวัดแพร่.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2535. **หญ้าแฝก (*Vetiveria zizanioides* Nash.).** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2536. **รายงานผลการดำเนินงานโครงการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ประจำปี 2536.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2537. **คู่มือการดำเนินงานเกี่ยวกับหญ้าแฝก.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2543. **รายงานบทคัดย่อ ผลงานวิจัย กองอนุรักษ์ดินและน้ำ พ.ศ.2533-2542.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2545. **การประเมินการสูญเสียดินในประเทศไทย**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กมลพรรณ นามวงศ์พรหม, สุดาวดี เหมทานนท์ และ ฉลองชัย แบบประเสริฐ. 2541. **คู่มือการใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝก.** เรื่องการใช้ประโยชน์จากต้นและใบหญ้าแฝกเป็นปุ๋ยหมักและพืชคลุมดินสำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องจากพระราชดำริ, กรุงเทพฯ.

กัลยาณี ดอนสกุล, ประเดิมชัย แสงคู่วงษ์ และ สมาน รวยสูงเนิน. 2528. **ปริมาณตะกอนและน้ำไหลบ่าหน้าดินจากพื้นที่เกษตรกรรม บริเวณสถานีวิจัยเพื่อรักษาต้นน้ำแม่กลอง กาญจนบุรี.** ฝ่ายวิจัยกองอนุรักษ์ต้นน้ำ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กองสำรวจดิน. 2525. **รายงานการสำรวจดิน จังหวัดสุโขทัย.** กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทร์แก้ว. 2525. **หลักการจัดการลุ่มน้ำ.** ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2539. **หลักการจัดการลุ่มน้ำ.** คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทร์แก้ว และ นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2525. **หลักปฏิบัติในการจัดการลุ่มน้ำ.** ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทร์แก้ว, ปรีชา คูรัตน์, สามัคคี บุณยะวัฒน์, ปรีชา ธรรมานนท์ และ นฤตย์ พันธ์บูรณะ. 2519. การสูญเสียดินและน้ำ บริเวณป่าแม่หวด ลำปาง. **การวิจัยลุ่มน้ำที่ห้วยคอกม้า เล่มที่ 28.** ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จเร สดากร. 2535 ก. แฝก แฝกหอม หญ้าแฝก. **นสพ. กสิกร** 65 (2): 135-140.

_____. 2535 ข. แฝก แฝกหอม (Vertiver Oil of Vetiver). **ข่าวพฤกษศาสตร์และวัชพืช** 5(1): 5-7.

เจนจิรา จรูญกิจถาวร. 2542. **การสูญเสียดินและน้ำภายหลังการปลูกหญ้าแฝกร่วมกับสวนป่า บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแมถ่าง อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดารุณี แก้ววิเชียร. 2537. การศึกษาเปอร์เซ็นต์ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดหญ้าแฝกพันธุ์ต่างๆ. *ใน* **เอกสารประกอบการสัมนา เรื่อง การพัฒนาและการรณรงค์การใช้หญ้าแฝกอันเนื่องมาจากพระราชดำริ.** สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, กรุงเทพฯ.

ธวัชชัย ณ นคร, มงคล พาณิชกุล และ ธรรมนูญ แก้วคงคา. 2537. การใช้หญ้าแฝกในพื้นที่เกษตรกรรม, *ใน* **รายงานการประชุมสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่อง"การพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกอันเนื่องมาจากพระราชดำริ".** โรงแรมรีเจนท์ชะอำ อำเภอชะอำ, เพชรบุรี.

นวรัตน์ ไกรพานนท์ และ ศิวัช แก้วเจริญ. 2550. ศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในดินเป็นแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจก. **วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ** 21 (3): 50-55.

นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2526. **การควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน ตอนที่ 2: กรรมวิธีในการควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน.** ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2545. **แบบจำลองคณิตศาสตร์การชะล้างพังทลายของดินและมลพิษตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำ.** ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิวัติ เรืองพานิช. 2514. **ความหนาแน่นของเรือนยอดต้นไม้ที่มีผลต่อการสูญเสียดินและน้ำการวิจัยลุ่มน้ำที่ห้วยคอกม้า เล่มที่ 7.** ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2547. **หลักกการจัดการลุ่มน้ำ.** ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประภาส ชูลักษณ์ และ สมพงษ์ ชมภูนุกูลรัตน์. 2536. การศึกษาความลึกและความหนาแน่นของรากแฝก, น. 42 *ใน* **รายงานผลการดำเนินงาน โครงการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ประจำปี 2536.** กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ประสิทธิ์ นิรัติศยกุล. 2525. ปัญหาการกัดเซาะและการตกตะกอนในอ่างเก็บน้ำเพื่อการผลิตไฟฟ้า, *ใน* **รายงานประกอบการบรรยายพิเศษในที่ประชุมอนุรักษ์ดินและน้ำ.** โรงแรมบางแสน, ชลบุรี.

ประไพ ชัยโรจน์, ธวัชชัย ณ นคร, พวงเล็ก โมรากุล และ วนิดา โนบรรเทา. 2541. **การย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารพืชจากหญ้าแฝก.** กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

พจนีย์ มอญเจริญ และ ทวีศักดิ์ เวียรศิลป์. 2541. **คาร์บอนในดินของประเทศไทย.** กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

พิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์. 2536. **การศึกษาเปรียบเทียบการสูญเสียดินระหว่างสมการสูญเสียดินสากล (USLE) กับแปลงทดลองในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล.

พุทธพร แสงคำ. 2552. **การสูญเสียธาตุอาหาร จากการใช้ที่ดินแบบต่างๆ ด้วยกระบวนการชะล้างพังทลายของดินโดยใช้เครื่องกำเนิดฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เรวัต จิระสถาวร และ ประศาสตร์ สุทธารักษ์. 2537. **การใช้หญ้าแฝกสำหรับอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่ลาดชันในภาคเหนือ.** กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

เรือง จันทร์มหเสถียร. 2529. **การสูญเสียดินและน้ำจากการปลูกป่าบนขั้นบันไดดินบริเวณดอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรากร สุจริต. 2551. **การประเมินค่าดัชนีของพืชคลุมดิน และค่าดัชนีของมาตรการควบคุมการชะล้างพังทลายของดินร่วมกับพืชปกคลุมในสมการสูญเสียดินสากล โดยใช้เครื่องกำเนิดฝน ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ถาง จังหวัดแพร่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิชาญ เอียดทอง, ฉัตรชัย เงินแสง, เดชา วิวัฒน์ และ รองลาภ สุขมา. 2551. อิทธิพลของการปลูกหญ้าแฝกต่อความหลากหลายชีวภาพป่าไม้ในพื้นที่ป่าทดแทน. *ใน* **รายงานความก้าวหน้าประจำปี 2552 โครงการวิจัย เรื่อง บทบาทของหญ้าแฝกและไฟป่าในการพัฒนาระบบนิเวศป่าไม้.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิทูร ชินพันธุ์. 2537. ลักษณะของหญ้าแฝก, น. 13-24. **คู่มือการดำเนินงานเกี่ยวกับหญ้าแฝก.** กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2541. **ความรู้เรื่องหญ้าแฝก.** กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

วิทูร ชินพันธุ์ และ อาทิตย์ ศุขเกษม. 2536. หญ้าแฝก ทางเลือกใหม่ในระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ, น. 93-97. *ใน* **รายงานผลการดำเนินงานโครงการพัฒนาและรนณรงคีการใช้หญ้าแฝกอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ประจำปี 2536.** กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

วีระชาติ เทพพิพิธ. 2528. **การใช้แปลงทดลองขนาดเล็กหาดัชนีการพังทลายและประสิทธิภาพการเคลื่อนย้ายตะกอนของป่าดิบเขา-ดอยปุย เชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วีระชัย ณ นคร. 2535. ชนิดพันธุ์หญ้าแฝกหอมที่ใช้ศึกษาเปรียบเทียบ. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. **เอกสารโรเนียว.**

_____. 2536. หญ้าแฝก (Vertiveria spp.) สายพันธ์ในประเทศไทย, น. 47-76. *ใน* **เอกสารประกอบการประชุมปฏิบัติการ เรื่องการพัฒนาและการรณรงค์การใช้หญ้าแฝกอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 1-4 กันยายน 2536.** กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

วีระชัย ณ นคร และ วิทูร ชินพันธุ์. 2541. **คู่มือพันธุ์หญ้าแฝก**. สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, กรุงเทพฯ.

วีระชัย ณ นคร , วิทูร ชินพันธุ์ และ ประเสริฐ เทพนรประไพ. 2541. **คู่มือหญ้าแฝกคืออะไร .** สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, กรุงเทพฯ.

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

_____. 2529. **การอนุรักษ์ดินเพื่อการจัดการลุ่มน้ำบนที่สูง.** สำนักงานป่าไม้จังหวัดเชียงใหม่, เชียงใหม่.

สมนิมิตร พุกงาม, ยุทธพงษ์ คีรีมังคละ, สุภาพ ปารมี, สุภาพร เสียงสูง และ ศุภลักษณ์ หาญสูงเนิน . 2552. บทบาทของหญ้าแฝกต่อลักษณะทางอุตุ-อุทกวิทยาลุ่มน้ำ . *ใน* **รายงานความก้าวหน้าประจำปี 2552 โครงการวิจัย เรื่อง บทบาทของหญ้าแฝก และไฟป่าในการพัฒนาระบบนิเวศป่าไม้.** คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมเจตน์ จันทวัฒน์. 2522. **การอนุรักษ์ดินและน้ำ เล่ม 1: การพังทลายของดิน.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2526. **การอนุรักษ์ดินและน้ำ เล่ม 2: หลักการอนุรักษ์ดินและน้ำ.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมาคมอนุรักษ์ดินและน้ำแห่งประเทศไทย. 2534. หญ้าแฝก. **วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ** 7(2): 61.

สุธัม ปลัดสงคราม, วิรัช บัวคา และ วีนัส เจริญรุ่งรัตน์. 2523. การศึกษาการถูกชะล้างของดินบางชนิดที่เกิดจากความยาวของพื้นที่ลาดเทต่างๆ กัน, น. 79-83. *ใน* **รายงานวิชาการประจำปี 2523.** กองบริรักษ์ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สิริกานดา วัชราไทย. 2551. **การศึกษาสมดุลคาร์บอนและการกักเก็บคาร์บอนในดินของสบู่ดำที่ปลูกในดินเหนียวและดินร่วนปนทราย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิริรัตน์ จันทร์มหเสถียร, ศิริภา โพธิ์พินิจ และ วิลาวัณย์ วิเชียรนพรัตน์. 2548. ปริมาณคาร์บอนในดินของป่าดิบแล้งสะแกราชและป่าเบญจพรรณลุ่มน้ำแม่กลอง, น. 321 – 343. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้"ศักยภาพของป่าไม้ในการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต"ณ โรงแรมมารวย การ์เด้น กรุงเทพฯ วันที่ 4-5 สิงหาคม 2548.** กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช และกรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

เสริมพงศ์ นวลงาม. 2545. **บทบาทของการปลูกสร้างสวนป่าต่อการกักเก็บคาร์บอนและคุณสมบัติของดินบางประการ ที่สถานีวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า จังหวัดนครราชสีมา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ . 2541. **หญ้าแฝกกับการอนุรักษ์ดินและน้ำ .** โครงการพัฒนารณรงค์การใช้หญ้าแฝกอันเนื่อง มาจากพระราชดำริ. เพชรรุ่งการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. 2543. **การดำเนินการภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย.** กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

อภินันท์ ขอพร. 2538. **ประสิทธิภาพของมาตรการการอนุรักษ์ดินและน้ำรูปแบบต่างๆบนพื้นที่ลาดเขา บริเวณโครงการทดลองจัดการลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุทิศ กุฏอินทร์. 2542. **นิเวศวิทยาพื้นฐานเพื่อการป่าไม้.** ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อำนาจ ชิดไธสง และ ณัฐพล ลิไชยกุล. 2548. การกักเก็บและปลดปล่อยคาร์บอนในดินป่าดิบแล้ง ดินป่าปลูก และดินทำการเกษตร, น. 95-105. *ใน* **รายงานการประชุม การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้: ศักยภาพของป่าไม้ในการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต.** 4 -5 สิงหาคม 2548, โรงแรมมารวยการ์เด้น. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

อำพร คล้ายแก้ว. 2536. เอกสารประกอบการสัมนาเรื่อง **การเปรียบเทียบแหล่งพันธุ์หญ้าแฝกโดยการใช้ลักษณะช่อดอก.** บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Alexander, J. and M.C. Lodha. 1992. Status on the Promotion of Vegetative Soil Moisture Conservation Technologies and Adaptive Research in World Bank Assisted Watershed Development Projects in India. **Paper presented at Vetiver Field Workshop, kuala Lumpur.** 13-16 Apirl 1992.

Allison, G. 1993. Vertiver Grass-a Hedge Againt Erosion. **Soil Mange Abstract** 5 (1): 63.

Anusontpornperm, S. W. Supattanakul and P. Kawilaves. 1996. Effect of Vetiver Grass and Leucaena on Soil Erosion Control in Sugarcane, Maize and Cassava Crop Practices. ***In* Proceedings of the First International Conference on Vetiver: A Miracle Grass.** February 4-8, 1996. Chiang Rai, Thailand.

Baver, L.D. 1933. Some Soil Factors Effecting Erosion. **Arg. Eng.** 13: 51-57.

_____. 1965. **Soil Physics.** 3rd ed., John Wiley and Sons, Inc., New York.

Bennett, H.H. and W.R. Chapline. 1928. Soil Erosion a National Management. **USDA Circular** 33 (36).

Eswaran, H.E., V.D. Berg and P. Reich. 1993. Organic Carbon in Soil of the World. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 57: 192-194.

Gupta, R.K. 1981. Ecological consequences of irrational land uses on loss of productive soil, pp. 219-230. ***In*** **Proceedling of South-East Asia Regional Symposium on Problems of Soil erosion and Sedimentation.** AIT and Hydraulics Res. Sta. (Walling ford, U.K.), Bangkok.

Hamilton, L.S. and P.N. King. 1983. **Tropical Forest Watershed: Hydraulic and Soils Response to Major Uses or conservation.** Westview Press, Inc., Boulder, Colorado.

Hudson, N.W. 1971. **Soil Conservation**. Cornell University Press, Ithuca, New York.

Inthapan, P., C. Anecksamphant and S. Boonchee. 1996. Comparison of effectiveness of different vertical interval, row numbers and plant spacings of vetiver grass for soil and water conservation, pp. 220-224. ***In*** **Proceedings of the First International Conference on Vetiver: A Miracle Grass.** February 4-8, 1996. Chiang Rai, Thailand.

Kinnell, P.I.A. 1991. The Effect of Flow Depth on Sediment Transport Induced by Raindrops Impacting Shallow Flows. **Trans. Of ASAE** 34 (1): 161-168.

Lal, R. 1976. Soil Erosion on Alfisols in Western Nigeria, III: Effect of Rainfall Characteristics. **Geoderma** 16: 389-401.

Ma, Z., C.W. Wood and D.I. Bransby. 2000. Carbon dynamics subsequent to establishment of switchgrass. **Biomass Bioenergy** 18: 93-104.

Margues, M.J., R. Bienes, L. Jimé and R. Peréz-Rodrigue. 2007. Effect of Vegetal Cover on Runoff and Soil Erosion under Light Intensity Events Rainfall Simulation over USLE Plots. **Science of the Total Environment** 378: 161-165.

Meyer, L.D., G.R. Foster and M.J.M. Romkens. 1975. Origin of eroded soil from upland slope, pp. 177-189. ***In*** **Present and Prospective of Predicting Technology of Predicting Sediment Yield and Sources.** Proc. Of the 1972. Sediment Yield Workshop, USDA Sedimentation Lap, Oxford.

Middleton, H.E. 1930. **Properties of Soil with Influence Soil Erosion.** USDA Tech. Bull.

Monchanov, A.A. 1963. **The Hydrological Roles of Forests.** Israel program for Scientific Ltd., Jerusalem.

Osborn, B. 1955. How rainfall and runoff erode soil. pp. 126-135. *In* **The Yearbook of Argriculture USDA Government Printing Office Washington, D.C.**

Paramee, S. 1999. **Modeling Storm Runoff and Soil Loss by Individual Rainstorm in Various Landuses at Huai Hong Khrai Royal Development Study Center, Chiang Mai Province.** Master Thesis, Kasetsart University.

Satterlund, D.R. 1972. **Wild Land Watershed Management.** Ronald Press Co, New York.

Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chronic acid titration method**. Soil Science** 37: 29-38.

Watnaprateep, P. 1977. **Shifting Cultivation.** A Professional paper of Master of Science, Arizona Univ, Arizona.

Wischmeier, W.H. 1975. Estimating the soil loss equations cover and nanagement factor for undisturbed areas, pp. 118-124. *In* **Proceeding Sediment Yield Workshop.** Oxford, Miss. ARS-S-40, USDA.

Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1958. Rainfall Energy and Its Relationship to Soil loss. **Trans. Amer. Geophys. Union** 39 (2): 285-291.

_____ and D.D. Smith. 1965. **Predicting Rainfall Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountain.** USDA Agr. Hand book No. 282.

_____ and D.D. Smith. 1978. **Predicting Rainfall Erosion Losses.** A Guide to Conservation Planning. USDA Agr. Hand book No. 537.

Wischmeier, W.H., C.B. Johnson and B.V. Cross. 1971. A Soil Erodibility Nomograph for Farmland and Construction Sites. **Journal of Soil and Water Conservation** 26: 189-193.

Wooldridge, D.D. 1964. Effects of Parent Material and Vegetation on Properties related to Soil Erosion in Central Washington. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.** 28: 430-432.

World Bank. 1987. **Vetiver Grass (*Vetiveria zizanioides*): A Method of Vegetative Soil and Moisture Conservation.** Technical Hand Book, New Delhi.

Zingg, A.W. 1940. Degree and Length of Land Slope as it Affects Soil Loss in Runoff. **Agr. Eng.** 21: 59- 64.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณน้ำฝน และปริมาณตะกอนของแปลงว่างเปล่า (แปลงควบคุม) รูปแบบการทดลองที่ 1

วันที่	ปริมาณฝน (mm.)	ปริมาณตะกอน (ton/ha.)	วันที่	ปริมาณฝน (mm.)	ปริมาณตะกอน (ton/ha.)
1/5/53	39.37	9.54	19/8/53	32.41	1.36
16/5/53	36.8	6.05	23/8/53	16.36	1.39
8/6/53	31.81	5.83	27/8/53	18.78	2.04
9/6/53	66.43	27.68	30/8/53	106.02	83.28
21/6/53	21.39	5.53	2/9/53	23.63	11.70
23/6/53	14.24	1.51	3/9/53	28.78	24.70
29/6/53	37.75	4.80	8/9/53	63.67	54.50
1/7/53	106.02	20.91	10/9/53	43.01	4.71
2/7/53	60.58	6.34	13/9/53	45.13	13.51
9/7/53	22.72	14.77	14/9/53	85.11	86.09
15/7/53	30.59	1.48	17/9/53	16.96	10.00
20/7/53	37.26	15.59	23/9/53	22.41	2.48
21/7/53	12.12	1.51	2/10/53	30.59	9.88
29/7/53	48.46	4.01	12/10/53	20.90	2.58
31/7/53	12.42	2.23	13/10/53	42.41	29.70
3/8/53	33.32	5.58	14/10/53	8.78	2.79
4/8/53	39.38	11.30	15/10/53	19.99	8.00
6/8/53	39.38	5.95	18/10/53	55.13	19.06
12/8/53	62.09	3.64	19/10/53	36.35	13.87
17/8/53	32.71	3.77	20/10/53	39.38	3.54

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณน้ำฝน และปริมาณตะกอนของแปลงปลูกแฝก 1 แถว รูปแบบการทดลองที่ 1

วันที่	ปริมาณฝน (mm.)	ปริมาณตะกอน (ton/ha.)	วันที่	ปริมาณฝน (mm.)	ปริมาณตะกอน (ton/ha.)
1/5/53	39.37	1.71	19/8/53	32.41	0.42
16/5/53	36.8	2.96	23/8/53	16.36	0.44
8/6/53	31.81	1.58	27/8/53	18.78	1.00
9/6/53	66.43	9.00	30/8/53	106.02	42.86
21/6/53	21.39	1.40	2/9/53	23.63	3.66
23/6/53	14.24	0.41	3/9/53	28.78	3.69
29/6/53	37.75	1.57	8/9/53	63.67	11.16
1/7/53	106.02	13.23	10/9/53	43.01	2.18
2/7/53	60.58	3.87	13/9/53	45.13	5.09
9/7/53	22.72	6.00	14/9/53	85.11	34.35
15/7/53	30.59	0.52	17/9/53	16.96	1.62
20/7/53	37.26	1.91	23/9/53	22.41	0.36
21/7/53	12.12	0.11	2/10/53	30.59	2.93
29/7/53	48.46	2.14	12/10/53	20.90	0.58
31/7/53	12.42	0.58	13/10/53	42.41	3.07
3/8/53	33.32	0.90	14/10/53	8.78	0.27
4/8/53	39.38	1.54	15/10/53	19.99	1.05
6/8/53	39.38	1.61	18/10/53	55.13	2.97
12/8/53	62.09	1.01	19/10/53	36.35	2.12
17/8/53	32.71	0.81	20/10/53	39.38	0.28

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณน้ำฝน และปริมาณตะกอนของแปลงปลูกแฝก 2 แถว รูปแบบการทดลองที่ 1

วันที่	ปริมาณฝน (mm.)	ปริมาณตะกอน (ton/ha.)	วันที่	ปริมาณฝน (mm.)	ปริมาณตะกอน (ton/ha.)
1/5/53	39.37	0.21	19/8/53	32.41	0.07
16/5/53	36.8	0.29	23/8/53	16.36	0.09
8/6/53	31.81	0.07	27/8/53	18.78	0.18
9/6/53	66.43	0.57	30/8/53	106.02	10.17
21/6/53	21.39	0.00	2/9/53	23.63	0.48
23/6/53	14.24	0.00	3/9/53	28.78	0.85
29/6/53	37.75	0.00	8/9/53	63.67	2.54
1/7/53	106.02	4.14	10/9/53	43.01	0.64
2/7/53	60.58	1.05	13/9/53	45.13	1.42
9/7/53	22.72	0.57	14/9/53	85.11	12.59
15/7/53	30.59	0.06	17/9/53	16.96	0.44
20/7/53	37.26	0.26	23/9/53	22.41	0.08
21/7/53	12.12	0.02	2/10/53	30.59	0.97
29/7/53	48.46	0.47	12/10/53	20.90	0.11
31/7/53	12.42	0.13	13/10/53	42.41	0.97
3/8/53	33.32	0.25	14/10/53	8.78	0.07
4/8/53	39.38	0.65	15/10/53	19.99	0.31
6/8/53	39.38	0.29	18/10/53	55.13	0.60
12/8/53	62.09	0.29	19/10/53	36.35	0.32
17/8/53	32.71	0.21	20/10/53	39.38	0.10

ตารางผนวกที่ 4 ปริมาณน้ำฝน และปริมาณตะกอนของแปลงว่างเปล่า (แปลงควบคุม) รูปแบบการทดลองที่ 2

วันที่	ปริมาณฝน (mm.)	ปริมาณตะกอน (ton/ha.)	วันที่	ปริมาณฝน (mm.)	ปริมาณตะกอน (ton/ha.)
1/5/53	39.37	1.81	19/8/53	32.41	4.01
16/5/53	36.80	1.08	23/8/53	16.36	2.06
8/6/53	31.81	3.72	27/8/53	18.78	2.83
9/6/53	66.43	14.02	30/8/53	106.02	35.78
21/6/53	21.39	3.19	2/9/53	23.63	4.36
23/6/53	14.24	0.00	3/9/53	28.78	6.71
29/6/53	37.75	2.25	8/9/53	63.67	13.94
1/7/53	106.02	10.66	10/9/53	43.01	6.77
2/7/53	60.58	5.56	13/9/53	45.13	6.41
9/7/53	22.72	20.89	14/9/53	85.11	26.19
15/7/53	30.59	1.01	17/9/53	16.96	7.11
20/7/53	37.26	8.60	23/9/53	22.41	2.60
21/7/53	12.12	2.09	2/10/53	30.59	4.97
29/7/53	48.46	5.95	12/10/53	20.90	0.77
31/7/53	12.42	0.15	13/10/53	42.41	7.07
3/8/53	33.32	4.29	14/10/53	8.78	-
4/8/53	39.38	13.28	15/10/53	19.99	4.98
6/8/53	39.38	10.56	18/10/53	55.13	8.69
12/8/53	62.09	5.87	19/10/53	36.35	5.28
17/8/53	32.71	1.67	20/10/53	39.38	3.86

ตารางผนวกที่ 5 ปริมาณน้ำฝน และปริมาณตะกอนของแปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยว ระยะห่างตามแนวดิ่ง 2 เมตร รูปแบบการทดลองที่ 2

วันที่	ปริมาณฝน (mm.)	ปริมาณตะกอน (ton/ha.)	วันที่	ปริมาณฝน (mm.)	ปริมาณตะกอน (ton/ha.)
1/5/53	39.37	0.06	19/8/53	32.41	0.01
16/5/53	36.8	0.01	23/8/53	16.36	0.02
8/6/53	31.81	0.03	27/8/53	18.78	0.00
9/6/53	66.43	0.21	30/8/53	106.02	0.80
21/6/53	21.39	0.07	2/9/53	23.63	0.05
23/6/53	14.24	0.00	3/9/53	28.78	0.28
29/6/53	37.75	0.04	8/9/53	63.67	0.02
1/7/53	106.02	0.40	10/9/53	43.01	0.01
2/7/53	60.58	0.13	13/9/53	45.13	0.12
9/7/53	22.72	0.35	14/9/53	85.11	1.49
15/7/53	30.59	0.02	17/9/53	16.96	0.03
20/7/53	37.26	0.07	23/9/53	22.41	0.05
21/7/53	12.12	0.01	2/10/53	30.59	0.01
29/7/53	48.46	0.24	12/10/53	20.90	0.01
31/7/53	12.42	0.00	13/10/53	42.41	0.23
3/8/53	33.32	0.11	14/10/53	8.78	-
4/8/53	39.38	0.05	15/10/53	19.99	0.01
6/8/53	39.38	0.12	18/10/53	55.13	0.08
12/8/53	62.09	0.08	19/10/53	36.35	0.06
17/8/53	32.71	0.01	20/10/53	39.38	0.12

ตารางผนวกที่ 6 ปริมาณน้ำฝน และปริมาณตะกอนของแปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยว ระยะห่างตามแนวดิ่ง 4 เมตร รูปแบบการทดลองที่ 2

วันที่	ปริมาณฝน (mm.)	ปริมาณตะกอน (ton/ha.)	วันที่	ปริมาณฝน (mm.)	ปริมาณตะกอน (ton/ha.)
1/5/53	39.37	0.21	19/8/53	32.41	0.04
16/5/53	36.80	0.10	23/8/53	16.36	0.03
8/6/53	31.81	0.41	27/8/53	18.78	0.11
9/6/53	66.43	0.69	30/8/53	106.02	4.07
21/6/53	21.39	0.12	2/9/53	23.63	0.12
23/6/53	14.24	-	3/9/53	28.78	0.51
29/6/53	37.75	0.25	8/9/53	63.67	0.35
1/7/53	106.02	1.49	10/9/53	43.01	0.16
2/7/53	60.58	0.69	13/9/53	45.13	1.09
9/7/53	22.72	0.93	14/9/53	85.11	4.97
15/7/53	30.59	0.05	17/9/53	16.96	0.09
20/7/53	37.26	0.26	23/9/53	22.41	0.10
21/7/53	12.12	0.02	2/10/53	30.59	0.62
29/7/53	48.46	0.98	12/10/53	20.90	0.03
31/7/53	12.42	-	13/10/53	42.41	0.50
3/8/53	33.32	0.25	14/10/53	8.78	-
4/8/53	39.38	0.37	15/10/53	19.99	0.09
6/8/53	39.38	0.31	18/10/53	55.13	0.22
12/8/53	62.09	0.14	19/10/53	36.35	0.15
17/8/53	32.71	0.04	20/10/53	39.38	0.25

ตารางผนวกที่ 7 ปริมาณน้ำฝน และปริมาณตะกอนของแปลงว่างเปล่า (แปลงควบคุม) รูปแบบการทดลองที่ 3

วันที่	ปริมาณฝน (mm.)	ปริมาณตะกอน (ton/ha.)	วันที่	ปริมาณฝน (mm.)	ปริมาณตะกอน (ton/ha.)
1/5/53	39.37	0.602	19/8/53	32.41	1.339
16/5/53	36.8	0.455	23/8/53	16.36	0.437
8/6/53	31.81	0.522	27/8/53	18.78	0.619
9/6/53	66.43	2.471	30/8/53	106.02	6.527
21/6/53	21.39	0.110	2/9/53	23.63	0.570
23/6/53	14.24	0.136	3/9/53	28.78	0.739
29/6/53	37.75	1.054	8/9/53	63.67	2.763
1/7/53	106.02	5.664	10/9/53	43.01	1.450
2/7/53	60.58	2.749	13/9/53	45.13	1.309
9/7/53	22.72	0.876	14/9/53	85.11	4.599
15/7/53	30.59	0.788	17/9/53	16.96	0.231
20/7/53	37.26	1.325	23/9/53	22.41	-
21/7/53	12.12	0.458	2/10/53	30.59	0.267
29/7/53	48.46	1.809	12/10/53	20.90	-
31/7/53	12.42	0.424	13/10/53	42.41	1.027
3/8/53	33.32	1.271	14/10/53	8.78	-
4/8/53	39.38	1.613	15/10/53	19.99	0.430
6/8/53	39.38	1.491	18/10/53	55.13	1.567
12/8/53	62.09	2.562	19/10/53	36.35	0.603
17/8/53	32.71	0.721	20/10/53	39.38	0.606

ตารางผนวกที่ 8 ปริมาณน้ำฝน และปริมาณตะกอนของแปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยว ระยะห่างระหว่างต้น 5 เซนติเมตร รูปแบบการทดลองที่ 3

วันที่	ปริมาณฝน (mm.)	ปริมาณตะกอน (ton/ha.)	วันที่	ปริมาณฝน (mm.)	ปริมาณตะกอน (ton/ha.)
1/5/53	39.37	0.000	19/8/53	32.41	0.006
16/5/53	36.8	0.000	23/8/53	16.36	-
8/6/53	31.81	-	27/8/53	18.78	-
9/6/53	66.43	0.007	30/8/53	106.02	0.129
21/6/53	21.39	-	2/9/53	23.63	-
23/6/53	14.24	-	3/9/53	28.78	-
29/6/53	37.75	0.003	8/9/53	63.67	0.038
1/7/53	106.02	0.036	10/9/53	43.01	0.016
2/7/53	60.58	0.014	13/9/53	45.13	0.016
9/7/53	22.72	-	14/9/53	85.11	0.103
15/7/53	30.59	-	17/9/53	16.96	-
20/7/53	37.26	0.007	23/9/53	22.41	-
21/7/53	12.12	-	2/10/53	30.59	-
29/7/53	48.46	0.021	12/10/53	20.90	-
31/7/53	12.42	-	13/10/53	42.41	0.002
3/8/53	33.32	-	14/10/53	8.78	-
4/8/53	39.38	0.012	15/10/53	19.99	-
6/8/53	39.38	0.014	18/10/53	55.13	0.013
12/8/53	62.09	0.060	19/10/53	36.35	0.001
17/8/53	32.71	-	20/10/53	39.38	0.001

ตารางผนวกที่ 9 ปริมาณน้ำฝน และปริมาณตะกอนของแปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยว ระยะห่างระหว่างต้น 10 เซนติเมตร รูปแบบการทดลองที่ 3

วันที่	ปริมาณฝน (mm.)	ปริมาณตะกอน (ton/ha.)	วันที่	ปริมาณฝน (mm.)	ปริมาณตะกอน (ton/ha.)
1/5/53	39.37	0.014	19/8/53	32.41	0.010
16/5/53	36.8	0.021	23/8/53	16.36	0.000
8/6/53	31.81	0.008	27/8/53	18.78	0.003
9/6/53	66.43	0.057	30/8/53	106.02	0.323
21/6/53	21.39	0.000	2/9/53	23.63	0.002
23/6/53	14.24	0.000	3/9/53	28.78	0.003
29/6/53	37.75	0.008	8/9/53	63.67	0.076
1/7/53	106.02	0.133	10/9/53	43.01	0.024
2/7/53	60.58	0.055	13/9/53	45.13	0.014
9/7/53	22.72	0.000	14/9/53	85.11	0.161
15/7/53	30.59	0.001	17/9/53	16.96	0.000
20/7/53	37.26	0.017	23/9/53	22.41	0.000
21/7/53	12.12	0.000	2/10/53	30.59	0.000
29/7/53	48.46	0.036	12/10/53	20.90	0.000
31/7/53	12.42	0.000	13/10/53	42.41	0.023
3/8/53	33.32	0.018	14/10/53	8.78	0.000
4/8/53	39.38	0.043	15/10/53	19.99	0.001
6/8/53	39.38	0.029	18/10/53	55.13	0.050
12/8/53	62.09	0.061	19/10/53	36.35	0.004
17/8/53	32.71	0.000	20/10/53	39.38	0.008

ตารางผนวกที่ 10 ปริมาณน้ำฝน และปริมาณตะกอนของแปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยว ระยะห่างระหว่างต้น 15 เซนติเมตร รูปแบบการทดลองที่ 3

วันที่	ปริมาณฝน (mm.)	ปริมาณตะกอน (ton/ha.)	วันที่	ปริมาณฝน (mm.)	ปริมาณตะกอน (ton/ha.)
1/5/53	39.37	0.047	19/8/53	32.41	0.055
16/5/53	36.8	0.043	23/8/53	16.36	0.009
8/6/53	31.81	0.020	27/8/53	18.78	0.034
9/6/53	66.43	0.116	30/8/53	106.02	0.688
21/6/53	21.39	0.000	2/9/53	23.63	0.006
23/6/53	14.24	0.000	3/9/53	28.78	0.019
29/6/53	37.75	0.015	8/9/53	63.67	0.109
1/7/53	106.02	0.199	10/9/53	43.01	0.043
2/7/53	60.58	0.084	13/9/53	45.13	0.031
9/7/53	22.72	0.015	14/9/53	85.11	0.342
15/7/53	30.59	0.009	17/9/53	16.96	0.002
20/7/53	37.26	0.060	23/9/53	22.41	-
21/7/53	12.12	0.008	2/10/53	30.59	0.000
29/7/53	48.46	0.106	12/10/53	20.90	0.000
31/7/53	12.42	0.010	13/10/53	42.41	0.054
3/8/53	33.32	0.043	14/10/53	8.78	0.000
4/8/53	39.38	0.091	15/10/53	19.99	0.008
6/8/53	39.38	0.048	18/10/53	55.13	0.107
12/8/53	62.09	0.146	19/10/53	36.35	0.023
17/8/53	32.71	0.018	20/10/53	39.38	0.037

ตารางผนวกที่ 11 ปริมาณน้ำฝน และปริมาณตะกอนของแปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยว ระยะห่างระหว่างต้น 20 เซนติเมตร รูปแบบการทดลองที่ 3

วันที่	ปริมาณฝน (mm.)	ปริมาณตะกอน (ton/ha.)	วันที่	ปริมาณฝน (mm.)	ปริมาณตะกอน (ton/ha.)
1/5/53	39.37	0.244	19/8/53	32.41	0.195
16/5/53	36.8	0.210	23/8/53	16.36	0.062
8/6/53	31.81	0.130	27/8/53	18.78	0.170
9/6/53	66.43	0.382	30/8/53	106.02	1.144
21/6/53	21.39	0.000	2/9/53	23.63	0.138
23/6/53	14.24	0.000	3/9/53	28.78	0.202
29/6/53	37.75	0.134	8/9/53	63.67	0.467
1/7/53	106.02	0.658	10/9/53	43.01	0.166
2/7/53	60.58	0.431	13/9/53	45.13	0.121
9/7/53	22.72	0.151	14/9/53	85.11	0.771
15/7/53	30.59	0.174	17/9/53	16.96	0.057
20/7/53	37.26	0.226	23/9/53	22.41	-
21/7/53	12.12	0.063	2/10/53	30.59	0.000
29/7/53	48.46	0.374	12/10/53	20.90	-
31/7/53	12.42	0.079	13/10/53	42.41	0.137
3/8/53	33.32	0.188	14/10/53	8.78	-
4/8/53	39.38	0.305	15/10/53	19.99	0.010
6/8/53	39.38	0.186	18/10/53	55.13	0.141
12/8/53	62.09	0.336	19/10/53	36.35	0.062
17/8/53	32.71	0.203	20/10/53	39.38	0.073

ตารางผนวกที่ 12 ปริมาณน้ำฝน และปริมาณตะกอนของแปลงปลูกแฝกแถวเดี่ยว ระยะห่างระหว่างต้น 25 เซนติเมตร รูปแบบการทดลองที่ 3

วันที่	ปริมาณฝน (mm.)	ปริมาณตะกอน (ton/ha.)	วันที่	ปริมาณฝน (mm.)	ปริมาณตะกอน (ton/ha.)
1/5/53	39.37	0.287	19/8/53	32.41	0.214
16/5/53	36.8	0.248	23/8/53	16.36	0.054
8/6/53	31.81	0.156	27/8/53	18.78	0.223
9/6/53	66.43	0.427	30/8/53	106.02	1.272
21/6/53	21.39	0.000	2/9/53	23.63	0.161
23/6/53	14.24	0.000	3/9/53	28.78	0.257
29/6/53	37.75	0.219	8/9/53	63.67	0.525
1/7/53	106.02	0.761	10/9/53	43.01	0.173
2/7/53	60.58	0.505	13/9/53	45.13	0.141
9/7/53	22.72	0.187	14/9/53	85.11	0.829
15/7/53	30.59	0.214	17/9/53	16.96	0.086
20/7/53	37.26	0.253	23/9/53	22.41	-
21/7/53	12.12	0.090	2/10/53	30.59	0.000
29/7/53	48.46	0.447	12/10/53	20.90	-
31/7/53	12.42	0.087	13/10/53	42.41	0.141
3/7/53	33.32	0.193	14/10/53	8.78	-
4/7/53	39.38	0.436	15/10/53	19.99	0.014
6/8/53	39.38	0.208	18/10/53	55.13	0.172
12/8/53	62.09	0.383	19/10/53	36.35	0.037
17/8/53	32.71	0.227	20/10/53	39.38	0.063

ตารางผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ของรูปแบบการทดลองที่ 1

Groups	Count	Sum	Average	Variance		
แฝก1 แถว	7	498.4	71.2	45.933		
แฝก 2 แถว	7	650.1	92.8	18.999		
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	1643.77	1	1643.77	50.630	1.221E-05	4.747
Within Groups	389.59	12	32.46			
Total	2033.37	13				

หมายเหตุ: ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ของรูปแบบการทดลองที่ 2

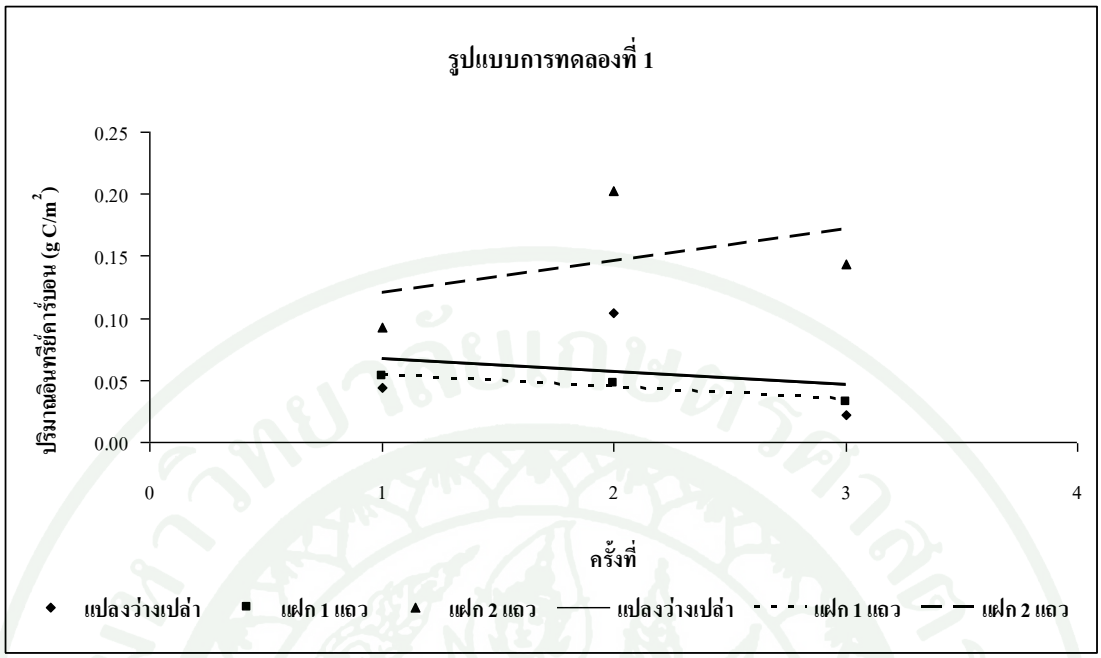
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
VI = 2 เมตร	7	688	98.2	0.164		
VI = 4 เมตร	7	650.3	92.9	4.743		
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	101.52	1	101.52	41.368	3.246E-05	4.747
Within Groups	29.44	12	2.45			
Total	130.96	13				

หมายเหตุ: ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

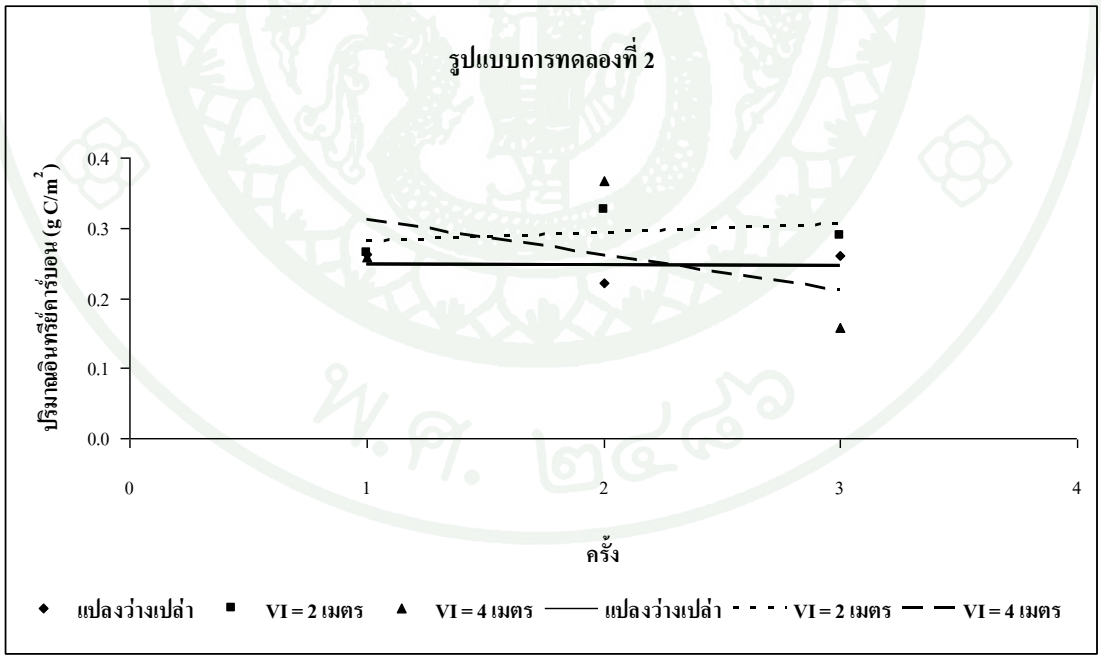
ตารางผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ของรูปแบบการทดลองที่ 3

Groups	Count	Sum	Average	Variance		
5 เซนติเมตร	7	697.5	99.6	0.096		
10 เซนติเมตร	7	688.8	98.4	0.703		
15 เซนติเมตร	7	672.2	96.0	5.482		
20 เซนติเมตร	7	555.3	79.3	135.409		
25 เซนติเมตร	7	541.2	77.3	188.718		
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	3322.15	4	830.54	12.568	4.028E-06	2.690
Within Groups	1982.45	30	66.08			
Total	5304.61	34				

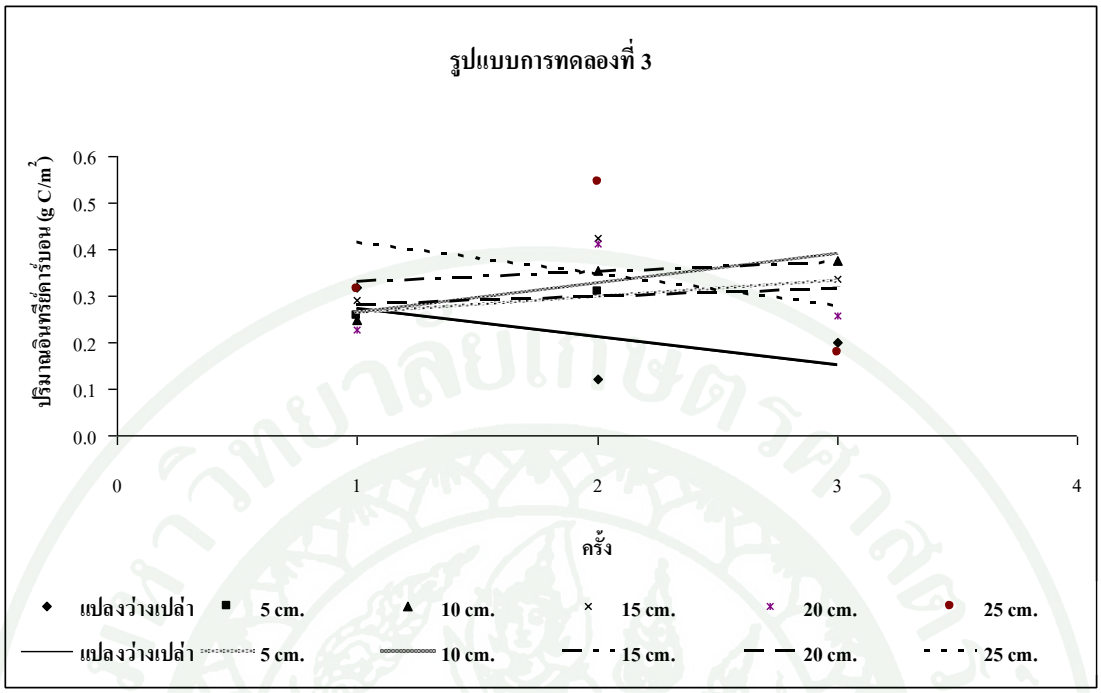
หมายเหตุ: ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพผนวกที่ 1 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอนในดินของรูปแบบการทดลองที่ 1



ภาพผนวกที่ 2 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอนในดินของรูปแบบการทดลองที่ 2



ภาพผนวกที่ 3 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอนในดินของรูปแบบการทดลองที่ 3

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นายภัทราวุธ ศรีโพธิ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2528
สถานที่เกิด	แพร่
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาปฐพีวิทยา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-