โครงงานวิศวกรรมชลประทาน

(207499)

ที่ 4/2550

การประเมินศักยภาพการกรองตะกอนดินของหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

AN EVALUATION FOR SEDIMENT TRAP EFFICIENCY OF PRACHUAPKHIRIKHAN VETIVER GRASS

โดย

นางสาวกาญจนวรรณ นิลกลัด

นางสาวฉวีวรรณ สุขลิ้ม

เสนอ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

จังหวัดนครปฐม 73140

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา-ชลประทาน)

พ.ศ. 2551

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมชลประทาน

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

เรื่อง : การประเมินศักยภาพการกรองตะกอนดินของหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

AN EVALUATION FOR SEDIMENT TRAP EFFICIENCY OF PRACHUAPKHIRIKHAN VETIVER GRASS

นามผู้จัดทำโครงการ : นางสาวกาญจนวรรณ นิลกลัด

นางสาวฉวีวรรณ สุขลิ้ม

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานโครงงาน .....

(รศ.ดร.บัญชา ขวัญยืน)

...../...../.....

กรรมการ .....

(อ.สมชาย ดอนเจดีย์)

...../...../.....

หัวหน้าสาขาวิชา .....

(รศ.ดร.บัญชา ขวัญยืน)

...../...../.....

บทคัดย่อ

เรื่อง การประเมินศักยภาพการกรองตะกอนดินของหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

โดย นางสาวกาญจนวรรณ นิลกลัด
นางสาวฉวีวรรณ สุขลิ้ม

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน .....
(รศ.ดร.บัญชา ขวัญยืน)
...../...../.....

โครงงานวิศวกรรมนี้ได้ศึกษาการประเมินศักยภาพการดักตะกอนของหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ บนแปลงทดลองที่มีลาดชัน 40% ภายใต้ความเข้มฝนคงที่ 45 มม./ชม. โดยทำการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของดิน เปรียบเทียบระหว่างแปลงที่ปลูกหญ้าแฝกและไม่ปลูกหญ้าแฝก ผลการศึกษาพบว่า การปลูกหญ้าแฝกที่ระยะห่างในแนวดิ่งเท่ากับ 1.50 ม. ช่วยลดการสูญเสียดิน 70% และ ลดการเกิดน้ำท่า 21% เปรียบเทียบกับแปลงที่ไม่มีหญ้าแฝก นอกจากนั้นยังพบว่าเมื่อความหนาแน่นของดินเปลี่ยนไปปริมาณการสูญเสียดินจะลดลงแต่ปริมาณการเกิดน้ำท่าเพิ่มขึ้น สาเหตุจากเมื่อความหนาแน่นของดินมากขึ้นความสามารถทนต่อการกัดเซาะก็เพิ่มขึ้นด้วย แต่ในทางกลับกัน เมื่อความหนาแน่นมากขึ้นอัตราการซึมก็จะลดลง ทำให้ปริมาณน้ำผิวดินเพิ่มขึ้นที่ความเข้มฝนเท่ากัน หญ้าแฝกยังช่วยดักตะกอนดินที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.052 มม. ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหญ้าแฝกมีประสิทธิภาพอย่างสูงต่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ

ABSTRACT

Title: An evaluation for sediment trap efficiency of Prachuapkhirikhan vetiver grass

By: Miss. Kanjanawan Nilklud
Miss. Chaweewan Suklim

Project Advisor: …..…….
(Assoc. Prof.Dr.Bancha Kwanyuen)
……/……/……..

This project has studied on the sediment trap efficiency evaluation of Prachuapkhirikhan vetiver grass. The field area is 40% slope and rainfall intensity is constant at the rate of 45 mm./hr. By changing soil bulk density, the study was compared between cases with and without vetiver grass. The result shows that when the vertical space between row is 1.5 m., soil loss is reduced by 70% and runoff is decreased by 21% comparing with the case without vetiver grass. After decreasing soil bulk density, soil erosion is further reduced but the runoff is increased. This is because soil bulk density can resist erosion, on the other hand, it resists infiltration too. The vetiver grass will trap the soil particle with a diameter greater than 0.052 mm. In conclusion the vetiver grass is highly efficiency on soil and water conservation.

คำนิยม

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.บัญชา ขวัญยืน ประธานกรรมการที่ปรึกษาโครงงาน และอาจารย์สมชาย ดอนเจดีย์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและความช่วยเหลือจนทำให้โครงงานวิศวกรรมนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ยุทธนา ตาละลักษมณ์ ที่ให้คำแนะนำในการเขียนบทความและอาจารย์ธัญดร ออกวะลา ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการปฏิบัติการทดลอง

ขอขอบคุณ คุณ ระวี อยู่สำราญ, คุณสุรพล เจริญชีพ, คุณฉลอง มาตรทอง, คุณสุเทพ ทองดอนพุ่ม, คุณจำลอง บุตรทะสี บุคลากร และภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือในด้านเทคนิคเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆวิศวกรรมชลประทาน รุ่น 60 และเพื่อนคณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ และเป็นกำลังใจให้

สุดท้ายนี้ประโยชน์และความดีทั้งหลาย อันพึงได้รับจากโครงงานวิศวกรรมนี้ ผู้จัดทำขอมอบให้แก่ บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่าน ตลอดจนอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ต่างๆ ให้ผู้จัดทำ จนประสบความสำเร็จในการศึกษา

กาญจนวรรณ นิลกลัด
ฉวีวรรณ สุขลิ้ม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
คำนิยม	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 คำนำ	1
1.2 จุดประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
2.1 คำนำ	3
2.2 การศึกษาในอดีต	3
2.3 การประเมินค่าปัจจัยต่างๆ ในสมการการสูญเสียดินสากล	16
2.4 ผลการศึกษาที่เกี่ยวข้อง	25
2.5 ลักษณะทางกายภาพของหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์	27
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	34
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลศึกษาและทดลอง	34
3.2 วิธีการติดตั้งอุปกรณ์และวิธีการใช้อุปกรณ์	35
บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์	43
4.1 ผลการศึกษาและผลวิจารณ์	43
บทที่ 5 สรุป และข้อเสนอแนะ	50
5.1 สรุปผล	50
5.2 ข้อเสนอแนะ	54
เอกสารอ้างอิง	55
เอกสารอ้างอิง	56

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก 58

ภาคผนวก ก. การหาขนาดและการกระจายของเม็ดดิน 62

ภาคผนวก ข. ข้อมูลการสูญเสียหน้าดินจากน้ำฝนและการไหลบ่าของน้ำหน้าผิวดิน 69

ภาคผนวก ค. ข้อมูลที่ใช้เทียบแบบจำลอง และมาตรฐานต่างๆ 86

ภาคผนวก ง. การใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝกเพื่ออนุรักษ์ดินและน้ำ 89

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 อัตราและความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย	3
2.2 เปรียบเทียบการสูญเสียหน้าดินและการเกิดน้ำหน้าผิวดินในประเทศเกษตรกรรม	4
2.3 กลุ่มขนาดของอนุภาคดิน	9
2.4 ค่าดัชนีความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดิน (K) โดยประมาณ เมื่อพิจารณาจากเนื้อดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน	20
2.5 ค่าของ LS – Factor ในสมการการสูญเสียดินสากล ในกรณีระดับและความยาวของความลาดเทต่างๆ	22
2.6 การกำหนดค่า C - factor และ P- factor สำหรับหน่วยในแผนที่การใช้ที่ดิน 1:50,000	23
2.7 ค่าของ P สำหรับการไถพรวนตามแนวระดับขอบเขาในกรณีความยาวของแนวความลาดเทต่างๆกัน	24
2.8 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของหญ้าแฝกหอมและหญ้าแฝกดอน	28
2.9 หน้าดินที่สูญเสียไปและการไหลบ่าภายใต้แถวรั้ว (hedgerow) ของพืชหลายชนิด และมีความลาดชัน 2 ระดับ	30
5.1 สรุปผลการศึกษาศักยภาพการกรองตะกอนดินของหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์	50
5.2 แสดงข้อมูลการประเมินการสูญเสียดินสากลจากสมการ USLE เทียบกับการสูญเสียดินจากการทดลองกรณีไม่ได้ปลูกแนวหญ้าแฝก	52
5.3 แสดงข้อมูลการประเมินการสูญเสียดินสากลจากสมการ USLE เทียบกับการสูญเสียดินจากการทดลองกรณีปลูกหญ้าแฝก	53

สารบัญตาราง

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ลักษณะของดินที่มีขนาดเม็ดดินคละ	64
2	แสดงผลการวิเคราะห์การหาขนาดเม็ดดิน กรณีดินก่อนทำการทดลอง	66
3	แสดงผลการวิเคราะห์การหาขนาดเม็ดดิน กรณีดินหลังทำการทดลอง ไม่ปลูกหญ้าแฝก	67
4	แสดงผลการวิเคราะห์การหาขนาดเม็ดดิน กรณีดินหลังทำการทดลอง ที่ผ่านแนวหญ้าแฝก 2 แนว	68
5	แสดงค่าความหนาแน่นของดินร่วนปนทราย กรณีไม่ปลูกหญ้าแฝกบน Slope 40%	70
6	แสดงค่าความหนาแน่นของดินร่วนปนทราย กรณีปลูกหญ้าแฝก 2 แนว บน Slope 40%	73
7	แสดงผลการวิเคราะห์ การสูญเสียหน้าดินจากน้ำฝนและการไหลบ่าของน้ำหน้าผิวดิน กรณีไม่ปลูกหญ้าแฝกบน Slope 40%	76
8	แสดงผลการวิเคราะห์ การสูญเสียหน้าดินจากน้ำฝนและการไหลบ่าของน้ำหน้าผิวดิน กรณีปลูกหญ้าแฝก 2 แนวบน Slope 40%	81
9	แสดงขนาดเม็ดสเปรย์	88

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	การชะล้างพังทลายแบบกระเด็น	6
2.2	การชะล้างพังทลายแบบผิวแผ่น	7
2.3	การชะล้างพังทลายแบบร่องริ้ว	7
2.4	การชะล้างพังทลายแบบร่องลึก	7
2.5	การชะล้างพังทลายโดยธารน้ำ	8
2.6	กระบวนการชะล้างพังทลายของดิน	9
2.7	กราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน	10
2.8	ความสัมพันธ์ระหว่าง D_{60} กับอัตราความหนักเบาของฝนในเขตร้อน	11
2.9	ความเร็วท้ายสุด (V_t) ของเม็ดฝนขนาดต่างๆในภาวะอากาศคงตัว	12
2.10	ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานน้ำฝนกับความหนักเบาของฝน	14
2.11	ลักษณะการกระจายของเม็ดฝนที่ตกกระทบหน้าดิน	14
2.12	ลักษณะการตกทับถมของตะกอนดินบริเวณหน้ากอหญ้าแฝก	15
2.13	แสดงแผนภาพ ค่า K ใน USLE	19
2.14	ลักษณะลำต้นของหญ้าแฝก	31
2.15	ลักษณะของใบหญ้าแฝก	31
2.16	รากหญ้าแฝกซึ่งเป็นระบบฝอย	32
2.17	ลักษณะของช่อดอกหญ้าแฝก	32
2.18	ลักษณะของต้นกล้าหญ้าแฝก	33
2.19	ลักษณะของเมล็ดหญ้าแฝก	33
3.1	บริเวณท้ายแปลงทดลอง มีรางรับตะกอนดิน	35
3.2	กระป๋องเก็บตัวอย่างตะกอนดิน	36
3.3	ชุดเก็บตัวอย่างดิน	36
3.4	แสดงแนวการปลูกหญ้าแฝก	38
3.5	แสดงการพรวนดิน ก่อนทำการบดอัดดิน	38
3.6	แสดงการบดอัดหน้าดินให้มีความหนาแน่นของดินต่างๆกัน	38
3.7	สภาพแปลงที่พร้อมทำการทดลอง	39
3.8	วิธีการเก็บตัวอย่างดิน	39

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.9	แสดงการปล่อยน้ำฝนจำลอง	40
3.10	การรับตะกอนดินที่ท้ายแปลง	40
3.11	การชั่งน้ำหนักกระป๋องที่มีตะกอนดิน	41
3.13	ตู้อบไฟฟ้า	41
3.14	การทำไฮโดรมิเตอร์	41
3.15	แสดงสภาพแปลงทดลอง	42
4.1	ปริมาณน้ำไหลบ่าบนหน้าผิวดินกับเวลา บนความลาดชัน 40%	43
4.2	ความเข้มข้นของตะกอนดินเทียบกับเวลา บนความลาดชัน 40%	44
4.3	การสูญเสียหน้าดินจากน้ำฝนเทียบกับเวลา บนความลาดชัน 40%	45
4.4	อัตราการสูญเสียดินกับความหนาแน่นดินต่างๆ บนความลาดชัน 40%	46
4.5	ปริมาณน้ำไหลบ่าบนหน้าผิวดินกับความหนาแน่นดินต่างๆบนความลาดชัน 40%	47
4.6	อัตราการไหลบ่าบนหน้าดินกับเวลา บนความลาดชัน 40%	48
4.7	กราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน จากการร่อนและการตกตะกอน	49
4.8	ไดอะแกรมสามเหลี่ยมแจงประเภทเนื้อดิน (Soil textural triangle)	63

สารบัญภาพ

ภาพผนวกที่		หน้า
1	ไดอะแกรมสามเหลี่ยมแจงประเภทเนื้อ (Soil textural triangle)	64
2	แสดงลักษณะของการสเปรย์	90

บทที่ 1
บทนำ

1.1 คำนำ

ปัญหาการพังทลายของตลิ่งคลองระบาย ตลิ่งถนน ลาดตลิ่งริมเขา หรือพื้นที่ลาดชันอื่นๆ มักจะพบเห็นได้บ่อย โดยเฉพาะในเขตพื้นที่ที่ไม่มีระบบป้องกัน การใช้เทคโนโลยีเช่นลาดด้วยคอนกรีตหรือเทคนิคอื่น ๆ ประสบผลอย่างสูงในประเทศที่พัฒนาแล้ว แต่กลับไม่ได้ผลในประเทศที่กำลังพัฒนา (Grimshaw and Helfer 1995) เนื่องจากค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง ปัจจุบันการใช้พืชป้องกันการกัดเซาะดินซึ่งเป็นเทคนิคอย่างหนึ่งของวิศวกรรมชีวภาพ (Bio-engineering) นั้นเป็นที่ยอบรับทั่วโลก (Chaowen et al. 2007) และมักจะประสบผลสำเร็จได้ง่าย โดยเฉพาะการเลือกใช้พืชที่มีอยู่ในแหล่งนั้น ๆ (Hussein et al. 2007; Spaan et al. 2005) ดังจะเห็นได้จากการใช้หญ้าแฝกเพื่อป้องการการพังทลายของดินในประเทศไทย หญ้าแฝกที่มีคุณสมบัติที่ดีต่อการอนุรักษ์ดินและน้ำได้แก่หญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกดอน (Chomchalow 2000) งานวิจัยที่ผ่านมาได้มุ่งเน้นศึกษาวิจัยไปที่หญ้าแฝกลุ่ม มีงานวิจัยน้อยมากที่ได้ศึกษาถึงประสิทธิภาพของหญ้าแฝกดอน ด้วยข้อจำกัดที่ว่าหญ้าแฝกดอนสามารถค้นพบได้เฉพาะแถบภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ได้แก่ประเทศไทย ลาว กัมพูชา และมาเลเซีย แฝกดอนนั้นมีคุณสมบัติที่ดีต่อการทนแล้งมากกว่าแฝกลุ่มดังนั้นจะเห็นได้ว่าแฝกชนิดนี้จะขึ้นได้ดีตามเขตแนวภูเขาแถวภาคตะวันตก ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือบางส่วน แต่มักจะไม่พบในเขตพื้นที่ภาคใต้ (Chomchalow 2000)

ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงได้ศึกษาเชิงทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ซึ่งเป็นสายพันธุ์หนึ่งของแฝกดอนต่อการลดการกัดเซาะของดินและน้ำเมื่อความหนาแน่นของดินเปลี่ยนไป โดยมุ่งเน้นที่จะประยุกต์ใช้กับพื้นที่ตลิ่งคลองระบาย ตลิ่งถนน ลาดตลิ่งริมเขา หรือพื้นที่ลาดชันอื่นๆ

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาประสิทธิภาพในการอนุรักษ์ดินของหญ้าแฝกพันธ์ประจวบคีรีขันธ์
2. เพื่อเปรียบเทียบกระบวนการกัดเซาะหน้าดิน ในกรณีที่มีและไม่มีหญ้าแฝก
3. ศึกษาลักษณะรูปแบบการตกตะกอนบริเวณด้านหน้าแนวหญ้าแฝก

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ทดลอง และศึกษาประสิทธิภาพการกรองตะกอนดินของหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ โดยใช้แปลงทดลองกว้าง 2 เมตร ยาว 7.5 เมตร บนความลาดชัน 40 % ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินร่วนปนทราย (Sand = 55 % , Silt = 30 % , Clay = 15 %) โดยทำการเปลี่ยนความหนาแน่นของดิน ในการทดลองกำหนดความเข้มฝนคงที่ 45 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

2.1 คำนำ

ในปัจจุบัน โลกกำลังประสบกับสภาวะแวดล้อมที่เสื่อมโทรม อันเป็นผลเนื่องจากการทำกิจกรรมและพัฒนามนุษย์ หญ้าแฝกมีบทบาทอย่างมากในการช่วยป้องกันสิ่งแวดล้อม ทั้งบนดิน น้ำ และอากาศ ไม่ให้เสื่อมโทรม ยิ่งกว่านั้น หญ้าแฝกยังมีบทบาทในการแก้ไขปัญหาหรือฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมที่เสื่อมโทรมไปแล้วให้กลับดีขึ้น หญ้าแฝกช่วยแก้ปัญหาดินเสียให้ดีขึ้น รักษาความชื้นในดินไว้ได้สูง และสิ่งที่สำคัญคือ ความสามารถในการดักตะกอนของหญ้าแฝกเพื่อช่วยลดการกัดเซาะของดิน

2.2 การศึกษาในอดีต

การชะล้างพังทลายของดิน เนื่องจากการไหลชะล้างของน้ำฝนผ่านพื้นที่หน้าดิน รวมทั้งการชะล้างเนื่องจากแรงลม และกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ ในช่วงที่มีสภาพอากาศแห้ง ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดิน ซึ่งประกอบด้วยสภาพภูมิอากาศ ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะของพื้นที่รับน้ำ พืชคลุมดิน กิจกรรมของมนุษย์ และคุณสมบัติของดิน ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดินที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ และต้องนำมาพิจารณาจึงมี 3 ปัจจัย คือ ลักษณะภูมิประเทศ กิจกรรมของมนุษย์ และคุณสมบัติของดิน สำหรับลักษณะภูมิประเทศที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความลาดชัน และความยาวของความลาดชัน

กรมพัฒนาที่ดิน ได้จำแนกอัตราและความรุนแรงในการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทยเป็น 5 ระดับ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 อัตราและความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย

อัตราการสูญเสียดิน (ตัน/ไร่)	ระดับการสูญเสียดิน
0-2	น้อยมาก
2-5	น้อย
5-20	ปานกลาง
20-100	สูง
> 100	รุนแรง

ปัจจุบันประเทศเกษตรกรมมกำลังประสบปัญหาการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดินไป เนื่องจากการชะล้างพังทลายที่มีน้ำไหลบ่าและเม็ดฝนตกกระทบ จากการศึกษาที่ผ่านมา ณ มหาวิทยาลัยแห่งชาติมาเลเซีย ได้แสดงการเปรียบเทียบการสูญเสียหน้าดินที่เกิดขึ้นในประเทศเกษตรกรรม ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบการสูญเสียหน้าดินและการเกิดน้ำหน้าผิวดินในประเทศเกษตรกรรม (Rodriguez 1993.)

ประเทศ	การสูญเสียหน้าดิน (ตัน/เฮคแตร์)		น้ำผิวดิน(%การเกิดน้ำผิวดินจากน้ำฝน)	
	พืชปกคลุมอื่น	หญ้าแฝก	พืชปกคลุมอื่น	หญ้าแฝก
ไทย	7.3	2.5	1.4	0.8
เวเนซุเอลา	88.7	20.2	50	21.9
เวเนซุเอลา (15%)*	12	1.1	76	72
เวเนซุเอลา (26%)*	16.1	4.9	-	-
เวียดนาม	5.7	0.8	-	-
อินเดีย	25	2	23.3	15.5

* ความลาดเอียง

Forrest (1970) ได้พบว่า กระบวนการเคลื่อนย้ายดินในลักษณะที่ดินถูกกัดเซาะแล้วถูกเคลื่อนย้ายลงสู่บริเวณที่ต่ำกว่าด้วยพลังน้ำไหลบ่าหน้าดิน หากความหนาของน้ำที่ไหลไม่มากนักเรียกลักษณะการไหลของน้ำแบบนี้ว่า น้ำไหลระหว่างร่องริ้ว (interrill flow) เมื่อเกิดลักษณะนี้นานเข้า มีร่องริ้วมากขึ้น ขยายแนวกว้างขึ้น และลึกขึ้นเรื่อยๆ น้ำที่ไหลลักษณะนี้เรียกว่า น้ำไหลในร่องริ้ว (rill flow) หากพิจารณาถึงดินตะกอนที่ถูกพัดพาลงมาสู่เชิงเขา (มีความลาดชันสูง) ซึ่งอาจถูกพัดพามาโดยแรงโน้มถ่วงของโลกและพลังงานในการเคลื่อนย้าย ดินนั้นก็จะตกตะกอนลงบนบริเวณเชิงเขานั้นเอง ดังนั้นบริเวณเชิงเขาจึงมักเป็นที่ราบหรือเชิงลาดเล็กน้อย

2.2.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกร่อนโดยน้ำ โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 4 ประการ คือ

- ความสามารถของฝนในการกัดเซาะ (Precipitation Erosivity) หมายถึง การเซาะกร่อนจะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับลักษณะของฝน เช่น ความหนักเบา ระยะเวลา ปริมาณน้ำฝน ขนาดความเร็ว ชนิดและการแผ่กระจายของฝนในแต่ละฤดูกาล

- ความสามารถของดินที่ทนต่อการเซาะกร่อน (Soil Erodibility) หมายถึง คุณสมบัติของดินที่ยากหรือง่ายต่อการถูกกัดชะ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของดิน แรงจับตัวกันระหว่างอนุภาคของดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

- สภาพสิ่งปกคลุมผิวดิน (Cover Condition) และการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยทั่วไปแล้ว สิ่งปกคลุมดินที่มีความหนาแน่นมากและติดต่อกันตลอด ย่อมจะป้องกันการเซาะกร่อนของดินได้ดี จากการวิจัยพบว่า เพื่อป้องกันอันตรายจากการสูญเสียดินและการไหลบ่าของน้ำหน้าดิน ควรรักษาให้มีพืชคลุมดินอย่างน้อย 70 %

- ความชันและความยาวของด้านลาด (Steepness and Length of Slopes) บริเวณใดก็ตาม ถ้าสภาพอื่นๆ เหมือนกันหมด ที่ที่มีความลาดชันมากย่อมจะเกิดการพังทลายของดินได้มากกว่าที่ลาดชันน้อย ความยาวของด้านลาดจะทวีความรุนแรงของน้ำที่ไหลบ่า ทำให้อนุภาคของดินถูกพัดพาไปได้โดยง่าย

การสูญเสียหน้าดินจากน้ำฝนเป็นการสูญเสียหน้าดินจำนวนมากหลายพันตันต่อปี เมื่อฝนตกเศษดินจะแตกออกจากกันและไหลตามน้ำฝน กลายเป็นดินโคลนที่ไปตกค้างอยู่ในแม่น้ำลำธาร การสูญเสียหน้าดิน ก่อให้เกิดรูปแบบของลักษณะการชะล้างพังทลายแตกต่างกันออกไป รูปแบบการชะล้างพังทลายของดินที่สามารถเห็นได้ทั่วไปในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทย มีดังนี้

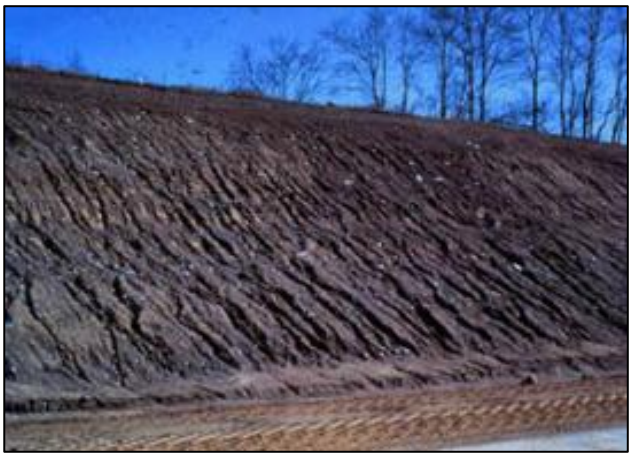
1) การชะล้างพังทลายแบบกระเด็น (Splash erosion) เมื่อฝนตก ความแรงของเม็ดฝนที่ตกกระทบผิวดิน ทำให้อนุภาคของดินกระเด็นหลุดออกจากกันและถูกน้ำพัดพาไหลไปในที่สุด จากการศึกษาทดลองพบว่าแรงปะทะของเม็ดฝนทำให้การสูญเสียดินมากกว่าการถูกชะล้าง โดยน้ำที่ไหลไปตามหน้าดิน (Surface runoff) ประมาณ 50-90 เท่า หากฝนตกแรงมาก ๆ ในบริเวณพื้นดินที่ปราศจากสิ่งปกคลุม ประมาณว่าอนุภาคของดินถูกชะล้างให้หลุดลอยไป 40 ตัน ต่อพื้นที่ 1 ไร่ (Hewlett and Nutter, 1969) ได้กล่าวไว้ว่า ขนาดของเม็ดฝนและความเร็วที่ตกลงมาปะทะดินนับว่าสำคัญมาก

ภาพที่ 2.1 การชะล้างพังทลายแบบกระเด็น

2) การชะล้างพังทลายแบบผิวแผ่น (sheet erosion) เกิดจากแรงปะทะของเม็ดฝน ประกอบกับการไหลบ่าของน้ำ ทำให้ผิวหน้าดินถูกชะล้างไปอย่างสม่ำเสมอตลอดทั่วกันทั้งพื้นที่โดยค่อยเป็นค่อยไป ส่วนมากถ้าไม่สังเกตจะไม่ทราบว่าเกิดการกัดเซาะ จนกระทั่งความอุดมสมบูรณ์ของดินถูกชะล้างไปเกือบหมดหรือหมดแล้ว โดยเฉพาะบริเวณที่ดินตื้นและร่วน มักจะง่ายต่อการกัดเซาะพังทลายแบบนี้

ภาพที่ 2.2 การชะล้างพังทลายแบบผิวแผ่น

3) การชะล้างพังทลายแบบร่องริ้ว (rill erosion) เป็นกระบวนการต่อเนื่องจากการเกิดการพังทลายแบบผิวหน้าเรียบ เมื่อฝนตกมากเป็นเวลานาน ปริมาณน้ำจะรวมตัวกันไหลลงสู่ที่ต่ำทำให้เกิดเป็นร่องน้ำเล็ก ๆ มักเกิดในบริเวณพื้นที่ซึ่งมีความลาดเทเล็กน้อยและไม่สม่ำเสมอกัน ความ



ภาพที่ 2.3 การชะล้างพังทลายแบบร่องริ้ว

4) การชะล้างพังทลายแบบร่องลึก (gully erosion) เป็นการเซาะกร่อนที่ลึก กว้าง และรุนแรงกว่าการเซาะกร่อนแบบริ้ว เกิดขึ้นเนื่องจากสภาพภูมิประเทศเป็นที่ลาดชันมาก หรือมีด้านลาดเทยาว หรืออาจเนื่องมาจากการใช้ประโยชน์ที่ดินไม่เหมาะสม สภาพดินโดยทั่วไปง่ายต่อการพังทลายเมื่อมีฝนตกแรงและนาน อำนาจการชะล้างของน้ำจึงมีมากขึ้น ทำให้ดินถูกพัดพาไปเป็นจำนวนมาก ร่องน้ำนี้เองเป็นจุดกำเนิดของ ลำธาร ที่เรียกว่า Intermittent Stream

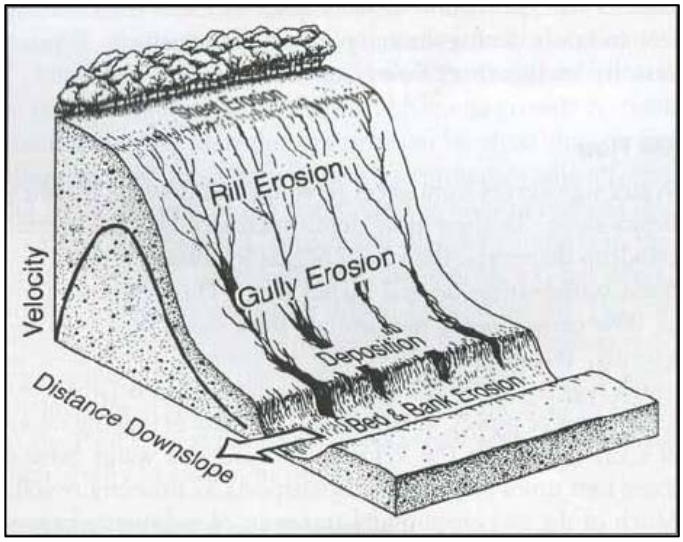
ภาพที่ 2.4 การชะล้างพังทลายแบบร่องลึก

5) การชะล้างพังทลายโดยธารน้ำ (channel erosion) การพังทลายของดินริมตลิ่ง และดินที่อยู่ในท้องน้ำ แตกต่างไปจากการเซาะกร่อนแบบร่อง โดยการพังทลายลักษณะนี้เกิดขึ้นตอนล่างของลำน้ำ ปกติมักจะเป็นลำน้ำที่มีน้ำไหลตลอดปี (Perennial Stream) และมีความลาดชันน้อย การพังทลายของดินสองข้างลำน้ำอาจเกิดจากน้ำข้างบนไหลเซาะลงไป หรือเนื่องจากกระแสน้ำที่ไหลมาตามลำน้ำกัดเซาะตลิ่งให้พังลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำ

ภาพที่ 2.5 การชะล้างพังทลายโดยธารน้ำ

กรณีที่ความลาดชันมากกว่า 33 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป Foster และ Martin (1969) พบว่า การกัดเซาะหน้าดินของเม็ดฝนนั้นจะมีมากจนถึงขีดสูงสุดที่ระดับหนึ่งแล้วจะลดต่ำลง หากกำหนดให้ความหนักเบาของฝนสม่ำเสมอตลอด อัตราที่หน้าดินถูกกัดเซาะยังขึ้นอยู่กับเวลาอีกด้วย ซึ่งตามความเป็นจริงแล้ว มักคิดรวมว่า การกัดเซาะนั้น เกิดมาจากเม็ดฝนอย่างเดียว

กระบวนการสำคัญที่จะเกิดขึ้นบนพื้นที่ที่มีความชันสูง คือ กระบวนการชะล้างพังทลายที่มีน้ำไหลบ่าบนหน้าดินกับการตกกระทบของเม็ดน้ำฝนบนผิวหน้าดิน ซึ่งถือว่าเป็นตัวการสำคัญที่จะก่อให้เกิดร่องริ้วบนหน้าผิวดิน เพื่อให้เข้าใจกระบวนการกัดเซาะและการตกทับถมของตะกอนดินบนพื้นที่ลาดเทมากขึ้นสามารถดูภาพที่ 2.6 ประกอบ เพื่อใช้เป็นแนวทางการศึกษาด้านการควบคุมการชะล้างพังทลายของหน้าดิน



ภาพที่ 2.6 กระบวนการชะล้างพังทลายของดิน

ที่มา : Essential as Geography, Nelson Thrones Publisher, 2000

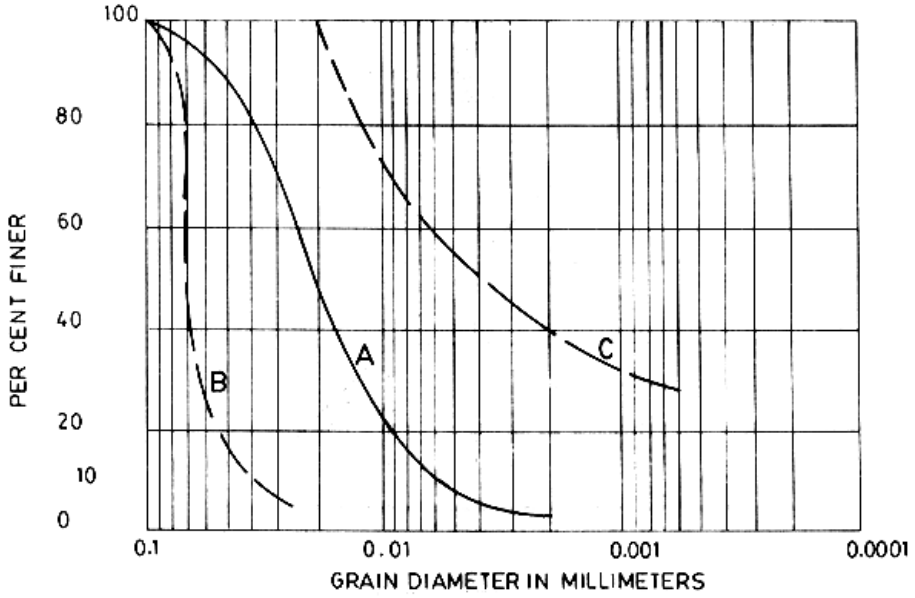
2.2.2 กลุ่มขนาดของอนุภาคดิน

นักวิทยาศาสตร์ทางดิน แบ่งอนุภาคดินเป็น 3 กลุ่มขนาด (size class) ตามระบบ USDA (United States Department of Agriculture) และระบบสากล ISSS (International Society of Soil Science) ในการวิเคราะห์ ใช้ระบบสากล ISSS เพราะได้รับการยอมรับทั่วโลก

ตารางที่ 2.3 กลุ่มขนาดของอนุภาคดิน

กลุ่มขนาด	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	
	USDA	**ISSS**
ทราย (Very coarse sand)	2.00 – 1.00	-
ทรายหยาบ (Coarse sand)	1.00 – 0.50	2.00 – 0.20
ทรายขนาดปานกลาง (Medium sand)	0.50 – 0.25	-
ทรายละเอียด (Fine sand)	0.25 – 0.10	0.20 – 0.02
ทรายละเอียดมาก (Very fine sand)	0.10 – 0.05	-
ทรายแป้ง (Silt)	0.05-0.02	0.02-0.002
ดินเหนียว (Clay)	< 0.002	< 0.002
ก้อนกรวด (Gravel)	2 – 75	
ก้อนหินเล็ก(Cobbles)	75 – 254	
ก้อนหินใหญ่ (Stones)	> 254	

เมื่อรู้ขนาดเม็ดดินแล้ว สามารถทราบได้อีกว่าการกระจายและการคละกันของเม็ดดินเป็นอย่างไร ซึ่งดูได้จากภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.2 กราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน

เมื่อ A เป็นเส้นกราฟที่เม็ดดินมีขนาดเม็ดคละกันดี (Well Graded Soil) ดินมีขนาดต่างๆคละกันดี

B เป็นเส้นกราฟที่เม็ดดินมีเม็ดขนาดเดียวกัน (Uniform Graded)

C เป็นเส้นกราฟที่เม็ดดินมีขนาดขาดช่วง (Gap Graded) เส้นกราฟบางช่วงเป็นเส้นระนาบ

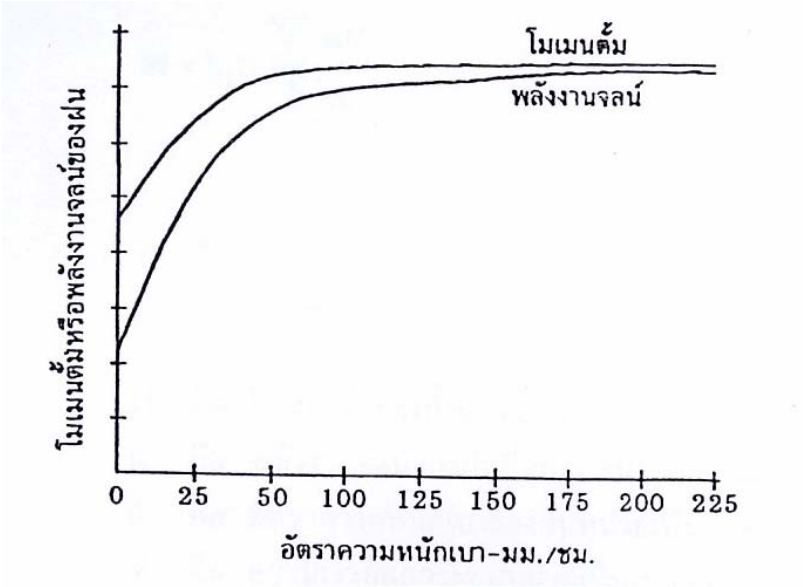
การประเมินประเภทของเนื้อดินอาจทำได้เมื่อทราบสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของทราย (Sand) ทรายแป้ง (Silt) และดินเหนียว (Clay) เช่น ดินมีทราย 40% ทรายแป้ง 38% และมีดินเหนียว 22% เมื่อตรวจสอบกับไดอะแกรมสามเหลี่ยมแจงประเภทเนื้อดิน (Soil textural triangle) จะพบว่าเนื้อดินเป็นดินร่วน (Loam) (รูปที่ 1ก. ภาคผนวก ก.)

2.2.3 การชะล้างพังทลายหน้าดินจากน้ำฝน

Hudson (1964) พบว่า เม็ดฝนขนาดใหญ่สุดมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มม. เม็ดฝนที่มีขนาดใหญ่กว่านี้จะแตกออกเป็นเม็ดฝนฝอยเล็กๆ ทำนองเดียวกัน Blanchard (1950) ก็พบเช่นกันว่าเม็ดฝนที่มีขนาดที่คงตัวอยู่ได้ตั้งแต่ขนาดเล็กๆ จนไปถึงขนาด 4.5 มม. แต่ถ้าขนาดใหญ่ขึ้นจนถึง 5 มม. ขนาดรูปร่างจะไม่อยู่ในสภาพคงตัว

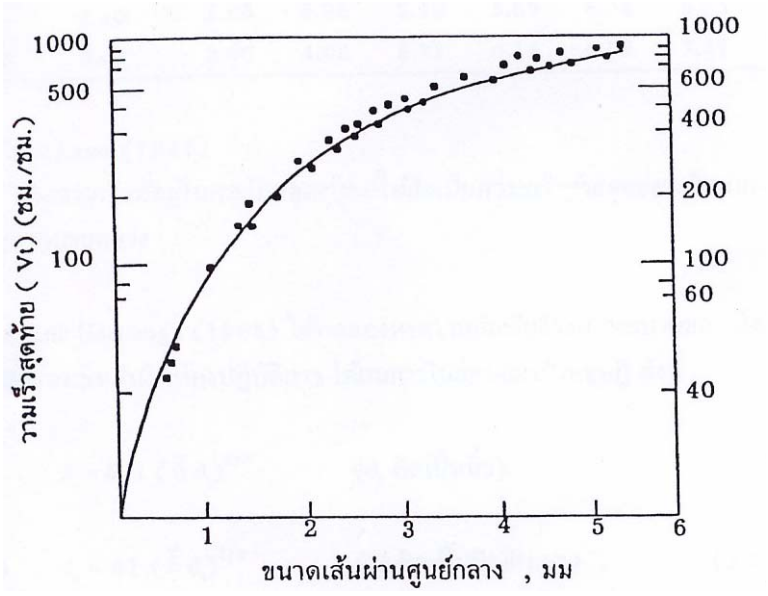
ความเร็วท้ายสุดและรูปร่างของเม็ดฝน

เมื่อใดที่เม็ดฝนตกลงพื้นโลก ด้วยความเร็วในอัตราคงที่ที่เกิดขึ้นก่อนตกถึงพื้นดินนี้เรียกว่า ความเร็วท้ายสุดของเม็ดฝน ซึ่งจะอยู่ในอัตราความเร็วมากน้อยเท่าใด ขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของเม็ดฝนขณะตกเป็นสำคัญ



ภาพที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง D_{60} กับอัตราความหนักเบาของฝนในเขตร้อน

เม็ดฝนที่มีขนาดใหญ่ถึง 5 มม. จะมีความเร็วท้ายสุดประมาณ 9 เมตรต่อวินาที Gunn และ Kinser (1949) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วท้ายสุดกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดฝน แสดงผลที่ได้ดังรูปที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 ความเร็วท้ายสุด (V_t) ของเม็ดฝนขนาดต่างๆในภาวะอากาศคงตัว
ที่มา: ดัดแปลงจาก Gunn และ Kinser (1949)

ความเร็วท้ายสุดของเม็ดฝนจะมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดฝนเป็นสำคัญ เป็นต้นว่าเม็ดฝนขนาด 0.25 มม. และขนาดใหญ่ 1 มม. จะมีความเร็วท้ายสุด 1.09 และ 4.4 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ และเม็ดฝนที่มีขนาดใหญ่ถึง 5 มม. จะมีความเร็วท้ายสุดประมาณ 9 เมตรต่อวินาที เม็ดฝนส่วนมากจะมีความเร็วถึง 16.5 ฟุตต่อวินาที เมื่อตกลงมาได้ประมาณ 25 ฟุต ดังนั้นเมื่อเม็ดฝนที่ตกมาจากระดับสูง 25 ฟุต หรือมากกว่า ค่าความเร็วนั้นจะลดต่ำลง ก่อนถึงพื้นดิน ในการศึกษาครั้งนี้จึงปล่อยฝนให้ตกที่ระยะ 8 ฟุต (26 เมตร)จากพื้น ซึ่งถือว่าไม่คิดความเร็วลม

ด้วยแนวคิดนี้เองทำให้ Foster และ Mayer (1972) สรุปว่า การเคลื่อนที่ของตะกอนดินในช่วงแรกๆ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบกลิ้งไปตามผิวหน้าดิน และการเคลื่อนย้ายตะกอนของน้ำที่ไหลร่องริ้วแสดงออกได้ในแบบสมการของการเคลื่อนย้ายตะกอนบนผิวหน้าดิน หรือท้องลำธาร (bedload) ในสมการของ Yalin (1963) และ DuBoys (อ้างอิงโดย Yong และ Mutchler,1969) และ

โมเมนตั้มและพลังงานจลน์ของเม็ดฝน

หากทราบขนาดและความเร็วท้ายสุดของเม็ดฝนได้ก็จะคำนวณค่าโมเมนตั้มของฝนได้ หรือคำนวณหาพลังงานจลน์ของฝนได้ โดยบวกโมเมนตั้มของเม็ดฝนแต่ละเม็ดเข้าด้วยกัน เนื่องจากการวัดขนาดและความเร็วของเม็ดฝนแต่ละเม็ดนั้นทำได้ยากลำบาก William (1969) และ Kinnel (1973) จึงได้สร้างสมการหา M จากความหนักเบาของฝนไว้ดังนี้

$M\ (dyne.cm^{-2}h^{-1}) = 0.3459I^{0.711}$ (William,1969)

$M\ (dyne.cm^{2}s^{-1}) = 0.0213I-0.62$ (Kinnel,1973)

โดยที่ I คือ อัตราความหนักเบาของฝน (มม./ชม.$^{-1}$)

พลังงานของฝนกับการสูญเสียดิน

จากผลการศึกษาการชะล้างพังทลายหน้าดินจากฝน โดยใช้สมการทางเรขาคณิต (algebraic equation) ที่ประเมินค่าทางอ้อมของพลังงานจลน์ของฝนจากความหนักเบาของฝนที่ตกแต่ละครั้ง Wischmeier และ Smith (1958) ได้สร้างสมการขึ้นมาเพื่อคำนวณหาพลังงานของฝนที่ตกในความหนักเบาต่างๆกันได้ดังนี้

$$Y = 916 + 331 \log_{10} I$$

โดยที่ Y คือ พลังงานจลน์ของฝนที่ตก หน่วย ฟุต-ตัน/เอเคอร์-นิ้ว

I คือ ความหนักเบาของฝนที่ตก หน่วย นิ้ว/ชั่วโมง

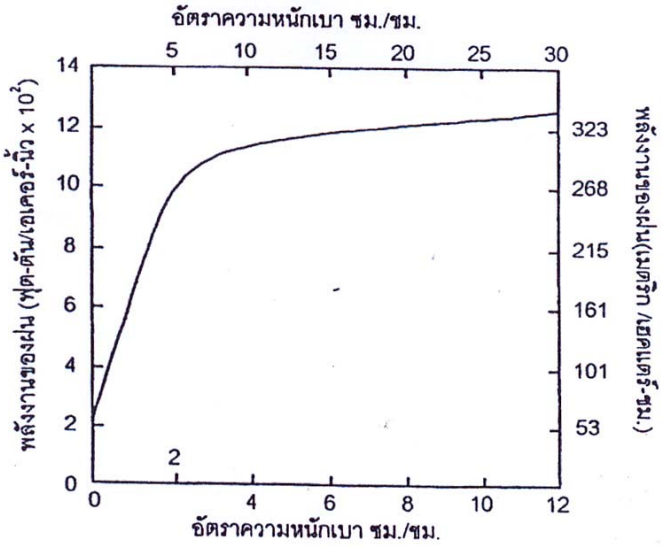
จากสมการดังกล่าว Dangler และ El-Swaify (1976) ได้ดัดแปลงให้สะดวกต่อการใช้ในระบบเมตริกมากขึ้น ดังนี้

$$KE = 210.3 + 89 \log_{10} I$$

โดยที่ KE คือ พลังงานจลน์ของฝน หน่วย เมตริกตัน/เอเคอร์-ซม.

I คือ อัตราความหนักเบาของฝน หน่วย ซม./ชม.

จากสมการสามารถแสดงเป็นแผนภาพได้ดังรูป 2.10

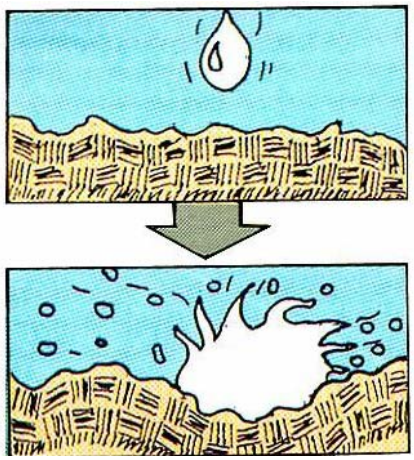


ภาพที่ 2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานน้ำฝนกับความหนักเบาของฝน

ที่มา : ดัดแปลงจาก Wishmeier และ Smith (1958)

รูปร่างและลักษณะการกระจายของเม็ดฝนที่ตกกระทบหน้าดิน

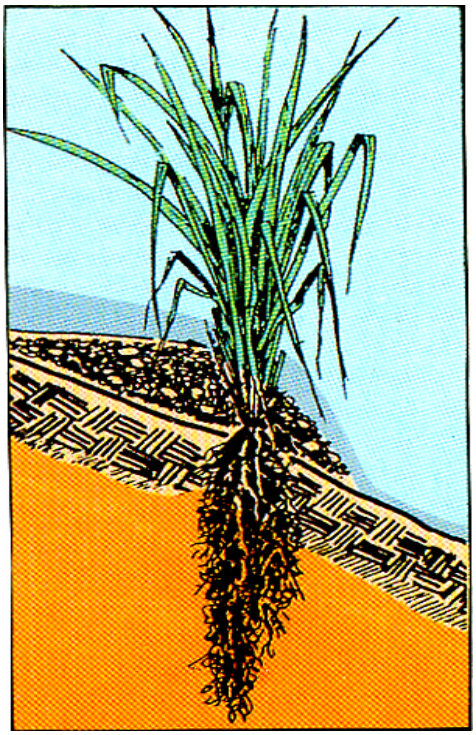
ลักษณะเม็ดฝนที่ตกกระทบดิน ได้มีผู้ศึกษามาแล้วกล่าวไว้ว่า ขนาดรูปร่างของเม็ดฝนจะไม่อยู่ในสภาพคงตัว มีขนาดใหญ่ เล็ก รูปร่างแตกต่างกันไปและไม่เหมือนรูปหยดน้ำตาที่เคยกล่าวไว้ แต่จะมีฐานแบนเพราะแรงต้านของอากาศ ทั่วๆไปเม็ดฝนจะเกิดจากเม็ดฝน 2 เม็ด มากระทบและรวมตัวกันเป็น “super drop” และร่วงลงสู่พื้นดินก่อนที่จะแตกออกเป็นเม็ดเล็กๆอีกครั้ง



ภาพที่ 2.11 ลักษณะการกระจายของเม็ดฝนที่ตกกระทบหน้าดิน

แต่ในขณะที่ฝนตกลงมา ด้านใต้ของเม็ดฝนจะถูกแรงต้านทานของอากาศมากกว่าด้านบนและด้านข้าง จึงทำให้เม็ดฝนที่ตกลงมานั้นมีรูปร่างแบบ Spherical เม็ดฝนจะมีอัตราการกัดเซาะได้มากก็ต่อเมื่อมีน้ำอยู่บนผิวหน้าดินบางๆ แต่ถ้าหากหน้าดินมีน้ำเอ่อหนา แรงกระทบของเม็ดฝนจะไม่มีผลกระทบเลย อย่างไรก็ตาม ปริมาณดินที่ถูกพัดพาให้เคลื่อนที่จะเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากแผ่นน้ำหน้าดินจะปั่นป่วน เพราะแรงอัดของเม็ดฝนบนแผ่นน้ำกวนให้ดินตะกอนลอยตัวขึ้นมาบนผิวน้ำ

เมื่อเม็ดฝนตกกระทบผิวดินจะเกิดการชะพังทลาย หน้าดินจะถูกพัดพามากับน้ำไหลลงสู่ที่ต่ำ และเมื่อเวลาผ่านไปน้ำไหลบ่าและทิ้งตะกอนไว้ หญ้าแฝกจะงอกขึ้นมาอยู่เหนือดินตะกอน หลังจากนั้นทางลาดตามธรรมชาติจะก่อตัวขึ้น ทางลาดนี้จะกลายเป็นส่วนที่ถาวรของพื้นที่ และแนวป้องกันที่อยู่อย่างมีประสิทธิภาพ แนวหญ้าแฝกจะช่วยชะลอความเร็วของน้ำ ช่วยลดการกัดเซาะ สามารถกรองตะกอนดิน เก็บความชื้นความอุดมสมบูรณ์ไว้ได้ และกอหญ้าแฝกสามารถยืดตัว ตามความสูงของตะกอนที่ทับถมได้ด้วย



ภาพที่ 2.12 ลักษณะการตกทับถมของตะกอนดินบริเวณหน้ากอหญ้าแฝก

McIntyre (1958) ได้กล่าวสรุปไว้ว่า ลักษณะการกัดเซาะของเม็ดฝนที่ตกกระทบ ว่ามี 4 ลำดับขั้นตอน คือ ตอนแรกหน้าดินจะเปียกอย่างรวดเร็วทำให้ดินยกตัว และเกิดการแตกกระเด็น

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของฝนกับการพังทลายของดินมีมากน้อยเพียงใด และได้พบว่าพารามิเตอร์ของน้ำฝนหลายอย่างที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียดิน Ellison (1944) พบว่า ปริมาณของอนุภาคดินที่ถูกเคลื่อนย้ายโดยเม็ดฝนนั้น ขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ดฝน ความเร็วและความหนักเบาของเม็ดฝน Wischmeier และ Smith (1978) ได้ตรวจสอบลักษณะของฝนว่ามีผลต่อการสูญเสียหน้าดินมากน้อยเพียงใด ถึงแม้ว่าผลนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของดินก็ตาม ลักษณะเด่นชัดที่มีอิทธิพลสูงมากต่อการพังทลายของดิน ก็คือ “ผลคูณของพลังงานของฝนที่ตกในครั้งนั้นๆ กับความหนักเบา 30 นาที สูงสุดที่เกิดขึ้นในฝนครั้งนั้น” ซึ่งผลคูณนี้ เรียกว่า “ดัชนี EI” และค่าดัชนี EI จะมีผลต่อการชะล้างพังทลายของดินอันเนื่องมาจากฝนตกครั้งหนึ่งๆ ประมาณ 72-90 เปอร์เซ็นต์

2.3 การประเมินค่าปัจจัยต่างๆ ในสมการการสูญเสียดินสากล

USLE เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมาประเมินค่าการสูญเสียดินในลักษณะรายปี สำหรับเฉพาะพื้นที่และเฉพาะการใช้ประโยชน์ที่ดินการเกษตรกรรมแต่ละชนิด ถึงแม้ปัจจัยของ USLE ได้มีการประเมินกันไว้บ้างแล้ว ส่วนใหญ่จะเป็นค่าตัวเลข หรือข้อมูลในสหรัฐอเมริกา ซึ่งการนำมาใช้ในประเทศไทย ย่อมให้ค่าที่ผิดพลาดแน่นอน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องประเมินค่าใหม่สำหรับบางปัจจัย และดัดแปลง หรือปรับปรุงค่าใหม่สำหรับบางปัจจัย ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดต่อไป ดังนี้

สมการสูญเสียดินสากล

สมการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation ,USLE) เป็นที่รู้จักอย่างดีสำหรับวงการนักอนุรักษ์ดินและน้ำ ซึ่งสมการดังกล่าวมีรูปแบบดังนี้

$$\mathbf{A = R K L S C P}$$

โดยที่ A คือ ปริมาณดินที่สูญเสียที่คำนวณได้ต่อหน่วยเนื้อที่

R คือ rainfall factor เป็นค่าดัชนีของการชะล้างพังทลายดินของฝนในปีที่มีฝนตกระดับปกติ

K คือ ค่าความคงทนต่อการชะล้างพังทลายดิน เป็นการสูญเสียดินต่อหนึ่งหน่วยของดัชนีการชะล้างพังทลาย (erosion index)

L คือ ค่าอิทธิพลของความยาวของความชันที่มีต่อการชะล้างพังทลายของดิน (Slope length factor) เป็นค่าได้จากอัตราส่วนการสูญเสียดิน จากความยาวของความลาดชันช่วงใดช่วงหนึ่งกับความยาวมาตรฐาน ซึ่งอยู่บนแนวความลาดเทอันเดียวกัน

S คือ ค่าอิทธิพลของความลาดชัน (slope – gradient factor) เป็นอัตราส่วนของการสูญเสียดินจากความลาดชันระดับใดระดับหนึ่งต่อความลาดชัน

C คือ ค่าอิทธิพลของพืชหรือสิ่งปกคลุมดิน (cropping management factor) เป็นอัตราส่วนของการสูญเสียดินระหว่างพื้นที่ที่มีพืชชนิดใดชนิดหนึ่งปกคลุมอยู่กับการสูญเสียดิน จากบริเวณไถพรวนที่ปราศจากพืชคลุมดิน ซึ่งใช้ในการหาค่าความคงทนของดิน

P คือ ค่าอิทธิพลของมาตรการที่ใช้ในการควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน (erosion-control factor) เป็นค่าอัตราส่วนของการสูญเสียกินจากพื้นที่ที่มีวิธีการอนุรักษ์ดินแบบต่างๆ เช่น การไถพรวนตามแนวระดับ(contouring) การปลูกพืชเป็นแถบ (strip dropping) หรือ การทำขั้นบันได (terracing) กับบริเวณที่ปลูกพืชขึ้นลงตามแนวขนานความลาดชัน

2.3.1 การประเมินค่าปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน (Rainfall Erosivity Factor ,R - Factor)

ฝนเป็นปัจจัยสำคัญที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน โดยในแต่ละพื้นที่มีการกระจายของฝนไม่เท่ากัน ทำให้ความรุนแรงของฝนที่ตกลงมาในช่วงระยะเวลาหนึ่งๆ มีความแตกต่างกันไป เป็นผลให้ปริมาณการถูกชะล้างพังทลายของดินมากน้อยต่างกันไปด้วย ค่าดัชนี EI ที่แท้จริงนั้นประกอบไปด้วยค่าพลังงานของฝน (E) ที่ตกครั้งนั้นๆคูณกับอัตราความหนักเบาในช่วง 30 นาทีสูงที่สุด (I) ของฝนที่ตกครั้งนั้นๆ ค่าของ R – factor สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$R = \sum_{j=1}^{n} (EI)_j$$

ซึ่งค่า n คือจำนวนครั้งที่ฝนตกในช่วงเวลาที่กำหนดขึ้น ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าค่าของ R จะขึ้นอยู่กับช่วงเวลาด้วย โดยทั่วไปแล้วค่า R จะไม่นิยมบอกช่วงเวลาที่ใช้ในการคำนวณ

เพื่อให้เข้าใจในรายละเอียดของการประเมินค่า R- factor จะขอกล่าวรายละเอียดดังนี้

$$E = \sum_{k=1}^{P} Ke_k \Delta Ra_k$$

โดยที่ Ke_k คือ พลังงานของฝนในช่วงเวลา k

Ra_k คือ ปริมาณของฝนในช่วงเวลา k

k คือ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งในจำนวน P ช่วง ที่กำหนดขึ้นจากกราฟวัดปริมาณน้ำฝน

หน่วยพลังงาน Ke_k นั้นขึ้นอยู่กับความหนักเบาของฝนในแต่ละช่วงเวลาในสหรัฐอเมริกาใช้สมการ

$$KE = 916 + 330\log_{10} \quad \text{เมื่อ} \quad i \le 3 \text{ นิ้ว/ชม.}$$

แต่ถ้าต้องการให้มีหน่วยเป็น Metric System ต้องปรับใหม่เป็น

$$KE = 210.3 + 89\log_{10}(i_{cm})$$

เมื่อ Ke มีหน่วยเป็นเมตร-ตัน (แรง)/เฮคแตร์-ซม.

i_{cm} คือความหนักเบาของฝนเป็น ซม./ชม.

จากการประมาณค่าต่างๆดังกล่าว ค่า EI_{30} ของสมการที่กล่าวมา จะประเมินใหม่โดยการคูณค่า I เข้าด้วยกันแล้วแสดงเป็นสมการ

$$EI_{30} = KE \times I$$

$$R = \frac{E_i I_{30}}{100}$$

โดยที่ E_i คือ ดัชนีแสดงพลังชะล้างพังทลายของดินของฝนที่ตกในครั้งหนึ่งๆ

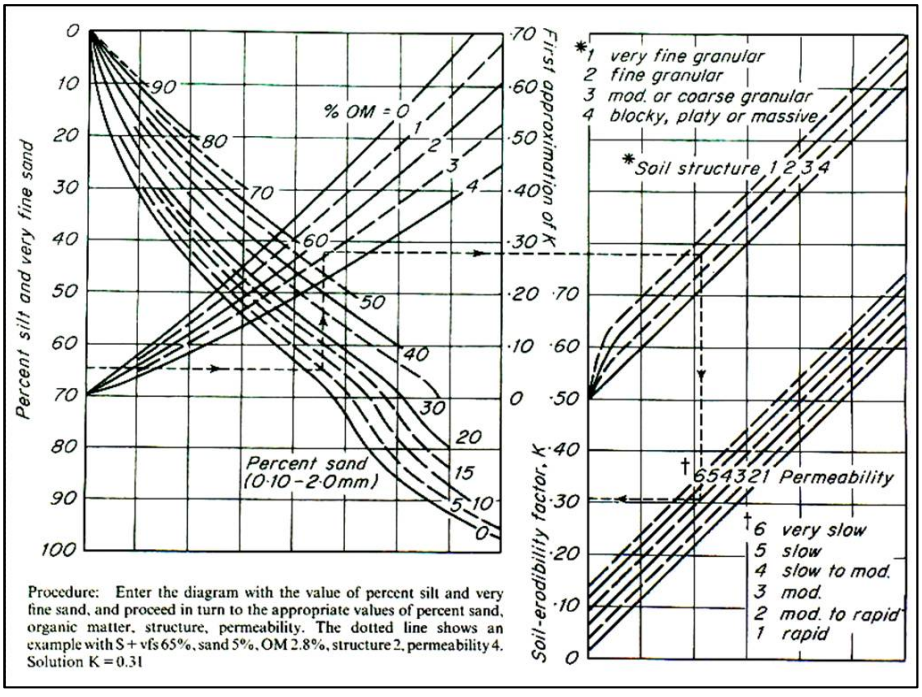
I_{30} คือ ความหนักเบาของฝนในช่วง 30 นาทีที่สูงสุด

2.3.2 การประเมินค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (Soil Erodibility Factor , K-factor)

Wischmeier และคณะ (1978) อธิบายว่า ปริมาณการสูญเสียดินจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความลาดชันของพื้นที่ ความรุนแรงของฝน ปริมาณการปกคลุมดินของพืช และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ ค่า K ที่ได้จากการทดลองจะสะท้อนให้เห็นถึงสมบัติของดินทุกรูปแบบที่มีผลต่อการถูกชะล้างโดยพลังน้ำฝน และน้ำไหลบ่าบนหน้าดิน

การประมาณค่า K จากเนื้อดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

กรณีที่ไม่มีข้อมูลสามารถใช้แผนภาพ nomograph แทนได้ นอกจากนี้หน่วยงานวิจัยของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งสหรัฐอเมริกา (ORD – EPA,1975) ก็ได้ประเมินค่าของ K ไว้โดยประมาณ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 แสดงแผนภาพ ค่า K ใน USLE

ในปี ค.ศ. 1990 Williums และคณะ (1990) ได้สร้างสมการหาค่า K ใหม่ขึ้นมาเพื่อใช้กับแบบจำลองการชะล้างพังทลายของดิน โดยใช้พาะเนื้อดินกับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน สมการประมาณค่า K ในกรณีนี้ คือ

$$100K = 2.1M^{1.14}(10^{-4})(12-a) + 3.25(b-2) + 2.5(c-3)$$

โดยที่ M = Particle size parameter, (%Silt + %very fine sand) x (100 - %clay)

a = % OM

b = Soil structure code ; 1 – 4

c = Profile permeability code ; 1 – 6

ตารางที่ 2.4 ค่าดัชนีความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดิน (K) โดยประมาณ เมื่อพิจารณาจากเนื้อดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

ชนิดของเนื้อ	ค่า K - Factor ใน USLE		
	กรณีที่ดินมีอินทรียวัตถุ		
	0.50%	2%	4%
ทราย (Sand)	0.005	0.03	0. 02
ทรายละเอียด(Fine sand)	0.15	0.14	0.10
ทรายละเอียดมาก (Very fine sand)	0.42	0.36	0.28
ทรายร่วน (Loamy sand)	0.12	0.10	0.08
ทรายละเอียดร่วน(Loamy fine sand)	0.24	0.20	0.16
ทรายละเอียดร่วนมาก (Very loamy fine sand)	0.44	0.38	0.30
ดินร่วนปนทราย (Sandy loam)	0.27	0.24	0.19
ดินร่วนปนทรายละเอียด (Fine sandy loam)	0.35	0.30	0.24
ดินร่วนปนทรายละเอียดมาก (Very fine sandy loam)	0.47	0.41	0.33
ดินร่วน (Loam)	0.38	0.34	0.29
ดินร่วนปนซิลท์ (Silt loam)	0.48	0.42	0.33
ดินซิลท์ (Silt)	0.60	0.52	0.42
ดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay loam)	0.27	0.25	0.21
ดินร่วนหนียว (Clay loam)	0.28	0.25	0.21
ดินร่วนเหนียวปนซิลท์ (Silt clay loam)	0.37	0.32	0.26
ดินเหนียวปนทราย (Sandy clay)	0.14	0.13	0.12
ดินเหนียวปนซิลท์ (Silt clay)	0.25	0.23	0.19
ดินเหนียว (Clay)	-	0.13-0.29	-

ที่มา : จาก Table 2 a. ใน URS – USDA and ORD-EPA (1975

2.3.3 การประเมินค่าดัชนีความลาดเทของพื้นที่ (LS - Factor)

สมการของ Wischmeier and Smith , 1978 ได้มีการดัดแปลงสมการ ปัจจุบันใช้สมการ คือ

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

หรือ $S = 0.065 + 0.045s + 0.0065s^2$

และ $L = (\lambda/22.13)^m$

เมื่อ s เป็นเปอร์เซ็นต์ความลาดเท

λ เป็นความยาวของความลาดเท , เมตร

m เป็นค่ายกกำลังตั้งแต่ 0.2- 0.5 ซึ่งขึ้นกับความลาดเท

ถ้า s > 5% , m = 0.5

s = 3.5 – 4.5 % , m = 0.4

s = 1 – 3 % , m = 0.3

s < 1 % , m = 0.2

ค่าดังกล่าวได้มีการประเมินไว้บ้างแล้ว ดังแสดงในตารางที่ 2.5

2.3.4 การประเมินค่าดัชนีพืชคลุมดินและการจัดการพืช (C-factor)

ค่า C สะท้อนถึงประสิทธิภาพของพืช ลักษณะการปกคลุม และวิธีการปฏิบัติในการปลูกพืช รวมทั้งลักษณะแปลงทดลอง การกำหนดค่า C ของพืชชนิดใดชนิดหนึ่งในแต่ละท้องที่ จึงจำเป็นต้องอาศัยความรู้เกี่ยวกับการตกและการกระจายของฝนในช่วงเวลาต่างๆของแต่ละพื้นที่และรู้ประสิทธิภาพของพืชนั้นๆ รวมทั้งลักษณะการปฏิบัติการปลูกพืชต่อการควบคุมการชะล้างพังทลายของดินด้วย ตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.5 ค่าของ LS – Factor ในสมการการสูญเสียดินสากล ในกรณีระดับและความยาวของความลาดเทต่างๆ

ระดับความลาดเท %	ความยาวของแนวความลาดเท												
	ft	25	50	75	100	150	200	300	400	500	600	800	1000
	m	7.5	15	22.5	30	45	60	90	120	150	180	240	300
1		0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.20	0.21	0.22	0.24	0.26
2		0.13	0.16	0.19	0.20	0.23	0.24	0.28	0.32	0.33	0.30	0.38	0.40
3		0.19	0.23	0.26	0.29	0.33	0.35	1.40	0.44	0.47	0.49	0.84	0.57
4		0.23	0.30	0.36	0.40	0.47	0.53	0.62	0.70	0.76	0.84	0.92	1.00
5		0.27	0.38	0.46	0.54	0.66	0.76	0.93	11.0	1.20	0.92	1.50	1.70
6		0.34	0.48	0.58	0.67	0.82	0.95	1.20	1.40	1.50	1.50	1.90	2.10
8		0.50	0.70	0.86	0.99	0.20	1.40	1.70	2.00	2.20	1.90	2.80	3.10
10		0.69	0.97	1.20	1.40	1.70	1.90	2.40	2.70	3.10	2.80	3.90	4.30
12		0.90	1.30	1.60	1.80	2.20	2.60	3.10	3.60	4.00	3.90	5.10	5.70
14		1.20	1.60	2.00	2.30	2.80	3.30	4.00	4.60	5.10	5.10	6.50	7.30
16		1.40	2.00	2.50	2.80	3.50	4.00	4.90	5.70	6.40	6.50	8.00	9.00
18		1.70	2.40	3.00	3.40	4.20	4.90	6.00	6.90	7.70	8.00	9.70	11.0
20		2.00	2.90	3.50	4.10	5.00	5.80	7.10	8.20	9.10	9.70	12.0	23.0
30		4.00	5.60	6.90	8.00	9.70	11.0	22.0	16.0	18.0	17.0	23.0	25.0
40		6.30	9.00	11.0	13.0	16.0	18.0	31.0	25.0	28.0	23.0	-	-
50		8.90	13.0	15.0	18.0	22.0	25.0	-	-	-	-	-	-
60		12.00	16.0	20.0	23.0	28.0	-	-	-	-	-	-	-
80		26.30	37.6	46.2	53.2	-	-	-	-	-	-	-	-
100		40.40	57.8	71.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2.3.5 การประเมินค่าดัชนีลดการสูญเสียดินของโครงสร้าง อนุรักษ์ดินและน้ำ (P- Factor)

ค่าของดัชนี P- Factor สำหรับการไถพรวนตามแนวเส้นระดับขอบเขาบนพื้นที่ที่มีระดับความลาดเทต่างๆ และในขีดจำกัดของความยาวของแนวความลาดเทตั้งแต่ 17 ถึง 130 เมตร แสดงไว้ที่ตารางที่ 2.6 -2.7

ตารางที่ 2.6 การกำหนดค่า C - factor และ P- factor สำหรับหน่วยในแผนที่การใช้ที่ดิน 1:50,000

ชนิดพืช	ค่า C	ค่า P
พืชไร่ พืชไร่ผสม	0.34	1.0
สัก ประดู่ กระถิน	0.088	1.0
สตอเบอรี่ แรสเบอรี่	0.27	1.0
ไม้ดอก	0.386	1.0
พืชผัก(หมุนเวียน)	0.25	1.0
สวนป่า สวนป่าผสม	0.088	1.0
ทุ่งหญ้าสลับไม้พุ่ม	0.048	1.0
ป่าไม้เสื่อมโทรม	0.25	1.0
ชา ไม้ผล สวนผลไม้	0.15	1.0
กล้วย ขนุน ลำไย ชมพู่	0.15	1.0
ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์	0.10	1.0
ถั่วดำ งา ถั่วแดง	0.386	1.0
นาข้าว นาดำ	0.28	1.0
พื้นที่ป่าไม้ ป่าเบญจพรรณ	0.02	1.0
ป่าไผ่	0.15	1.0
ป่าชายเลน	0.45	1.0
นาดำเขตชลประทาน	0.10	1.0
ป่าชายหาด	0.45	1.0
ถั่ว + ยูคาลิปตัส	0.1258	1.0
มัน + ยูคาลิปตัส	0.1328	1.0
มัน + กระถินยักษ์	0.1236	1.0
ถั่ว + กระถิน	0.1764	1.0
กระถิน	0.0206	1.0
ไม้ยืนต้น	0.15	1.0
ป่าละมาะ	0.048	1.0

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2543)

ตารางที่ 2.7 ค่าของ P สำหรับการไถพรวนตามแนวระดับขอบเขาในกรณีความยาวของแนวความลาดเทต่างๆกัน

เมื่อพื้นที่มีความลาดเท %	ค่าของ P ใน USLE	ความยาวของแนวความลาดเท	
		ฟุต	เมตร (ประมาณ)
1 ถึง 2	0.6	400	130
3 ถึง 5	0.5	300	90
6 ถึง 9	0.5	200	60
9 ถึง 12	0.6	120	30
13 ถึง 16	0.7	80	24
17 ถึง 20	0.8	60	20
21 ถึง 25	0.9	50	17

** ค่าที่อยู่ในช่วงความลาดเทเกินกว่า 17 ถึง 130 เมตร เป็นค่าที่อยู่นอกช่วงผลการทดลอง การนำไปใช้ควรพิจารณาให้รอบคอบ

การศึกษาค่า K C และ P ในประเทศไทย ส่วนใหญ่จะอย่างศึกษาอย่างจำกัดเฉพาะชนิดดิน ชนิดพืช และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำไม่กี่ชนิดที่สนใจ เนื่องจากจะต้องหาแปลงทดลองมาตรฐาน และใช้เวลานานหลายปี สำหรับประเทศไทยแล้ว หากจะใช้สมการ USLE อย่างจริงจังในอนาคต ทั้งค่า K C และ P ควรจะดำเนินการศึกษาอย่างจริงจัง ทั้งในแปลงการทดลองมาตรฐานและการจำลองทางคณิตศาสตร์

จุดประสงค์ในการใช้สมการการสูญเสียดินสากล

1. เพื่อคาดคะเนหรือทำนายการสูญเสียดินเนื่องจากการเกิดการพังทลายของดินจากการใช้ที่ดินทำการเพาะปลูกระบบต่าง ๆ
2. เพื่อนำไปพิจารณาการเลือกใช้ที่ดินและการปฏิบัติทางการเกษตร
4. เพื่อใช้ในการทำนายการสูญเสียดินจากบริเวณที่มีการก่อสร้าง
5. เพื่อใช้ในการคาดคะเนการเกิดตะกอนบนพื้นที่สูงภายในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ

2.4 ผลการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

สายัณห์ และคณะ (2537) ได้กล่าวไว้ในโครงการ การใช้หญ้าแฝกเพื่อลดการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่เกษตรที่มีฝนตกชุกของภาคใต้ว่า การปลูกยางพาราบนพื้นที่ดินร่วนปนทราย ซึ่งถูกชะล้างพังทลายได้ง่าย จึงทำการปลูกหญ้าแฝกเป็นแนวขวางความลาดเอียงเพื่อลดการสูญเสียของหน้าดิน ณ จังหวัดสงขลา โดยปริมาณน้ำฝนทดลอง 1,061 มิลลิเมตร ควบคุมน้ำไหลบ่า 649.88 ลิตร/ม.^{2} ผลที่ได้ คือ การปลูกหญ้าแฝกร่วมกับพืชคลุมดินชนิดอื่น ทำให้น้ำไหลบ่าลดลง 40% และตะกอนดินที่ถูกชะล้างลดลง 52% กล่าวได้ว่า การปลูกหญ้าแฝกและมีพืชคลุมดินเพียงพอช่วยลดการชะล้างผิวหน้าดินในช่วงฤดูฝนได้

อารี และคณะ (2545) กล่าวในโครงการ การศึกษาการใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝกในการพัฒนาดินที่แข็งเป็นดินดานตามแนวพระราชดำริในจังหวัดเพชรบุรี ไว้ว่า หญ้าแฝกช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนาดินเพื่อปลูกพืชพันธุ์ต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง เช่น การซึมน้ำ หญ้าแฝกที่ปลูกในดินที่แข็งเป็นดาน จะช่วยให้มีการซึมน้ำในดินได้ดีกว่าวิธีอื่นที่ไม่ได้มีการปลูกหญ้าแฝก

มานพ และคณะ (2537) ได้กล่าวในโครงการ การศึกษาการป้องกันการชะล้างของดินด้วยหญ้าแฝกที่อ่างเก็บน้ำชีโอน จังหวัดชลบุรี ไว้ว่า ทดสอบการปลูกหญ้าแฝกไว้ขอบอ่างเก็บน้ำเปรียบเทียบกับขอบอ่างที่ปลูกด้วยหญ้าอื่น และขอบอ่างที่ไม่ได้ปลูกพืชคลุมดิน ผลการทดลองได้ว่า เมื่อปลูกหญ้าแฝก 1 ปี พบว่า แถวหญ้าแฝกที่ปลูกตามขอบอ่างเก็บน้ำสามารถดักตะกอนดินได้ดีที่สุด โดยระดับตะกอนดินเพิ่มขึ้นถึง 16.67 ซม. ส่วนขอบอ่างที่มีหญ้าอื่นคลุม ก็สามารถป้องกันได้เช่นกัน แต่ระดับตะกอนดินเพิ่มเพียง 8.33 ซม. ส่วนขอบอ่างที่ไม่มีพืชคลุมดิน จะถูกชะล้างหน้าดินให้ตะกอนดินไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำและหน้าดินจะถูกชะล้างไปที่ระดับ 11.00 ซม.

พิศสมัย และคณะ (2538) ได้กล่าวในโครงการการทดสอบจำนวนแถวและระยะปลูกหญ้าที่ต่างกันที่มีผลต่อการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่ลาดชัน ไว้ว่า การปลูกหญ้าแฝกแถวเดียวและแถวคู่ ระยะห่างระหว่างแถวคู่ 30 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างต้น 10, 15 และ 20 เซนติเมตร แต่ละแถวห่างกันตามแนวลาด 15 เซนติเมตร พื้นที่มีความลาดชัน 5% ผลปรากฏว่า การปลูกหญ้าแฝกทำให้การสูญเสียดินน้อยกว่าวิธีการไม่ปลูกหญ้าแฝกคือ 0.704 ตัน/ไร่/ปี และ 3.992 ตัน/ไร่/ปี ตามลำดับ ซึ่งการปลูกหญ้าแฝกจะลดการสูญเสียดิน ประมาณ 82% และวิธีการ

เกษม (2525) ได้กล่าวไว้ว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อทำการเกษตร หากไม่มีความระมัดระวัง และใช้ไม่ถูกวิธี โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีความลาดเท ปริมาณตะกอนที่เกิดจากการชะล้างพังทลายของดินจะเคลื่อนย้ายไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดินไปยังลำธาร ทำให้เกิดการตกตะกอนทับถมในพื้นที่ตอนล่างและตามลำธาร ทำให้ลำน้ำตื้นเขิน อัตราการพัดพาตะกอนจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็น 1,408 ตัน/กม.^{2}/ปี

J. O. Owino *et al*. (2006) ได้กล่าวไว้ใน รายงานการสูญเสียดินโดยน้ำจากแปลงทดลองที่เป็นดินร่วนเหนียวโดยใช้แถบหญ้าแคบๆ ผลจากการศึกษาพบว่า การใช้ตำรับการทดลองแบบ randomized complete block design มี 3 ตำรับ คือ ตำรับควบคุม ตำรับที่มีการใช้แถบหญ้าแฝกและหญ้าเนเปียแคบๆ ขวางทางน้ำไหล เพื่อลดการสูญเสียหน้าดินที่เป็นดินร่วนเหนียวในประเทศเคนยา ผลการศึกษาพบว่าแถบหญ้าเนเปียและแถบหญ้าแฝกลดปริมาณน้ำไหลบ่าลงเฉลี่ยร้อยละ 54 และร้อยละ 12 ตามลำดับ ในขณะที่การสูญเสียหน้าดินลดลงเฉลี่ยร้อยละ 92 และร้อยละ 48 ตามลำดับ การตกตะกอนดินตามความยาวของแถบหญ้าเนเปียและแถบหญ้าแฝกสูงกว่าตำรับควบคุม อัตราการเจริญเติบโตทางด้านกว้างและความสูงของหญ้าเนเปียมีมากกว่าหญ้าแฝก คิดเป็นร้อยละ 78 และร้อยละ 36 ตามลำดับ สรุปได้ว่า หญ้าเนเปียมีอัตราการตั้งตัวเร็วกว่า จึงมีประสิทธิภาพในการลดการชะล้างพังทลายของดินดีกว่าหญ้าแฝก

B. Smolikowski *et al*. (2001) ได้กล่าวไว้ว่า การปลูกหญ้าบริเวณเชิงเขาสามารถช่วยลดการกัดกร่อนของกระแสน้ำต่อผิวดินๆได้ การปลูกถั่วแปบและกระถิน ให้ผลอย่างสูงในด้านการทำปศุสัตว์ และยังสามารถป้องกันการกัดกร่อนของหน้าดินได้อีกด้วย จากผลการทดลองสามารถนำไปพิจารณาได้ดังนี้ (1) พิจารณาการเลือกแผนที่ในการทำการเกษตร (2) สามารถนำไปวิเคราะห์ได้ว่าพื้นที่นั้นมีความเสี่ยงในเรื่องของอัตราการไหลของน้ำ และการกัดเซาะหน้าดิน (3) นำไปสร้างโปรแกรมเพื่อช่วยพัฒนาทางการเกษตรในพื้นที่ที่แห้งแล้งบริเวณเชิงเขา โดยเฉพาะในประเทศเคปเวิร์ด

2.5 ลักษณะทางกายภาพของหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

หญ้าแฝก มีชื่อสามัญภาษาอังกฤษว่า Vetiver grass เท่าที่พบใน ปัจจุบันมีประมาณ 12 ชนิด ในประเทศไทยนักพฤกษศาสตร์ได้ตรวจสอบ พบว่า มีอยู่เพียง 2 ชนิด ได้แก่ หญ้าแฝกหอม (Vetiveria zizanioides Nash) และหญ้าแฝกดอน (Vetiveria nemoralis A. Camus) ในธรรมชาติ พบว่า หญ้าทั้งสองชนิดมีการกระจายอยู่ทั่วไป ขึ้นได้ดีในสภาพพื้นที่ทั้งที่ลุ่ม และที่ดอน ในดินสภาพต่างๆ จากความสูงใกล้ระดับน้ำทะเลจนถึงระดับ 800 เมตร

หญ้าแฝกดอนจะพบได้ทั่วไปในที่ค่อนข้างแล้ง หรือที่ดินระบายน้ำได้ดีในทุกภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะในป่าเต็งรัง สามารถขึ้นได้ดีทั้งในที่แดดปานกลาง ยอดกอส่วนปลายจะแผ่โค้งลงคล้ายกอตะไคร้ไม่ตั้งมากเหมือนหญ้าแฝกหอม หญ้าแฝกดอนที่ขึ้นอยู่ตามป่าเต็งรังจะโดนไฟป่ารบกวนอยู่เสมอ ใบของหญ้าแฝกที่แห้งเป็นเชื้อไฟที่ดี แต่เนื่องจากโคนกอมีลักษณะแน่นมาก จึงไม่ถูกทำลายง่ายโดยไฟป่าและสามารถงอกใบใหม่ขึ้นทดแทนได้อย่างรวดเร็วหลังจากไฟไหม้เพียงไม่นาน สำหรับหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธุ์ (Vetiveria nemorralis) เป็นหญ้าแฝกดอน เป็นพืชที่มีความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีและรวดเร็ว เพียงดูแลการตัดแต่งอย่างสม่ำเสมอ เพื่อเร่งรากเร่งการแตกกอและไม่ให้เกิดช่อดอก ทำให้ไม่เกิดการผสมพันธุ์และกลายพันธุ์ โดยยังคงลักษณะเดิมต่างๆ ไว้เสมอ

2.5.1 การป้องกันการสูญเสียดินและการไหลบ่าของน้ำหน้าดิน โดยการปลูกพืชปกคลุมผิวดิน

การปลูกพืชคลุมดิน ก็สามารถเป็นวิธีการป้องกันการสูญเสียหน้าดินได้ การปลูกพืชที่มีรากฝอยและหญ้าเป็นแนวรั้วกั้นสามารถเป็นการชะลอการไหลบ่าของน้ำได้ โดยจะกั้นน้ำให้แผ่กระจายไปทั่ว ช่วยลดความรุนแรงของการพังทลายของดินและช่วยเก็บกักดินที่อุดมสมบูรณ์ไว้หลังแนวรั้ว ซึ่งมีผลทำให้การไหลบ่าของน้ำลงทางลาดชันมีความเร็วลดลง และหากการปลูกตามแนวรั้วที่เว้นระยะห่างตามแนวดิ่งที่ถูกวิธีแล้ว ก็จะช่วยให้ไม่เกิดการพังทลายของดินได้

ตารางที่ 2.8 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของหญ้าแฝกหอมและหญ้าแฝกดอน

หญ้าแฝกหอม	หญ้าแฝกดอน
ถิ่นกำเนิด - ตอนกลางของทวีปเอเชีย สันนิษฐานว่าอยู่ในประเทศอินเดีย - มีการนำไปปลูกขยายพันธุ์ทั่วไป **ลักษณะกอ** - เป็นพุ่ม ใบยาวตั้งตรงขึ้นสูง - สูงประมาณ 150 - 200 เซนติเมตร - มีการแตกตะเกียงและแตกแขนงลำต้นได้ **ใบ** - ยาว 45 - 100 เซนติเมตร กว้าง 0.6 - 1.2 เซนติเมตร - ใบสีเขียวเข้ม หลังใบโค้ง ท้องใบออกสีขาวมีรอยกั้นขวาง เนื้อใบส่องกับแดดเห็นชัดเจน - เนื้อใบค่อนข้างเนียนมีไขเคลือบมากทำให้ดูนุ่มมัน **ช่อดอกและดอก** - ช่อดอกสูง 150 - 250 เซนติเมตร - ส่วนใหญ่มีสีอมม่วง - ดอกย่อยส่วนใหญ่ไม่มีระยางค์แข็ง **เมล็ด** - ขนาดโตกว่าหญ้าแฝกดอนเล็กน้อย **ราก** - มีความหอมเย็น มีน้ำมันหอมระเหย อยู่เฉลี่ย 1.4 - 1.6 % ของน้ำหนักแห้ง - โดยทั่วไปรากจะหยั่งลึกได้ประมาณ ตั้งแต่ 100 - 300 เซนติเมตร **การใช้ประโยชน์** - รากใช้ทำน้ำมันหอม สบู่ เครื่องประดับ เช่น กระเป๋า พัด ไม้แขวนเสื้อ สมุนไพรและเป็นยากันแมลงในตู้เสื้อผ้า	**ถิ่นกำเนิด** - เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ประเทศไทย ลาว เขมร และเวียดนาม - กระจายพันธุ์อยู่ในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ ไม่มีการนำไปปลูกขยายพันธุ์ **ลักษณะกอ** - เป็นพุ่ม ใบยาวปลายจะแผ่โค้งลงคล้ายกอตะไคร้ ไม่ตั้งมากเหมือนหญ้าแฝกหอม - สูง 100 - 150 เซนติเมตร - ปกติไม่มีการแตกตะเกียง และแขนงลำต้น **ใบ** - ยาว 35 - 80 เซนติเมตร กว้าง 0.4 - 0.8 เซนติเมตร - ใบสีเขียวซีด หลังใบพับเป็นสันแข็งสามเหลี่ยม ท้องใบสีเดียวกับด้านหลังใบแต่ซีดกว่า แผ่นใบเมื่อส่องกับแดดไม่เห็นรอยกั้นในเนื้อใบเมื่อส่องกับแดดไม่เห็นรอยกั้นในเนื้อใบ - เนื้อใบหยาบ สากคาย มีไขเคลือบน้อยทำให้ดูกร้านไม่เหลือบมัน **ช่อดอกและดอก** - สูง 100 - 150 เซนติเมตร - มีได้หลายสีตั้งแต่สีขาวครีม สีม่วง - ดอกย่อยมีระยางค์แข็ง **เมล็ด** - ขนาดเล็กกว่าหญ้าแฝกหอม **ราก** - ไม่มีความหอม - รากสั้นกว่า โดยทั่วไปจะหยั่งลึก ประมาณ 80 - 100 เซนติเมตร **การใช้ประโยชน์** - ชาวพื้นบ้านใช้ใบมาทำวัสดุ มุงหลังคา แต่ไม่นิยม

คุณลักษณะพิเศษของหญ้าแฝก

ในการเสริมเสถียรภาพเชิงลาด และการควบคุมการชะล้างพังทลายของดินที่มีความลาดชัน

Truong,P and Baker,D (1998) ได้กล่าวไว้ว่า หญ้าแฝกเป็นหญ้าที่แข็งแรง สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพสิ่งแวดล้อมได้ดี เติบโตได้อย่างรวดเร็ว และอยู่รอดได้แทบทุกแห่งหน หญ้าแฝกเป็นหญ้าที่นำมาใช้ในงานควบคุมการชะล้างพังทลายและการเสริมเสถียรภาพเชิงลาดได้

- หญ้าแฝกเติบโตในแนวดิ่งและด้วยลำต้นที่มีความแข็ง สามารถจะทำให้เกิดแถวรั้ว (hedge) ชะลอความเร็วของน้ำฝนที่ไหลบ่า (runoff) และเป็นตัวกรอง (filter) สำหรับกันดินทับถมอย่างได้ผล

- หญ้าแฝกมีระบบรากที่แน่นหนา สามารถหยั่งลงไปในทางดิ่งได้ถึง 2 – 3 เมตร ต่อปี ขึ้นอยู่กับสภาพของดิน ดังนั้นพระราชดำรัสของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวซึ่งทรงพระราชทานไว้เมื่อไม่กี่ปีมานี้ว่า “หญ้าแฝกคือกำแพงที่มีชีวิต” จึงเป็นพระราชดำรัสที่ทรงยกอุทาหรณ์ได้เด่นชัดมาก จากมุมมองทางด้านวิศวกรรม จะเห็นได้ว่าเหนือดินนั้นกำแพงส่วนบน (หรือแนวแฝก) จะควบคุมการชะล้างพังทลาย ส่วนกำแพงด้านล่างใต้ดิน (หรือราก) สามารถจะเสริมเสถียรภาพเชิงลาดได้ในเวลาเดียวกัน

Rodriguez O.D. (1993) พบว่าหญ้าแฝกสามารถลดการสูญเสียหน้าดินและน้ำที่ไหลบ่าอย่างมากเมื่อเทียบกับแปลงเปรียบเทียบ (Control) หรือเมื่อเทียบกับพืชที่ทำเป็นกำแพงกั้น (vegetative barrier) ชนิดอื่น ๆ ดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 หน้าดินที่สูญเสียไปและการไหลบ่าภายใต้แถวรั้ว (hedgerow) ของพืชหลายชนิด และมีความลาดชัน 2 ระดับ

ชนิดของรั้ว ที่ใช้ทดสอบ	การสูญเสียหน้าดิน (ตัน/เฮกแตร์)		การไหลบ่า (runoff) เป็นเปอร์เซนต์ของน้ำฝน
	ความลาดชัน 15%	ความลาดชัน 26%	
Control (ไม่มีรั้ว)	16.81	35.52	88
ต้นลิลี่	11.98	16.06	76
ตะไคร้	7.58	7.62	81
เฟิร์น	4.22	1.55	66
หญ้าแฝก	1.13	4.91	72
(LSD) เปอร์เซนต์การเบี่ยงเบน	1.87	2.68	5.0

2.5.2 ลักษณะทั่วไปของหญ้าแฝกดอนพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

ลำต้น

หญ้าแฝกเป็นหญ้าที่ขึ้นเป็นกอมีลักษณะเป็นพุ่มใบบางต้นตรงขึ้นสูงมีการขึ้นอยู่เป็นพุ่มใบบางตั้งตรงขึ้นสูงมีการขึ้นอยู่เป็นกลุ่มใหญ่หรือกระจายกันอยู่ไม่ไกลมากนัก กอแฝกมีขนาดค่อนข้างใหญ่โคนกอเบียดกันแน่นเป็นลักษณะเฉพาะอันหนึ่งที่แตกต่างจากหญ้าอื่น ๆ ค่อนข้างชัดเจน ส่วนโคนของลำต้นจะแบน เกิดจากส่วนของโคนใบที่จัดเรียงพับซ้อนกัน ลำต้นแท้จะมีขนาดเล็กซ่อนอยู่ในกาบใบบริเวณคอดิน

การเจริญเติบโตและการแตกกอของหญ้าแฝกจะมีการแตกหน่อใหม่ทดแทนต้นเก่าอยู่เสมอ โดยแตกหน่อออกทางด้านข้างรอบกอดิน ทำให้กอมีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ โดยปกติแล้วหญ้าแฝกมีลำต้นสั้น ข้อ และปล้องไม่ชัดเจนการแตกตะเกียงและการยกลำต้นขึ้นเตี้ย ๆ เหนือพื้นดิน ไม่พบมากในสภาพธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์

ภาพที่ 2.14 ลักษณะลำต้นของหญ้าแฝก

ใบ

ใบของหญ้าแฝกจะแตกออกจากโคนกอ มีลักษณะแคบยาวขอบใบขนานปลายสอบแหลม แผ่นใบกร้าน โดยเฉพาะใบแก่ขอบใบและเส้นกลางใบมีหนามละเอียด (spinulose) หนามบนใบที่ส่วนโคนและกลางแผ่นจะมีน้อยแต่จะมีมากที่บริเวณปลายใบมีลักษณะตั้งทแยงปลายหนามชี้ขึ้นไปทางปลายใบ

ภาพที่ 2.15 ลักษณะของใบหญ้าแฝก

ราก

รากเป็นส่วนสำคัญและเป็นลักษณะพิเศษของหญ้าแฝกที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์เป็นหลัก หญ้าส่วนใหญ่โดยทั่วไปจะมีรากที่เป็นลักษณะระบบรากฝอย (fibrous roots) แตกจากส่วนลำต้นใต้ดินกระจายออกแผ่กว้างเพื่อยึดพื้นดินตามแนวนอน (horizontal) มีระบบรากในแนวดิ่ง (vertical) ไม่ลึกมาก แต่ระบบรากหญ้าแฝกจะแตกต่างจากรากหญ้าส่วนใหญ่ทั่วไป คือมีรากที่สานกันแน่นหยั่งลึกแนวดิ่งลงในดิน ไม่แผ่ขนาน มีรากแกน รากแขนง โดยเฉพาะมีรากฝอยแนวดิ่งจำนวนมาก

ภาพที่ 2.16 รากหญ้าแฝกซึ่งเป็นระบบฝอย

ช่อดอก (Inflorescence) และดอก (Spikelets)

หญ้าแฝกมีช่อดอกตั้ง ลักษณะเป็นรวง ก้านช่อดอกยาวกลมก้านช่อดอกและรวงสูงประมาณ 100 - 150 ซม. เฉพาะส่วนช่อดอกหรือรวงสูงประมาณ 20 - 40 ซม. แผ่กว้างเต็มที่ 10 - 15 ซม.ช่อดอกของหญ้าแฝกหอมส่วนใหญ่มีสีม่วงซึ่งมีลักษณะปกติประจำแต่ละชนิดพันธุ์ ดอกหญ้าแฝกจะเรียงตัวอยู่ด้วยกันเป็นคู่ ๆ มีลักษณะคล้ายคลึงและขนาดใกล้เคียง แต่ละคู่ประกอบด้วยดอกชนิดที่ไม่มีก้าน และดอกชนิดมีก้าน ยกเว้นที่ส่วนปลายของก้าน ช่อย่อยมักจะจัดเรียงเป็น 3 ดอกอยู่ด้วยกัน ดอกไม่มีก้านจะอยู่ด้านกลาง ส่วนดอกที่มีก้านจะชูอยู่ด้านบน ดอกหญ้าแฝกมีลักษณะคล้ายกระสวย ขอบขนานรูปไข่ ปลายสอบขนาดของดอกกว้าง 1.5 - 2.5 มม. ยาว 2.5 - 3.5 มม. ผิวบนด้านหลังขรุขระมีหนามแหลมขนาดเล็ก โดยเฉพาะที่บริเวณขอบเห็นได้ชัดเจน เมื่อส่องดูด้วยแว่นขยายด้านล่างผิวเรียบ

ภาพที่ 2.17 ลักษณะของช่อดอกหญ้าแฝก

เมล็ดและต้นกล้า (Seed and Seedling)

ดอกหญ้าแฝกเมื่อได้รับการผสมแล้ว ดอกที่ไม่มีก้านดอกซึ่งเป็นสมบูรณ์ก็จะติดเมล็ด เมล็ดมีสีน้ำตาลอ่อน เป็นรูปกระสวยผิวเรียบหัวท้ายมน มีเนื้อในลักษณะคล้ายแป้งเหนียงจึงสูญเสีย

ภาพที่ 2.18 ลักษณะของต้นกล้าหญ้าแฝก

ภาพที่ 2.19 ลักษณะของเมล็ดหญ้าแฝก

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลศึกษาและทดลอง

3.1.1 ชุดจำลองน้ำฝน

1.1. ปั๊ม

1.2. วาล์วปรับระดับน้ำ

1.3. หัวน้ำฝน Fulljet Spray Nozzles Wide Angle Spray Small Capacity (ภาคผนวก ค.)

1.4. เกจวัดความดันน้ำ

1.5. เกจวัดปริมาณน้ำฝน

3.1.2 ชุดเก็บปริมาณตะกอน

2.1. รางรับตะกอน

2.2. กระป๋องเก็บตะกอน

3.1.3 เครื่องมือวัดความหนาแน่นของดิน

3.1. ชุดเก็บตัวอย่างดิน

3.2. กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน

3.3. ตู้อบดิน

3.1.4 เครื่องวัดขนาดเม็ดดิน

4.1. ไฮโกรมิเตอร์

4.2. กระบอกตวง

4.3. เทอร์โมมิเตอร์

4.4. บีกเกอร์

3.2 วิธีการติดตั้งอุปกรณ์และวิธีการใช้อุปกรณ์

3.2.1 วิธีการติดตั้งอุปกรณ์

1. ชุดจำลองน้ำฝน

- ติดตั้งปั้มพร้อมด้วยเกจวัดแรงดันและวาล์วปรับแรงดันน้ำ
- ติดตั้งระบบท่อ โดยให้ข้อต่อสำหรับใส่หัวน้ำฝนอยู่เหนือแปลงหญ้าแฝกที่จุดกึ่งกลางแปลงและระหว่างแนวหญ้าแฝก จำนวน 3 ชุ ด
- ติดตั้งเกจวัดแรงดันน้ำเข้ากับท่อจ่ายน้ำแต่ละชุด
- ทำการ ติดตั้งหัวน้ำฝน

2. ชุดเก็บปริมาณตะกอน

- ติดตั้งรางรับตะกอนบริเวณท้ายแปลง

ภาพที่ 3.1 บริเวณท้ายแปลงทดลอง มีรางรับตะกอนดิน

- เรียงหมายเลขกระป๋อง เพื่อสะดวกในการรอรับตะกอนและบันทึกข้อมูล

ภาพที่ 3.2 กระป๋องเก็บตัวอย่างตะกอนดิน

3. เครื่องมือวัดความหนาแน่นของดิน

- นำชุดเก็บตัวอย่างดิน เก็บตัวอย่างดินในแปลงแนวหญ้าแฝกละ 3 ชุด
- นำตัวอย่างดินเก็บใส่ในกระป๋องเก็บตัวอย่างดิน

ภาพที่ 3.3 ชุดเก็บตัวอย่างดิน

- ชั่งกระป๋องเก็บตัวอย่างดินแล้วนำเข้าตู้อบ
- นำตัวอย่างที่แห้งแล้วมาชั่งน้ำหนัก
- วิเคราะห์หาความชื้นในดินและความหนาแน่นของดิน

4. เครื่องมือวัด Cross-Section

- นำสเกลวัด Cross - Section วางที่ตำแหน่งหน้ากอ 5,10,15,20 และ 30 เซนติเมตร โดยปรับให้ตำแหน่ง 0 ตรงกับบริเวณซ้ายมือ
- นำไม้ระดับวัดระดับดิน ณ ตำแหน่ง 10,30,50,70,90,110,130,150,170 และ 190 เซนติเมตร โดยให้ไม้ระดับอยู่ในแนวระดับ

5. เครื่องมือวัดขนาดเม็ดดิน

- เลือกใช้วิธีการทำไฮโกรมิเตอร์

3.2.2 วิธีการดำเนินงาน

กรณีปลูกแนวหญ้าแฝก 2 แนว บนพื้นที่ที่มีความลาดชัน 40%

1. เตรียมแปลง ให้มีขนาด 2 x 7.5 เมตร โดยมีความลาดเอียง 40%

2. ปลูกหญ้าแฝก 2 แนว ห่างกัน 3 เมตร โดยมีความหนากอ 25 เซนติเมตร

ภาพที่ 3.4 แนวการปลูกหญ้าแฝก

3. ทำการบดอัดดินให้มีค่าความหนาแน่นต่างๆ

ภาพที่ 3.5 การพรวนดิน ก่อนทำการบดอัดดิน

ภาพที่ 3.6 การบดอัดหน้าดินให้มีความหนาแน่นของดินต่างๆกัน

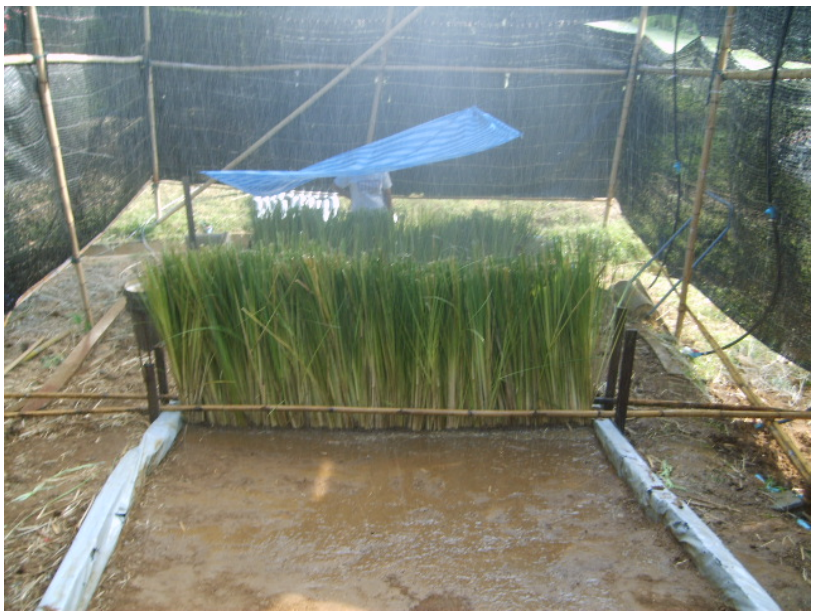
4. ติดตั้งเกจวัดปริมาณน้ำฝนบริเวณข้างแปลง โดยให้ได้ระดับ

ภาพที่ 3.7 สภาพแปลงที่พร้อมทำการทดลอง

5. เก็บตัวอย่างดิน

ภาพที่ 3.9 วิธีการเก็บตัวอย่างดิน

6. เปิดชุดจำลองน้ำฝน แล้วอ่านค่าความดันของน้ำในท่อให้ได้ประมาณ 0.8 บาร์



ภาพที่ 3.10 การปล่อยน้ำฝนจำลอง

7. ทำการทดลองเป็นเวลาประมาณ 75 นาที

8. ทำการเก็บตะกอน เมื่อตะกอนเริ่มไหลเป็นเวลา 10 วินาที และเว้นระยะทุกๆ 150 วินาที แล้วจึงเก็บตะกอนดิน อีกเป็นเวลา 10 วินาที จนครบ 75 นาที จึงปิดชุดจำลองน้ำฝน

ภาพที่ 3.11 การรับตะกอนดินที่ท้ายแปลง

9. ชั่งกระป๋องที่เก็บตะกอน แล้วนำเข้าตู้อบไฟฟ้า

ภาพที่ 3.12 การชั่งน้ำหนักกระป๋องที่มีตะกอนดิน

ภาพที่ 3.13 ตู้อบไฟฟ้า

10. นำกระป๋องที่อบแห้งแล้วมาชั่งหาน้ำหนักดินแห้ง แล้วนำผลมาวิเคราะห์

11. หาขนาดเม็ดดิน โดยใช้วิธีไฮโดรมิเตอร์ (ภาคผนวก ก.)

ภาพที่ 3.14 การทำไฮโดรมิเตอร์

12. ทำเช่นเดิม โดยเปลี่ยนแปลงค่าความหนาแน่นของดิน

กรณีไม่ได้ปลูกแนวหญ้าแฝก บนพื้นที่ที่มีความลาดชัน 40%

1. เอาแนวหญ้าแฝกออก แล้วปรับหน้าดินให้เสมอ โดยให้มีความลาดเอียง 40%

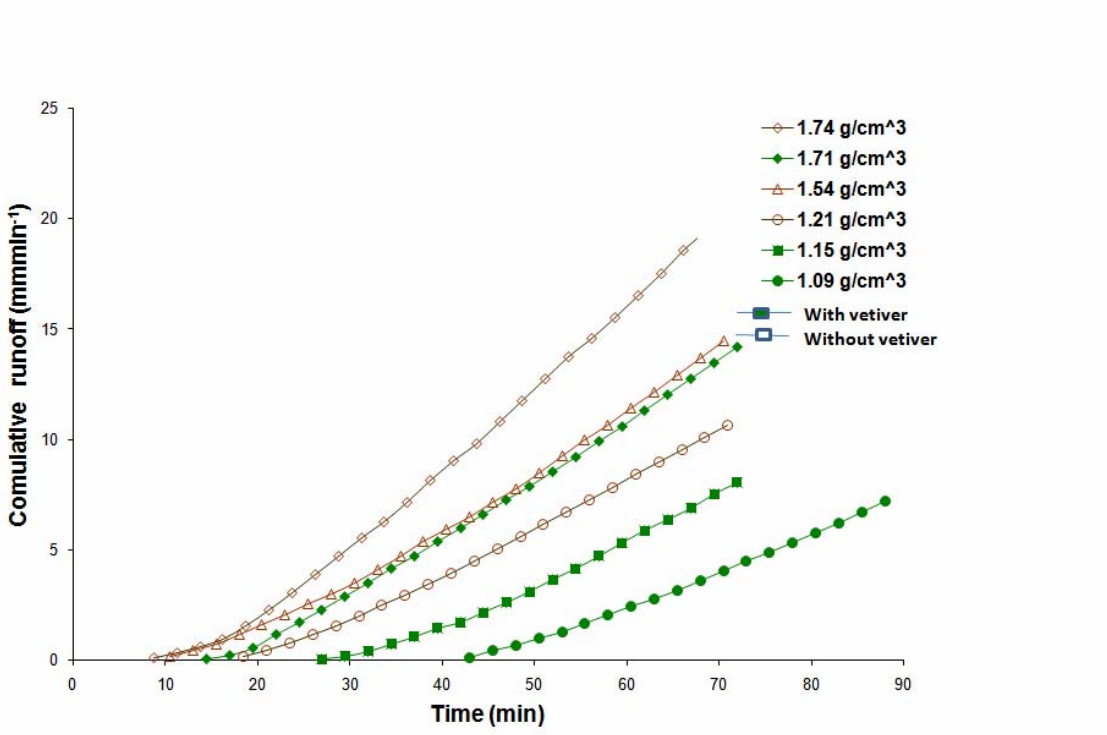
ภาพที่ 3.15 สภาพแปลงทดลอง

2. ทำการบดอัดดินให้มีค่าความหนาแน่นต่างๆ
3. ติดตั้งเกจวัดปริมาณน้ำฝนบริเวณข้างแปลง โดยให้ได้ระดับ
4. เก็บตัวอย่างดิน
5. เปิดชุดจำลองน้ำฝน แล้วอ่านค่าความดันของน้ำในท่อให้ได้ประมาณ 0.8 บาร์
6. ทำการทดลองเป็นเวลาประมาณ 75 นาที
7. ทำการเก็บตะกอน เมื่อตะกอนเริ่มไหลเป็นเวลา10 วินาที และเว้นระยะ 150 วินาที แล้วจึงเก็บตะกอนอีกเป็นเวลา 10 วินาที จนครบ 75 นาที จึงปิดชุดจำลองน้ำฝน
8. ชั่งกระป๋องที่เก็บตะกอน แล้วนำเข้าตู้อบ
9. นำกระป๋องที่อบแห้งแล้วมาชั่งหาน้ำหนักดินแห้ง แล้วนำผลมาวิเคราะห์
10. หาขนาดเม็ดดิน โดยใช้วิธีไฮโดรมิเตอร์ (ภาคผนวก ก.)
11. ทำเช่นเดิม โดยเปลี่ยนแปลงค่าความหนาแน่นของดิน

บทที่ 4
ผลการศึกษาและวิจารณ์

4.1 ผลการศึกษา

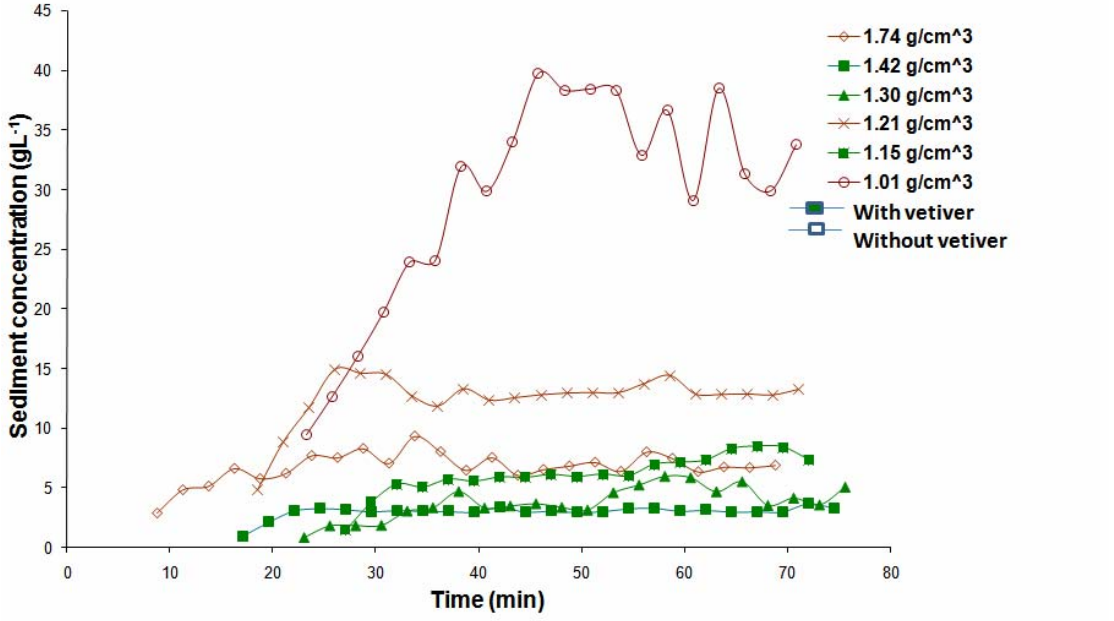
4.1.1 ปริมาณน้ำไหลบ่าบนผิวดินกับเวลา



ภาพที่ 4.1 ปริมาณน้ำไหลบ่าบนผิวดินกับเวลา บนความลาดชัน 40%

จากภาพที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำผิวดินกับเวลา เมื่อความหนาแน่นของดินเปลี่ยนไป จากการทดลองพบว่า ปริมาณการสูญเสียดินสะสมจะเพิ่มมากขึ้นตามเวลา เมื่อค่าความหนาแน่นดินสูงขึ้น ปริมาณการสูญเสียดินยิ่งเพิ่มขึ้น หากพิจารณาแปลงที่ไม่ปลูกหญ้าแฝกจะเห็นว่าปริมาณการสูญเสียดินจะสูงกว่ากรณีแปลงที่ปลูกหญ้าแฝก

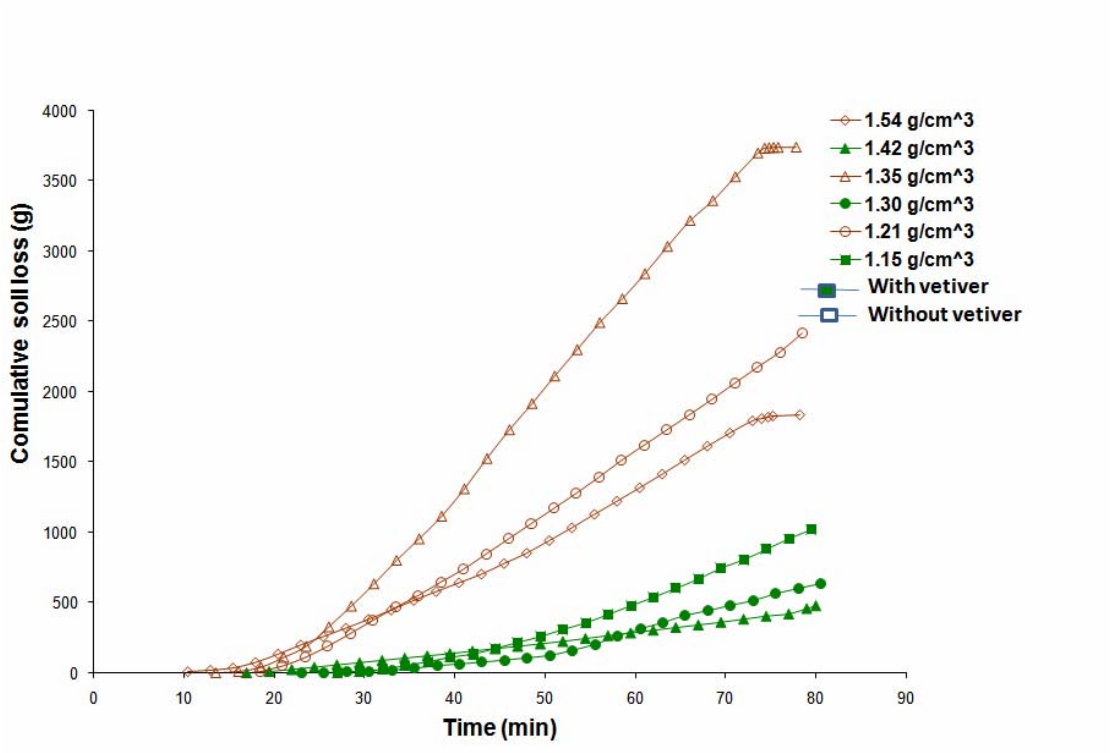
4.1.2 ความเข้มข้นของตะกอนดินกับเวลา



ภาพที่ 4.2 ความเข้มข้นของตะกอนดินกับเวลา บนความลาดชัน 40%

ภาพที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ของความเข้มข้นตะกอนดินกับเวลาเมื่อความหนาแน่นของดินต่างๆ จากการทดลองพบว่า ความเข้มข้นของตะกอนดินจะทีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลาแบบทันทีทันใดในช่วงประมาณ 28 นาทีแรกจากเวลาฝนเริ่มตกลงมา แล้วไหลจนถึงจุดเก็บตะกอนดิน เนื่องจากช่วงเวลานี้ อัตราการกัดเซาะมีมากกว่าอัตราการพัดพาตะกอน จากนั้นความเข้มข้นของตะกอนดินจะมีค่าสูงสุด เมื่ออัตราการกัดเซาะมีค่าเท่ากับอัตราการพัดพาตะกอน และจะมีค่าลดลงเล็กน้อย เนื่องจากอัตราการพัดพาตะกอนมีค่ามากกว่าอัตราการกัดเซาะ สาเหตุของอัตราการกัดเซาะลดลงเนื่องจากเม็ดฝนตกกระทบหน้าดินนานขึ้น ทำให้ความหนาแน่นของดินก็เพิ่มขึ้น ซึ่งก่อให้เกิดความทนทานต่อการกัดเซาะของดินเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อเปรียบเทียบที่ความหนาแน่นของดินต่างๆ พบว่าเมื่อความหนาแน่นของดินเพิ่มมากขึ้น ความเข้มข้นของตะกอนดินจะลดลง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรณีปลูกหญ้าแฝกกับไม่ปลูกหญ้าแฝก พบว่า กรณีไม่ปลูกแนวหญ้าแฝกความเข้มข้นตะกอนดินจะสูงกว่ากรณีที่ปลถกแนวหญ้าแฝก

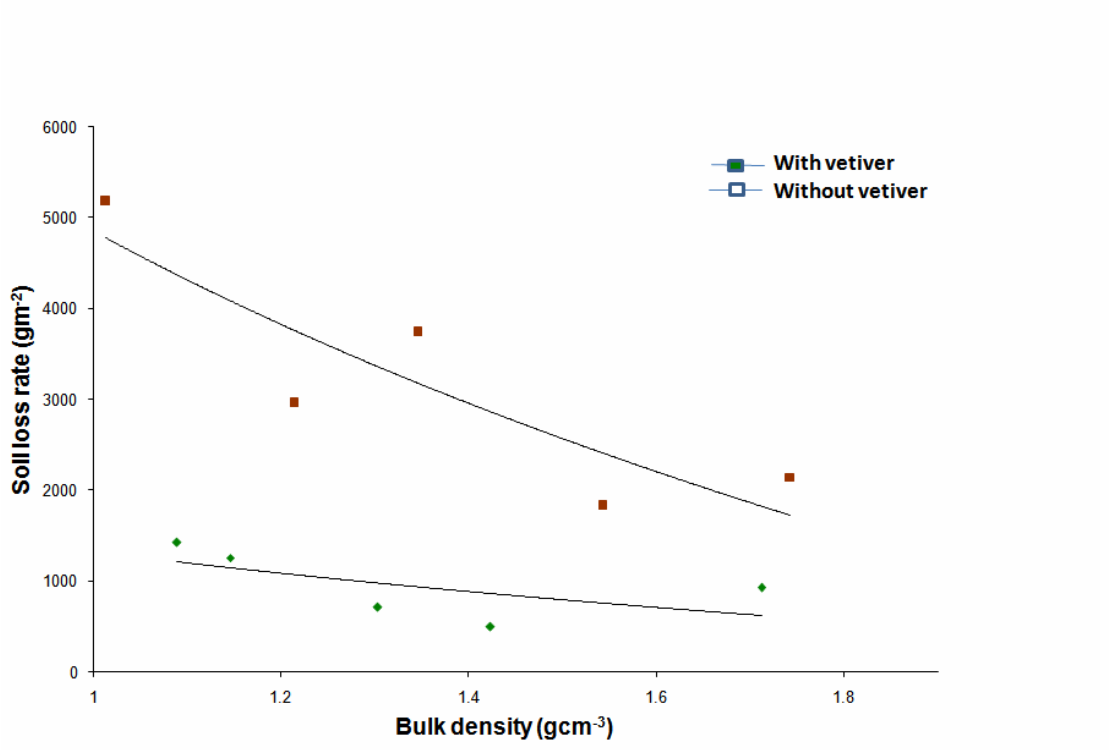
4.1.3 การสูญเสียปริมาณดินสะสมกับเวลา



ภาพที่ 4.3 การสูญเสียหน้าดินจากน้ำฝนสะสมกับเวลา บนความลาดชัน 40%

ภาพที่ 4.3 แสดงปริมาณการสูญเสียหน้าดินสะสมกับเวลา จากการทดลองพบว่า ปริมาณการสูญเสียดินสะสมจะเพิ่มขึ้นตามเวลา เมื่อค่าความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น การสูญเสียดินก็ลดน้อยลง สำหรับแปลงที่ไม่ปลูกหญ้าแฝก จะมีปริมาณการสูญเสียดินสูงกว่าแปลงที่ปลูกหญ้าแฝกอยู่มาก

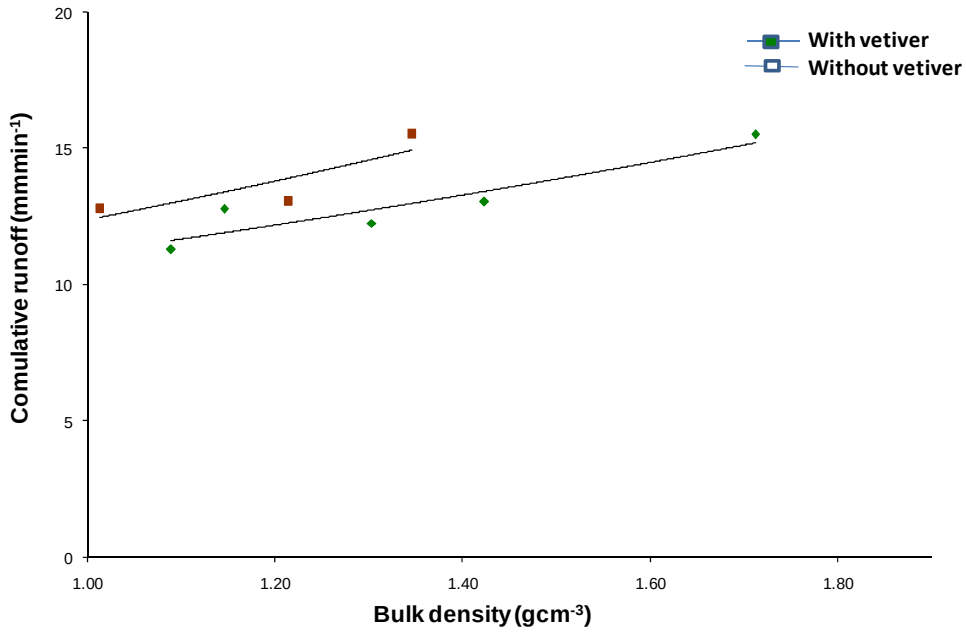
4.1.4 ค่าความหนาแน่นของดินที่เปลี่ยนไปกับการสูญเสียหน้าดินจากน้ำฝน



ภาพที่ 4.4 อัตราการสูญเสียดินกับความหนาแน่นดินต่างๆ บนความลาดชัน 40%

ภาพที่ 4.4 แสดงอัตราการสูบเสียดินกับความหนาแน่นดินต่างๆ พบว่า ความหนาแน่นของดินเพิ่มขึ้น ปริมาณการสูบเสียดินจะลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีมีหญ้าแฝกและมีมีหญ้าแฝก พบว่า แนวดน้มการสูยเสียดินในกรณีไม่ปลูกหญ้าแฝกจะลดลง มากกว่ากรณีปลูกหญ้าแฝก นอกจากนี้มีบางกรณี ค่าความหนาแน่นดินสูง เกิดการสูญเสียหน้าดินมาก สาเหตุเนื่องจาก ดินมีความหนาแน่นสูงจะมีเม็ดดินขนาดเล็กอยู่บนผิวดินมาก เมื่อฝนตกลงมาชะล้างหน้าดิน และกัดเซาะได้อย่างง่ายดาย และเม็ดดินยังสามารถรวมกับน้ำที่ไหลบนผิวดินได้ดีอีกด้วย ซึ่งทำให้เกิดปริมาณการสูญเสียหน้าดินเพิ่มมากขึ้น

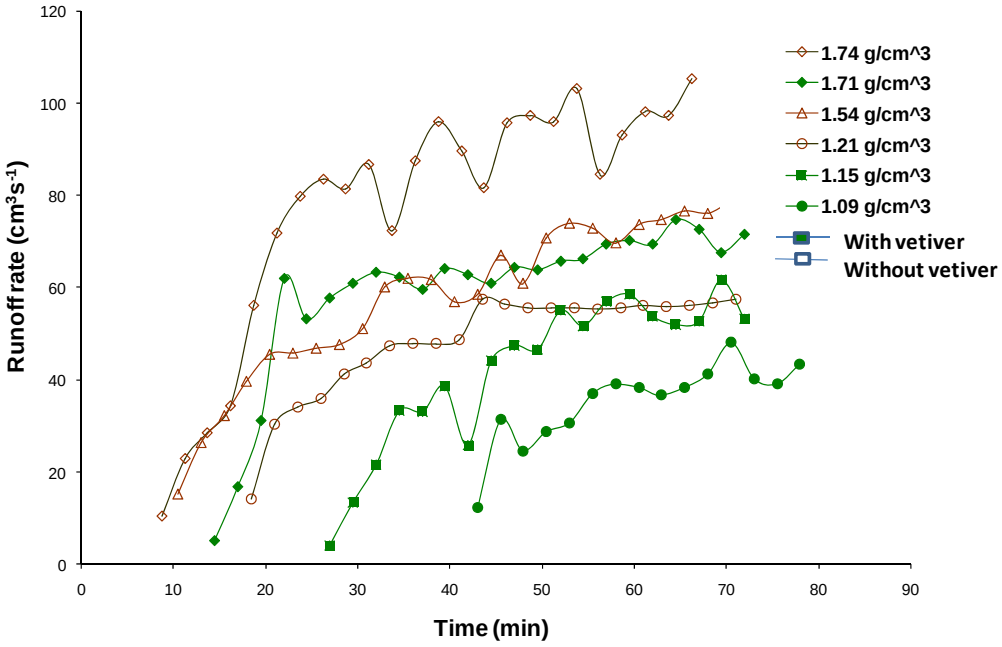
4.1.5 ค่าความหนาแน่นของดินที่เปลี่ยนไปกับปริมาณน้ำไหลบ่า



ภาพที่ 4.5 ปริมาณน้ำไหลบ่าบนหน้าผิวดินกับความหนาแน่นดินต่างๆ บนความลาดชัน 40%

ภาพที่ 4.5 แสดงปริมาณน้ำไหลบ่ากับความหนาแน่นดินต่างๆ จากการทดลอง พบว่า ความหนาแน่นดินเพิ่มมากขึ้น ปริมาณน้ำไหลบ่าจะมากขึ้นด้วย หากเปรียบเทียบระหว่างวิธีการปลูกหญ้าแฝกกับวิธีการไม่ปลูกหญ้าแฝก สรุปได้ว่า การปลูกหญ้าแฝกช่วยลดปริมาณน้ำไหลบ่าให้น้อยลง และเก็บความชื้นความอุดมสมบูรณ์ไว้มากกว่าวิธีไม่ปลูกแนวหญ้าแฝก นอกจากนี้มีบางกรณี ค่าความหนาแน่นของดินเปลี่ยนไปเทียบกับปริมาณน้ำไหลบ่า บางกรณีที่ดินมีความหนาแน่นต่ำ แต่มีปริมาณน้ำไหลบนผิวดินมาก อาจเป็นเพราะขณะนั้นดินมีความชื้นเพียงพอที่จะไม่ยอมให้น้ำไหลซึมลงดินอีก ทำให้ฝนที่ตกลงมานั้นพร้อมที่จะไหลบนผิวดินได้เลย

4.1.6 อัตราน้ำไหลบ่าบนหน้าดินกับเวลา

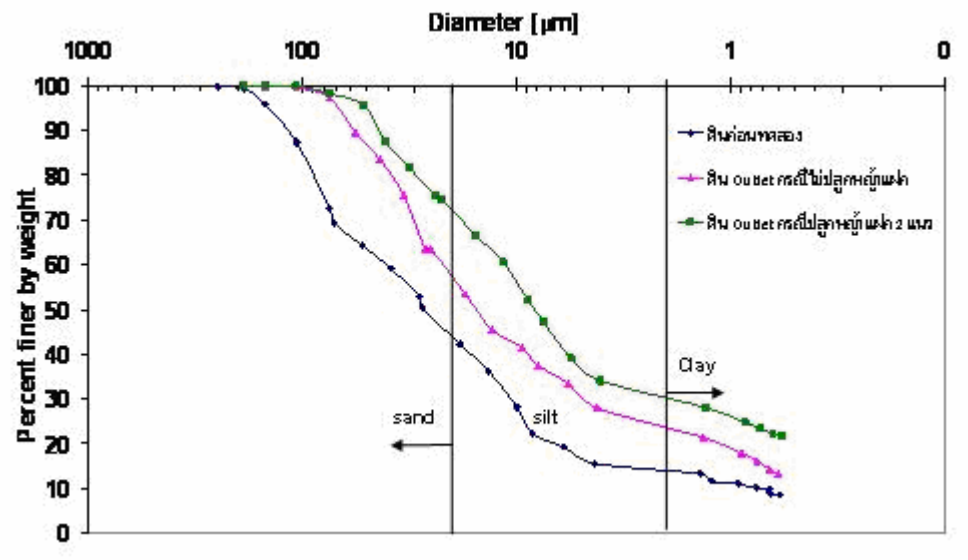


ภาพที่ 4.6 อัตราการไหลบ่าบนหน้าดินกับเวลา บนความลาดชัน 40%

ภาพที่ 4.6 แสดงอัตราการไหลบ่าบนหน้าดินกับเวลา จากการทดลองพบว่า อัตราการไหลบ่าบนหน้าดิน จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลาแบบทันทีทันใดในช่วงประมาณ 21 นาทีแรกจากเวลาที่ฝนเริ่มตกลงมา แล้วไหลจนถึงจุดเก็บตะกอนดิน เนื่องจากช่วงเวลานี้อัตราการกัดเซาะของเม็ดฝนจะมีมากกว่าอัตราการพัดพา จึงทำให้เกิดอัตราการไหลบ่าลนผิวดินมากในช่วงแรก เมื่อถึงเวลาหนึ่งอัตราการไหลบ่าสูงสุด เมื่ออัตราการกัดเซาะเท่ากับอัตราการไหลบ่าบนดิน หลังจากนั้นอัตราการไหลบ่าบนดินจะลดลงเล็กน้อย สาเหตุของอัตราการไหลบ่าบนดินลดลง เนื่องจากอัตราการกัดเซาะลดลงและปริมาณน้ำส่วนหนึ่งซึมลงใต้ดิน ทำให้อัตราการไหลบ่าบนดินลดลงไปด้วย

4.1.7 การกระจายขนาดเม็ดดินและขนาดของเม็ดดิน

ในแปลทดลองเป็นดินร่วนปนทราย (sandy Loam) ประกอบด้วยดินทราย 55% ดินทรายแป้ง 30% และดินเหนียว 15%



ภาพที่ 4.7 กราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน จากการร่อนและการตกตะกอน

ภาพที่ 4.7 แสดงกราฟการกระจายตัวของเม็ดดิน จากการร่อนและการทำไฮโดรมิเตอร์ จากการทดลองพบว่า ขนาดเม็ดดินที่ผ่านแนวหญ้าแฝกมานั้น มีขนาด 0.052 – 0.002 มม. ซึ่งไม่ต่างกันมากนักกับขนาดเม็ดดินที่อยู่ในแปลงทดลอง หญ้าแฝกสามารถดักตะกอนดินขนาดเม็ใหย่กว่า 0.052 มม. เอาไว้และยอมให้ตะกอนดินขนาดเล็กกว่าไหลลอดผ่านแนวหญ้าแฝกไปได้ ซึ่งหย้าแฝกจะช่วยลดปริมาณตะกอนดินไม่ให้สูญเสียไปที่อื่นได้

บทที่ 5
สรุป และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากผลการทดลองศึกษาประสิทธิภาพในการกรองตะกอนดินและลดการกัดเซาะของหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ บนสภาพแปลงทดลองมีความลาดเท 40% ดินเป็นดินร่วนปนทราย จำลองความเข้มฝนคงที่ 45 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง แปลงทดลองปลูกแนวหญ้าแฝก 2 แนวและแปลงที่ไม่ได้ปลูกแนวหญ้าแฝกเมื่อความหนาแน่นของดินเปลี่ยนไป ซึ่งสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการศึกษาศักยภาพการกรองตะกอนดินของหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

Bulk density (gcm^{-3})	With vetiver grass			Bulk density (gcm^{-3})	Without vetiver grass		
	soil loss (ton/hectre)	Runoff rate ($mmmin^{-1}$)	Concentration (gL^{-1})		soil loss (ton/hectre)	Runoff rate ($mmmin^{-1}$)	Concentration (gL^{-1})
1.09	95.3	11.3	8.63	1.01	345.3	11.19	31.24
1.15	83.96	12.77	6.05	1.21	197.57	13.51	17.41
1.3	47.48	12.26	3.65	1.35	249.44	19.41	11.32
1.42	33.3	13.05	3.48	1.54	122.24	16.35	7.35
1.71	61.74	15.51	3	1.74	143.06	21.67	7.13
Average	0.64	12.98	14.89	**Average**	2.12	16.43	4.96

1. ประเมินประสิทธิภาพของหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ในการกรองตะกอนดินและช่วยลดการกัดเซาะ พบว่าที่ค่าความหนาแน่นของดินสูง กรณีไม่ได้ปลูกหญ้าแฝกมีอัตราการสูญเสียดินและอัตราน้ำไหลบ่าสูงสุด ส่วนวิธีการที่มีอัตราการสูญเสียดินและน้ำไหลบ่ารองลงมาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติคือ กรณีปลูกหญ้าแฝกมีอัตราการสูญเสียดินค่อนข้างสูง และอัตราน้ำไหลบ่าสูง ทั้งนี้เพราะแนวหญ้าแฝกมีอิทธิพลมากกว่าค่าความหนาแน่นของดินที่เปลี่ยนไป กอหญ้าแฝกอยู่กันอย่างหนาแน่นและระบบรากยึดเกาะดินได้ดี สามารถชะลออัตราการกัดเซาะหน้าดินได้มากและสามารถกรองตะกอนดินไม่ให้สูญหายไปจากพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนกรณีไม่มีแนวหญ้าแฝกทำให้น้ำไหลบ่าพัดพาเอาตะกอนดินออกไปจากแปลงทดลองเป็นจำนวนมาก

2. การปลูกแนวหญ้าแฝกบนพื้นที่มีความลาดชัน 40% มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินเฉลี่ย 0.64 ตัน/เฮคแตร์ (4 ตัน/ไร่) ถือว่ามีการชะล้างพังทลายของดินอยู่ในระดับน้อยมาก (0 – 2 ตัน/เฮคแตร์) ส่วนกรณีไม่ปลูกแนวหญ้าแฝกมีอัตราการชะล้างพังทลายของดินเฉลี่ย 2.12 ตัน/เฮคแตร์ (13.25 ตัน/ไร่) ถือว่ามีการชะล้างพังทลายของดินอยู่ในระดับน้อย (2 – 5 ตัน/เฮคแตร์) ของปริมาณดินที่มีการชะล้างพังทลายทั้งหมดในพื้นที่ กล่าวได้ว่า การปลูกหญ้าแฝกจะลดการสูญเสียดิน ประมาณ 70% เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการไม่ปลูกหญ้าแฝก

3. ปริมาณการกัดเซาะและการตกทับถมของตะกอนดินหน้าแนวหญ้าแฝก พบว่ากรณีที่ไม่ได้ปลูกแนวหญ้าแฝก ตะกอนดินมีความเข้มข้นเฉลี่ย 14.89 กรัมต่อลิตร ส่วนกรณีปลูกหญ้าแฝกตะกอนดินมีความเข้มข้นเฉลี่ย 4.96 กรัมต่อลิตร ซึ่งถือว่าแนวหญ้าแฝกช่วยลดความเข้มข้นตะกอนดินให้น้อยลง 67 %

4. ปริมาณน้ำที่ไหลบ่า พบว่า วิธีการปลูกหญ้าแฝก มีค่าเฉลี่ย 1384 ลิตร/ไร่ ส่วนวิธีที่ไม่ปลูกหญ้าแฝก มีปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ย 1752 ลิตร/ไร่ ซึ่งถือว่าการปลูกหญ้าแฝกช่วยชะลอและลดปริมาณน้ำไหลบ่าให้น้อยลง 21 % เมื่อเทียบกับวิธีที่ไม่ปลูกแนวหญ้าแฝก

5. ประเมินการชะล้างพังทลายของดินโดยอาศัยสมการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation : USLE) พบว่า การคำนวณตามสมการการสูญเสียดินสากล (ตารางที่ 5.2-5.3) กรณีไม่ได้ปลูกหญ้าแฝก ได้อัตราการชะล้างหน้าดินเฉลี่ยเป็น 2.41 ตัน/เฮคแตร์ (15.06 ตัน/ไร่) ส่วนกรณีปลูกหญ้าแฝก ได้อัตราการชะล้างหน้าดินเฉลี่ยเป็น 1.16 ตัน/เฮคแตร์ (7.25 ตัน/ไร่) หากเปรียบเทียบผลจากสูญเสียดินจากการคำนวณในสมการการสูญเสียดินสากลให้ค่าการสูญเสียดินมากกว่าผลการทดลองในแปลงทดลองเล็กน้อย

ตารางที่ 5.2 แสดงข้อมูลการประเมินการสูญเสียดินสากลจากสมการ USLE เทียบกับการสูญเสียดินจากการทดลองกรณีไม่ได้ปลูกแนวหญ้าแฝก

Soil :	**Sandy loam**
% sand	55
%silt	30
%clay	15

Case	A (Soil loss) ton/hectare	I (cm/hr)	EK [m-ton/hectare-cm]	Total EI_{30}	R	C	P	CP	L	S	LS 40%	M	a	b	c	K	A (USLE) ton /hectare
1	3.45	4.5	268.44	1207.96	12.08	0.1	1	0.1	0.58	12.28	7.15	2550	1.7	4	5	0.33	2.84
2	1.98	4.5	268.44	1207.96	12.08	0.1	1	0.1	0.58	12.28	7.15	2550	1.7	4	4	0.30	2.62
3	2.49	4.5	268.44	1207.96	12.08	0.1	1	0.1	0.58	12.28	7.15	2550	1.7	4	3	0.28	2.41
4	1.22	4.5	268.44	1207.96	12.08	0.1	1	0.1	0.58	12.28	7.15	2550	1.7	4	2	0.25	2.19
5	1.43	4.5	268.44	1207.96	12.0	0.	1	0.	0.5	12.2	7.15	255	1.	4	1	0.23	1.98

ตารางที่ 5.3 แสดงข้อมูลการประเมินการสูญเสียดินสากลจากสมการ USLE เทียบกับการสูญเสียดินจากการทดลองกรณีปลูกหญ้าแฝก 2 แนว

Soil :	**Sandy loam**
% sand	55
%silt	30
%clay	15

Case	A (Soil loss) ton/hectare	I (cm/hr)	EK [m-ton/hectare-cm]	Total EI_{30}	R	C	P	CP	L	S	LS 40%	M	a	b	c	K	A (USLE) ton/hectare
1	0.95	4.5	268.44	1207.96	12.08	0.048	1	0.048	0.58	12.28	7.15	2550	1.7	4	5	0.33	1.36
2	0.84	4.5	268.44	1207.96	12.08	0.048	1	0.048	0.58	12.28	7.15	2550	1.7	4	4	0.30	1.26
3	0.47	4.5	268.44	1207.96	12.08	0.048	1	0.048	0.58	12.28	7.15	2550	1.7	4	3	0.28	1.16
4	0.33	4.5	268.44	1207.96	12.08	0.048	1	0.048	0.58	12.28	7.15	2550	1.7	4	2	0.25	1.05
5	0.62	4.5	268.44	1207.96	12.0	0.04	1	0.04	0.5	12.2	7.15	255	1.	4	1	0.23	0.95

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในอนาคตควรมีการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะทรงพุ่มและความหนากอหญ้าแฝก ที่ช่วยลดการกัดเซาะและการกรองตะกอนดิน

2. ควรทำการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มฝน เพื่อประเมินได้ว่าที่ค่าความเข้มฝนต่างๆ มีการกัดเซาะหน้าดินและการสูญเสียหน้าดินมากน้อยเพียงใด

3. ควรทำการเปลี่ยนแปลงชนิดดิน เพื่อประเมินได้ว่าชนิดดินต่างๆ ก่อให้เกิดการกัดเซาะและการสูญเสียหน้าดินมากน้อยเพียงใด

4. ควรใช้อย่างอื่นแทนหญ้าแฝก ในการอนุรักษ์ดินและน้ำ

5. หากต้องการให้หญ้าแฝกมีประสิทธิภาพในการกรองมากขึ้น ควรปลูกหญ้าแฝกให้มีความหนาแน่นกอต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่สูง ควบคุมโดยปลูกหญ้าแฝกให้มีระยะห่างพอเหมาะ ปล่อยให้กอหญ้าแฝกแตกหน่อขึ้นเอง จะได้กอหญ้าแฝกที่ความหนาแน่นสูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

ธนาคารโลก. หญ้าแฝก(Vertiver Grass) แนวรั้วเพื่อป้องกันการพังทลาย. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 2540.

กรมพัฒนาที่ดิน. คู่มือเรื่องการใช้ประโยชน์หญ้าแฝกเพื่อการพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2547.

นิพนธ์ ตั้งธรรม. แบบจำลองคณิตศาสตร์การชะล้างพังทลายของดินและมลพิษตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำ: Mathematical Models of Soil Erosion and Sediment pollution in Watershed ,พฤษภาคม 2545.

ดิถี แห่งเชาวนิช. การใช้หญ้าแฝก เพื่อเสริมเสถียรภาพเชิงลาดและควบคุมการชะล้างพังทลาย. กรุงเทพมหานคร ,สิงหาคม 2543.

รศ.ดร.วรากร ไม้เรียง และคณะ.ปฐพีกลศาสตร์ ทฤษฎีและปฏิบัติการ.ภาควิชาวิศวกรรมโยธา ,คณะวิศวกรรมศาสตร์,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,บางเขน มิถุนายน 2525

กรมพัฒนาที่ดิน.การใช้สมการการสูญเสียดินสากลและมาตรการอนุรักษ์ดิน,กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2526.

P.N.V. Truong and R. Loch. (2004). *VERTIVER SYSTEM FOR EROSION AND SEDIMENT CONTROL*. The 13th International Soil Conservation organization Conference. Brisbane,July 2004.

James Owino and Ralph Gretzmacher (2002). *Performance of Narrow Strips of Vetiver Grass (Vertiveria zizanioides) and Napier Grass (Pennisetum purpureum) as Barriers against Runoff and Soil Loss on Clay Loam Soil in Kenya.* Paper presented at the Challenges to Organic Farming and Sustainable Land Use in the Tropics and Subtripics, Deutscher Tropentag, October 9 – 11 2002.

B.Smolikowski , H.Puig , E.Roose. (2001). *Influence of soil protection techniques on runoff, erosion and plant production on semi-arid hillsides of Cabo verde.* : Agriculture Ecosystens & Enviroment,2001.

Chaowen, L., Shihua, T., Jingjing, H., and Yibing, C. (2007). "Effects of plant hedgerows on soil erosion and soil fertility on sloping farmland in the purple soil area." *Acta Ecologica Sinica*, 27(6), 2191-2198.

Chomchalow, N. (2000). *Manual of The International Trainning Course on The Vetiver System*, ORDPB, Bangkok, Thailand.

Grimshaw, R. G., and Helfer, L. (1995). *Vetiver grass for soil and water conservation, land rehabilitation, and embankment stabilization*, The international bank for reconstruction and development/ The world bank, Washington, D.C., U.S.A.

Hussein, J., Yu, B., Ghadiri, H., and Rose, C. (2007). "Prediction of surface flow hydrology and sediment retention upslope of a vetiver buffer strip." *Journal of Hydrology*, 338(3-4), 261-272.

Spaan, W. P., Sikking, A. F. S., and Hoogmoed, W. B. (2005). "Vegetation barrier and tillage effects on runoff and sediment in an alley crop system on a Luvisol in Burkina Faso." *Soil and Tillage Research*, 83(2), 194-203.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ข้อมูลการหาขนาดและการกระจายของเม็ดดิน

ภาคผนวก ข. ข้อมูลการสูญเสียหน้าดินจากน้ำฝนและการไหลบ่าของน้ำหน้าผิวดิน

ภาคผนวก ค. ข้อมูลที่ใช้เทียบแบบจำลอง และมาตรฐานต่างๆ

ภาคผนวก ง. การใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝกเพื่ออนุรักษ์ดินและน้ำ

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. การหาขนาดและการกระจายของเม็ดดิน

1. ขั้นตอนการทดลอง

- ภาพผนวกที่ 1 ไดอะแกรมสามเหลี่ยมแจงประเภทเนื้อ (Soil textural triangle)

2. ข้อมูลการหาขนาดเม็ดดิน

- ตารางผนวกที่ 1 ลักษณะของดินที่มีขนาดเม็ดดินคละ
- ตารางผนวกที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์การหาขนาดเม็ดดิน กรณีดินก่อนทำการทดลอง
- ตารางผนวกที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์การหาขนาดเม็ดดิน กรณีดินหลังทำการทดลอง ไม่ปลูกหญ้าแฝก
- ตารางผนวกที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์การหาขนาดเม็ดดิน กรณีดินหลังทำการทดลองที่ผ่านแนวหญ้าแฝก 2 แนว

ภาคผนวก ข. ข้อมูลการสูญเสียหน้าดินจากน้ำฝนและการไหลบ่าของน้ำหน้าผิวดิน

- ตารางผนวกที่ 5 แสดงค่าความหนาแน่นของดินร่วนปนทราย กรณีไม่ปลูกหญ้าแฝกบน Slope 40%
- ตารางผนวกที่ 6 แสดงค่าความหนาแน่นของดินร่วนปนทราย กรณีปลูกหญ้าแฝก 2 แนวบน Slope 40%
- ตารางผนวกที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์ การสูญเสียหน้าดินจากน้ำฝนและการไหลบ่าของน้ำหน้าผิวดิน กรณีไม่ปลูกหญ้าแฝกบน Slope 40%
- ตารางผนวกที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ การสูญเสียหน้าดินจากน้ำฝนและการไหลบ่าของน้ำหน้าผิวดิน กรณีปลูกหญ้าแฝก 2 แนวบน Slope 40%
- ตารางผนวกที่ 9 แสดงข้อมูลการประเมินการสูญเสียดินสากลจากสมการ USLE เทียบกับการสูญเสียดินจากการทดลองกรณีไม่ได้ปลูกแนวหญ้าแฝกบน Slope 40%

- ตารางผนวกที่ 10 แสดงข้อมูลการประเมินการสูญเสียดินสากลจากสมการ USLE เทียบกับการสูญเสียดินจากการทดลองกรณีปลูกหญ้าแฝก 2 แนวบน Slope 40%
- ภาพผนวกที่ 2 แสดงปริมาณน้ำไหลบ่าบนหน้าผิวดินเทียบกับเวลา (Runoff rate & Time)
- ภาพผนวกที่ 3 แสดงความเข้มข้นของตะกอนดินเทียบกับเวลา (Concentration & Time)
- ภาพผนวกที่ 4 แสดงการสูญเสียหน้าดินจากน้ำฝนเทียบกับเวลา (Soil loss & Time)
- ภาพผนวกที่ 5 แสดงการสูญเสียหน้าดินจากน้ำฝนเทียบกับเวลา (Soil loss & Time)

ภาคผนวก ค. ข้อมูลที่ใช้เทียบแบบจำลอง และมาตรฐานต่างๆ

1. หัวสเปรย์น้ำฝน

- ภาพผนวกที่ 6 แสดงลักษณะของการสเปรย์

2. ขนาดเม็ดสเปรย์

- ตารางผนวกที่ 11 แสดงขนาดเม็ดสเปรย์

ภาคผนวก ง. การใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝกเพื่ออนุรักษ์ดินและน้ำ

ภาคผนวก ก. การหาขนาดและการกระจายของเม็ดดิน

1. ขั้นตอนการทดลอง
2. ข้อมูลการหาขนาดเม็ดดิน

1. ขั้นตอนการทดลอง การหาขนาดและการกระจายของเม็ดดิน โดยวิธีไฮโกรมิเตอร์วัดการตกตะกอน

1. นำตัวอย่างดินแห้งที่ผ่านแนวหญ้าแฝก มาบดอัดประมาณ 50 กรัม ผสมกับน้ำ และ Sodium hexa meta phosphate ประมาณ 5 กรัม ผสมน้ำให้ได้ ประมาณ 300 – 500 กรัม ผสมให้เข้ากัน

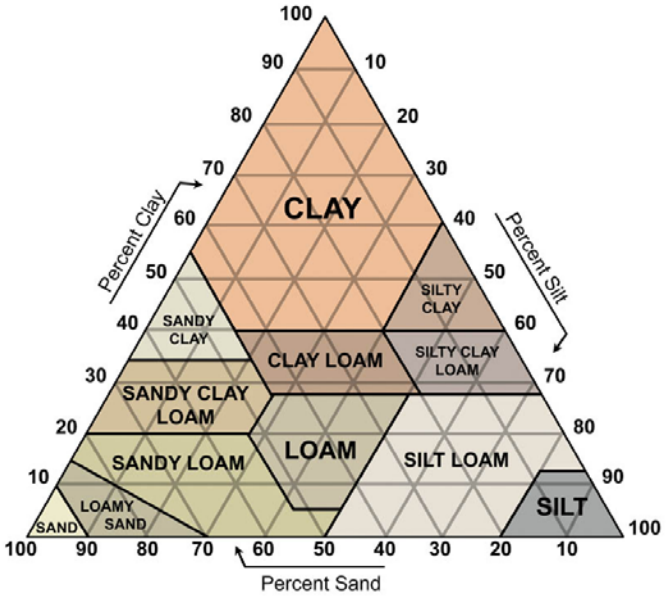
2. กวนส่วนผสมในบีกเกอร์ ให้เข้ากันเพื่อให้เม็ดดินแยกออกจากกัน แล้วเทลงในกระบอกตกตะกอน ใช้น้ำฉีดล้างเศษดินที่เกาะบีกเกอร์ออกให้หมด เติมน้ำให้ได้ระดับ 1000 ลบ. ซม.

3. ใส่น้ำกลั่นในกระบอกตวงไว้ข้างๆอีกกระบอกหนึ่ง เพื่ออ่านค่าปรับแก้ เนื่องจากอุณหภูมิ และแช่ไฮโดรมิเตอร์ในระหว่างที่ไม่ได้ใช้วัด

4. ทำการเขย่ากระบอกตะกอนโดยการปิดปากกระบอกตวง เขย่าส่วนผสมโดยสม่ำเสมอแล้ววางลงเริ่มจับเวลาทันที

5. หย่อนไฮโดรมิเตอร์ไปอ่านค่า R_a ที่เวลา 0.25, .50, 1, 2, 5, 10, 20, 30, 60, และ 2 นาที โดยไม่ยกไฮโดรมิเตอร์ออกจนกระทั่ง 2 นาที ให้ยกไฮโดรมิเตอร์ออก แล้วเขย่ากระบอกใหม่

6. วางกระบอกให้เกิดการตะกอนอีกครั้ง แล้ววัด R_1 ที่ 2, 50, 10, 20 ฯลฯ จนไฮโดรมิเตอร์อ่านประมาณ 8 – 15 ครั้ง อาจใช้เวลาประมาณ 1 สัปดาห์ ในระหว่างการอ่านให้วัดอุณหภูมิด้วยทุกครั้ง



ภาพผนวกที่ 1 ไดอะแกรมสามเหลี่ยมแจงประเภทเนื้อดิน (Soil textural triangle)

นอกจากนี้ขนาดเม็ดดินที่ผ่านแนวหญ้าแฝกยังพิจารณาได้จากความหนาแน่นของกอหญ้าแฝกได้อีก การทดลองในแปลง ได้ปลูกหญ้าแฝกขวางแนวลาดเท โดยแต่ละแนวหญ้าแฝกมีความกว้าง 0.25 เมตร ยาว 2 เมตร

2. ข้อมูลการหาขนาดเม็ดดิน

เมื่อกล่าวถึงขนาดเม็ดดินที่ผ่านแนวหญ้าแฝกมา จะมีขนาดเม็ดดินเล็กลงหากเปรียบเทียบกับขนาดเม็ดดินที่ไม่ได้ผ่านแนวหญ้าแฝก (ตารางที่ 1ก. - 3ก. ภาคผนวก ก.) เนื่องจากใบและลำต้นของหญ้าแฝกจะช่วยดักเม็ดดินขนาดใหญ่ไว้ จนเกิดการสะสมของตะกอนหลังหญ้าแฝก แต่ยอมให้ตะกอนดินบางส่วนที่มีขนาดเม็ดดินเล็ก ไหลไปกับน้ำตามลาดเทได้

ตารางผนวกที่ 1 ลักษณะของดินที่มีขนาดเม็ดดินคละ

	C_u	**C_v**
หิน	**มากกว่า 4**	**1-3**
ทราย	**มากกว่า 6**	**1-3**

พิจารณาว่าดินมีการกระจายขนาดเม็ดดินดี (Well grade)หรือไม่ สามารถหาได้จากค่า coefficient of uniformity และค่า coefficient of concavity ดังนี้

กำหนดให้ coefficient of uniformity ; $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

และ coefficient of concavity ; $C_v = \frac{D_{30}{}^2}{(D_{10} x D_{60})}$

เมื่อ D_{10} = ขนาดเม็ดดินที่มีค่า percent finer เท่ากับ 10

D_{30} = ขนาดเม็ดดินที่มีค่า percent finer เท่ากับ 30

D_{60} = ขนาดเม็ดดินที่มีค่า percent finer เท่ากับ 60

จากกราฟสามารถอ่านค่าได้ดังนี้

ขนาดเม็ดดินก่อนการทดลอง

D_{10} = 0.8 μm

D_{30} = 12 μm

D_{60} = 44 μm

ได้ค่า C_u = 55 , C_v = 4.1

ขนาดเม็ดดินหลังการทดลอง กรณีไม่ได้ปลูกหญ้าแฝก

D_{10} = 0.58 μm

D_{30} = 5.4 μm

D_{60} = 23 μm

ได้ค่า C_u = 39.7, C_v = 2.2

ขนาดเม็ดดินหลังการทดลองผ่านแนวหญ้า กรณีปลูกหญ้าแฝก 2 แนว

D_{10} = - μm

D_{30} = 2.0 μm

D_{60} = 13 μm

ไม่สามารถบอกค่า C_u และค่า C_v ได้ เพราะจากกราฟไม่สามารถอ่านค่า D_{10} ได้

ลักษณะของกราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน ดังแสดงในรูปที่ 2ก. สามารถบอกได้ว่าดินที่ทำการทดลองนั้นเป็นดินที่มีขนาดเม็ดคละกันดี (Well Graded Soil) เป็นดินที่มีขนาดต่างๆ คละกันดี โดยจากการพิจารณาจากช่วงกราฟ , C_u และความโค้งงอของเส้นกราฟ, C_v และจากตารางที่ 1ก. สรุปได้ว่า

- กรณีดินก่อนทำการทดลอง ได้ค่า C_u = 55, C_v = 4.1 จึงเป็นลักษณะของทรายที่มีขนาดเม็ดดินคละกันดี (Sand Well Grade)

- กรณีดินหลังทำการทดลอง กรณีดินที่ไม่ได้ปลูกแนวหญ้าแฝกได้ค่า C_u = 39.7, C_v = 2.2 จึงเป็นลักษณะของทรายที่มีขนาดเม็ดดินคละกันดี (Sand Well Grade) เช่นกัน

ตารางผนวกที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์การหาขนาดเม็ดดิน กรณีดินก่อนทำการทดลอง

Case Slope 40 %

Hydrometer **Cylinder** **Soil**

L = 13.39 cm D = 5.83 cm W = 50 g

Ls = 11.12 cm Aj = 26.69 cm2

Vb = 55 cm3

Date	Time	Elapsed Time		Ra	Temp	Cm+Ct	Rc	h	K2	D		%F	
	hr	min	[min]		[oC]	[cm]	[cm]	[cm]		[mm]	[mm]		
03/01/2008										0.250	250.00	99.70	Seive
										0.188	188.00	99.30	Seive
										0.150	150.00	95.90	Seive
										0.107	107.00	87.30	Seive
										0.075	75.00	72.60	Seive
04/01/2008		0.25	0.25	30.5	28	-4.1	34.6	8.19	0.01244	0.0712	71.20	69.25	
		0.5	0.5	28	28	-4.1	32.1	8.88	0.01244	0.0524	52.44	64.25	
		1	1	25.4	28	-4.1	29.5	9.61	0.01244	0.0386	38.56	59.05	
14:25		2	2	22.3	28	-4.1	26.4	10.47	0.01244	0.0285	28.46	52.85	
14:27		2	2	21	28	-4.1	25.1	9.80	0.01244	0.0275	27.54	50.25	
14:30		5	5	17	28	-4.1	21.1	10.91	0.01244	0.0184	18.38	42.25	
14:35		10	10	14	28	-4.1	18.1	11.75	0.01244	0.0135	13.48	36.25	
14:45		20	20	10	28	-4.1	14.1	12.86	0.01244	0.0100	9.97	28.25	
14:55		30	30	7	28	-4.1	11.1	13.69	0.01244	0.0084	8.40	22.25	
15:25		60	60	6	28	-4.1	10.1	13.97	0.01244	0.0060	6.00	20.25	
16:25	16	25	120	4	27	-3.8	7.8	14.62	0.01244	0.0043	4.34	15.61	
05/01/2008	10	16	1191	2.2	29	-4.4	6.6	14.94	0.01244	0.0014	1.39	13.29	
	16	39	1574	1.5	28.5	-4.3	5.8	15.18	0.01244	0.0012	1.22	11.57	
06/01/2008	11	53	2728	1.2	28.8	-4.4	5.6	15.23	0.01244	0.0009	0.93	11.16	
07/01/2008	12	53	2788	0.8	29.7	-4.7	5.5	15.26	0.01244	0.0009	0.92	10.94	
08/01/2008	10	35	4090	0.7	28.9	-4.4	5.1	15.36	0.01244	0.0008	0.76	10.22	
09/01/2008	9	55	5490	0.6	28.5	-4.3	4.9	15.43	0.01244	0.0007	0.66	9.77	
10/01/2008	11	26	5581	0.3	28	-4.1	4.4	15.56	0.01244	0.0007	0.66	8.85	
11/01/2008	10	44	6979	0.2	28	-4.1	4.3	15.58	0.01244	0.0006	0.59	8.65	

ตารางผนวกที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์การหาขนาดเม็ดดิน กรณีดินหลังทำการทดลองไม่ปลูกหญ้าแฝก

Case Slope 40 %

Hydrometer
L = 13.36 cm
Ls = 12.33 cm
Vb = 55 cm3

Cylinder
D = 5.90 cm
Aj = 27.34 cm2

Soil
W = 50 g

Date	Time	Elapsed Time		Ra	Temp	Cm+Ct	Rc	h	K2	D		%F	
	hr	min	[min]		[oC]	[cm]	[cm]	[cm]		[mm]	[mm]		
28/01/2008										0.188	188.00	100	Seive
										0.150	150.00	99.7	Seive
										0.107	107.00	99.5	Seive
										0.075	75.00	97.3	Seive
29/01/2008		0.25	0.25	41	30	-3.8	44.8	5.21	0.01244	0.057	56.80	89.53	
		0.5	0.5	38	30	-3.8	41.8	6.14	0.01244	0.044	43.58	83.53	
		1	1	34	30	-3.8	37.8	7.37	0.01244	0.034	33.77	75.53	
		2	2	28	30	-3.8	31.8	9.22	0.01244	0.027	26.71	63.53	
14:25		2	2	28	30	-3.8	31.8	8.21	0.01244	0.025	25.21	63.53	
14:27		5	5	23	30	-3.8	26.8	9.75	0.01244	0.017	17.38	53.53	
14:30		10	10	19	30	-3.8	22.8	10.99	0.01244	0.013	13.04	45.53	
14:35		20	20	17	30	-3.8	20.8	11.60	0.01244	0.009	9.48	41.53	
14:45		30	30	15	30	-3.8	18.8	12.22	0.01244	0.008	7.94	37.53	
14:55		60	60	13	30	-3.8	16.8	12.84	0.01244	0.006	5.75	33.53	
15:25	14	23	120	10	30.8	-4.0	14.0	13.68	0.01244	0.004	4.20	28.04	
31/01/2008	12	32	1258	7.2	29.2	-3.5	10.7	14.70	0.01244	0.001	1.34	21.41	
01/02/2008	11	26	3003	5	30.5	-3.9	8.9	15.25	0.01244	0.001	0.89	17.85	
02/02/2008	15	16	4213	4.5	29.5	-3.6	8.1	15.51	0.01244	0.001	0.75	16.21	
03/02/2008	12	40	5607	4	28	-3.1	7.1	15.81	0.01244	0.001	0.66	14.25	
04/02/2008	11	35	6869	3.8	27.2	-2.9	6.7	15.95	0.01244	0.001	0.60	13.33	

ตารางผนวกที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์การหาขนาดเม็ดดิน กรณีดินหลังทำการทดลองที่ผ่านแนวหญ้าแฝก กรณีปลูกหญ้าแฝก 2 แนว

Case Slope 40 %

Hydrometer
L = 13.36 cm
Ls = 12.33 cm
Vb = 55 cm3

Cylinder
D = 5.9 cm
Aj = 27.34 cm2

Soil
W = 50 g

Date	Time	Elapsed Time		Ra	Temp	Cm+Ct	Rc	h	K2	D		%F	
	hr	min	[min]		[oC]	[cm]	[cm]	[cm]		[mm]	[mm]		
10/02/2008										0.188	188	100	Seive
										0.150	150	100	Seive
										0.107	107	99.90	Seive
										0.075	75	98.30	Seive
11/02/2008		0.25	0.25	44	30	-3.8	47.76	4.29	0.01244	0.052	51.51	95.53	
		0.5	0.5	40	30	-3.8	43.76	5.52	0.01244	0.041	41.33	87.53	
		1	1	37	30	-3.8	40.76	6.44	0.01244	0.032	31.58	81.53	
14:25		2	2	34	30	-3.8	37.76	7.37	0.01244	0.024	23.88	75.53	
14:27		2	2	33.5	30	-3.8	37.26	6.52	0.01244	0.022	22.46	74.53	
14:30		5	5	29.5	30	-3.8	33.26	7.75	0.01244	0.015	15.49	66.53	
14:35		10	10	26.5	30	-3.8	30.26	8.68	0.01244	0.012	11.59	60.53	
14:45		20	20	22.3	30	-3.8	26.03	9.98	0.01244	0.009	8.79	52.06	
14:55		30	30	19.8	30	-3.8	23.53	10.75	0.01244	0.007	7.45	47.06	
15:25		60	60	15.8	30	-3.8	19.53	11.98	0.01244	0.006	5.56	39.06	
12/02/2008	16	25	120	13.0	30.8	-4.0	17.04	12.75	0.01244	0.004	4.06	34.08	
13/02/2008	11	23	1258	10.5	29.2	-3.5	14.01	13.68	0.01244	0.001	1.30	28.03	
14/02/2008	16	28	3003	8.4	30.5	-3.9	12.35	14.20	0.01244	0.001	0.86	24.70	
15/02/2008	12	38	4213	8.1	29.5	-3.6	11.70	14.40	0.01244	0.001	0.73	23.41	
16/02/2008	11	52	5607	8	28	-3.1	11.12	14.58	0.01244	0.001	0.63	22.25	
17/02/2008	8	54	6869	8	27.2	-2.9	10.87	14.65	0.01244	0.001	0.57	21.73	

ภาคผนวก ข. ข้อมูลการสูญเสียหน้าดินจากน้ำฝนและการไหลบ่าของน้ำหน้าผิวดิน

ตารางผนวกที่ 5 แสดงค่าความหนาแน่นของดินร่วนปนทราย กรณีไม่ปลูกหญ้าแฝกบน Slope 40%

Case 1

Can no.		Upper	Middle	Lower
WT. of wet soil + can	[g.]	312.93	302.36	313.26
WT. of dry soil + can	[g.]	297.14	287.63	295.69
WT. of can	[g.]	191.93	192.20	192.42
Volume of ring	[cm3]	100.00	100.00	100.00
WT. of dry soil	[g.]	105.21	95.43	103.27
WT. of water	[g.]	15.79	14.73	17.57
density	[g/cm3]	1.05	0.95	1.03
%water content		15.01	15.44	17.01
density	Average	1.01	[g/cm3]	
%water content	Average	15.82	%	

Case 2

Can no.		Upper	Middle	Lower
WT. of wet soil + can	[g.]	322.35	333.30	342.70
WT. of dry soil + can	[g.]	304.51	311.72	319.27
WT. of can	[g.]	191.44	189.03	190.95
Volume of ring	[cm3]	100.00	100.00	100.00
WT. of dry soil	[g.]	113.07	122.69	128.32
WT. of water	[g.]	17.84	21.58	23.43
density	[g/cm3]	1.13	1.23	1.28
%water content		15.78	17.59	18.26
density	Average	1.21	[g/cm3]	
%water content	Average	17.21	%	

ตารางผนวกที่ 5 แสดงค่าความหนาแน่นของดินร่วนปนทราย กรณีไม่ปลูกหญ้าแฝกบน Slope 40% (ต่อ)

Case 3

Can no.		Upper	Middle	Lower
WT. of wet soil + can	[g.]	358.93	349.35	350.00
WT. of dry soil + can	[g.]	331.05	323.95	325.07
WT. of can	[g.]	191.96	192.14	192.38
Volume of ring	[cm3]	100.00	100.00	100.00
WT. of dry soil	[g.]	139.09	131.81	132.69
WT. of water	[g.]	27.88	25.40	24.93
density	[g/cm3]	1.39	1.32	1.33
%water content		20.04	19.27	18.79
density	Average	1.35	[g/cm3]	
%water content	Average	19.37	%	

Case 4

Can no.		Upper	Middle	Lower
WT. of wet soil + can	[g.]	379.82	376.86	378.02
WT. of dry soil + can	[g.]	347.13	346.55	342.30
WT. of can	[g.]	190.15	193.09	190.11
Volume of ring	[cm3]	100.00	100.00	100.00
WT. of dry soil	[g.]	156.98	153.46	152.19
WT. of water	[g.]	32.69	30.31	35.72
density	[g/cm3]	1.57	1.53	1.52
%water content		20.82	19.75	23.47
density	Average	1.54	[g/cm3]	
%water content	Average	21.35	%	

ตารางผนวกที่ 5 แสดงค่าความหนาแน่นของดินร่วนปนทราย กรณีไม่ปลูกหญ้าแฝกบน Slope 40% (ต่อ)

Case 5

Can no.		Upper	Middle	Lower
WT. of wet soil + can	[g.]	396.96	404.74	401.13
WT. of dry soil + can	[g.]	362.78	365.33	365.16
WT. of can	[g.]	191.44	189.03	190.15
Volume of ring	[cm3]	100.00	100.00	100.00
WT. of dry soil	[g.]	171.34	176.30	175.01
WT. of water	[g.]	34.18	39.41	35.97
density	[g/cm3]	1.71	1.76	1.75
%water content		19.95	22.35	20.55
density	Average	1.74	[g/cm3]	
%water content	Average	20.95	%	

ตารางผนวกที่ 6 แสดงค่าความหนาแน่นของดินร่วนปนทราย กรณีปลูกหญ้าแฝก 2 แนวบน Slope 40%

Case 1

Can no.		Upper	Middle	Lower
WT. of wet soil + can	[g.]	322.09	324.84	307.74
WT. of dry soil + can	[g.]	303.61	304.54	290.05
WT. of can	[g.]	190.95	189.03	191.44
Volume of ring	[cm3]	100.00	100.00	100.00
WT. of dry soil	[g.]	112.66	115.51	98.61
WT. of water	[g.]	18.48	20.30	17.69
density	[g/cm3]	1.13	1.16	0.99
%water content		16.40	17.57	17.94
density	Average	1.09	[g/cm3]	
%water content	Average	17.31	%	

Case 2

Can no.		Upper	Middle	Lower
WT. of wet soil + can	[g.]	333.69	312.47	338.67
WT. of dry soil + can	[g.]	311.67	292.78	315.73
WT. of can	[g.]	191.96	192.14	192.38
Volume of ring	[cm3]	100.00	100.00	100.00
WT. of dry soil	[g.]	119.71	100.64	123.35
WT. of water	[g.]	22.02	19.69	22.94
density	[g/cm3]	1.20	1.01	1.23
%water content		18.39	19.56	18.60
density	Average	1.15	[g/cm3]	
%water content	Average	18.85	%	

ตารางผนวกที่ 6 แสดงค่าความหนาแน่นของดินร่วนปนทราย กรณีปลูกหญ้าแฝก 2 แนวบน Slope 40% (ต่อ)

Case 3

Can no.		Upper	Middle	Lower
WT. of wet soil + can	[g.]	356.97	338.30	364.19
WT. of dry soil + can	[g.]	326.53	309.96	330.95
WT. of can	[g.]	191.96	192.14	192.38
Volume of ring	[cm3]	100.00	100.00	100.00
WT. of dry soil	[g.]	134.57	117.82	138.57
WT. of water	[g.]	30.44	28.34	33.24
density	[g/cm3]	1.35	1.18	1.39
%water content		22.62	24.05	23.99
density	Average	1.30	[g/cm3]	
%water content	Average	23.55	%	

Case 4

Can no.		Upper	Middle	Lower
WT. of wet soil + can	[g.]	362.53	368.31	365.51
WT. of dry soil + can	[g.]	332.78	335.33	335.16
WT. of can	[g.]	192.38	192.14	191.96
Volume of ring	[cm3]	100.00	100.00	100.00
WT. of dry soil	[g.]	140.40	143.19	143.20
WT. of water	[g.]	29.75	32.98	30.35
density	[g/cm3]	1.40	1.43	1.43
%water content		21.19	23.03	21.19
density	Average	1.42	[g/cm3]	
%water content	Average	21.81	%	

ตารางผนวกที่ 6 แสดงค่าความหนาแน่นของดินร่วนปนทราย กรณีปลูกหญ้าแฝก 2 แนวบน Slope 40% (ต่อ)

Case 5

Can no.		Upper	Middle	Lower
WT. of wet soil + can	[g.]	388.32	395.97	389.78
WT. of dry soil + can	[g.]	360.39	366.47	360.09
WT. of can	[g.]	190.15	193.09	190.11
Volume of ring	[cm3]	100.00	100.00	100.00
WT. of dry soil	[g.]	170.24	173.38	169.98
WT. of water	[g.]	27.93	29.50	29.69
density	[g/cm3]	1.70	1.73	1.70
%water content		16.41	17.01	17.47
density	Average	1.71	[g/cm3]	
%water content	Average	16.96	%	

ตารางผนวกที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์ การสูญเสียหน้าดินจากน้ำฝนและการไหลบ่าของน้ำหน้าผิวดิน กรณีไม่ปลูกหญ้าแฝกบน Slope 40%

ตารางที่ 1

Slope 40 %
Intensity 45 mm/hr
Duration 60 min
Area 15 [m^2]

bottle no.	time	bottle + soil +water	bottle	bottle + soil dry	water	concentration		soil loss	Sum soil loss	Runoff, Q			sum
	[s]	[g]	[g]	[g]	[cm3]	soil [g]	[g/L]	[g]	[g]	[cm3/s]	in 2.5 min [L]	[mm] [mm/min]	
1	15	280.29	184.90	185.80	94.49	0.90	9.52	9.00	9.00	6.30	0.94	0.06	0.06
2	10	394.81	187.04	189.65	205.16	2.61	12.72	39.15	48.15	20.52	3.08	0.21	0.27
3	9	414.77	176.98	180.75	234.02	3.77	16.11	62.83	110.98	26.00	3.90	0.26	0.53
4	9	403.06	178.04	182.41	220.65	4.37	19.81	72.83	183.82	24.52	3.68	0.25	0.77
5	9	417.68	178.58	184.17	233.51	5.59	23.94	93.17	276.98	25.95	3.89	0.26	1.03
6	5	430.33	182.65	188.48	241.85	5.83	24.11	174.90	451.88	48.37	7.26	0.48	1.52
7	5	424.79	184.98	192.40	232.39	7.42	31.93	222.60	674.48	46.48	6.97	0.46	1.98
8	5	431.11	187.67	194.73	236.38	7.06	29.87	211.80	886.28	47.28	7.09	0.47	2.45
9	5	425.36	185.90	193.78	231.58	7.88	34.03	236.40	1122.68	46.32	6.95	0.46	2.92
10	5	431.12	185.10	194.50	236.62	9.40	39.73	282.00	1404.68	47.32	7.10	0.47	3.39
11	5	418.79	184.43	193.08	225.71	8.65	38.32	259.50	1664.18	45.14	6.77	0.45	3.84
12	5	396.42	185.01	192.83	203.59	7.82	38.41	234.60	1898.78	40.72	6.11	0.41	4.25
13	5	413.42	184.28	192.74	220.68	8.46	38.34	253.80	2152.58	44.14	6.62	0.44	4.69
14	5	406.14	185.55	192.57	213.57	7.02	32.87	210.60	2363.18	42.71	6.41	0.43	5.12
15	5	402.30	187.50	195.09	207.21	7.59	36.63	227.70	2590.88	41.44	6.22	0.41	5.53
16	5	423.80	188.31	194.97	228.83	6.66	29.10	199.80	2790.68	45.77	6.86	0.46	5.99
17	5	417.32	187.62	196.13	221.19	8.51	38.47	255.30	3045.98	44.24	6.64	0.44	6.43
18	5	429.04	186.02	193.40	235.64	7.38	31.32	221.40	3267.38	47.13	7.07	0.47	6.90
19	5	416.27	180.55	187.39	228.88	6.84	29.88	205.20	3472.58	45.78	6.87	0.46	7.36
20	5	424.77	178.31	186.36	238.41	8.05	33.77	241.50	3714.08	47.68	7.15	0.48	7.84
21	5	432.32	186.94	194.62	237.70	7.68	32.31	230.40	3944.48	47.54	7.13	0.48	8.31
22	5	430.24	186.43	195.55	234.69	9.12	38.86	273.60	4218.08	46.94	7.04	0.47	8.78
23	5	428.29	184.19	192.90	235.39	8.71	37.00	261.30	4479.38	47.08	7.06	0.47	9.25
24	5	431.70	186.60	196.79	234.91	10.19	43.38	305.70	4785.08	46.98	7.05	0.47	9.72
25	5	430.83	183.88	192.61	238.22	8.73	36.65	261.90	5046.98	47.64	7.15	0.48	10.20
26	5	407.84	186.22	194.00	213.84	7.78	36.38	70.02	5117.00	42.77	6.42	0.43	10.63
27	5	326.34	178.34	183.75	142.59	5.41	37.94	32.46	5149.46	28.52	4.28	0.29	10.91
28	5	279.83	179.03	182.44	97.39	3.41	35.01	20.46	5169.92	19.48	2.92	0.19	11.11
29	15	304.20	183.43	186.92	117.28	3.49	29.76	6.98	5176.90	7.82	1.17	0.08	11.19
30	180	309.05	186.52	189.05	120.00	2.53	21.08	2.53	5179.43	0.67	0.10	0.01	11.19

*the density of water = 1 g/cm3

ตารางผนวกที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์ การสูญเสียหน้าดินจากน้ำฝนและการไหลบ่าของน้ำหน้าผิวดิน กรณีไม่ปลูกหญ้าแฝกบน Slope 40% (ต่อ)

ตารางที่ 2

Slope 40 %
Intensity 45 mm/hr
Duration 60 min
Area 15 [m^2]

bottle no.	time	bottle + soil +water	bottle	bottle + soil dry	water	concentration		soil loss	Sum soil loss	Runoff, Q			sum
						soil					in 2.5 min	[mm]	
	[s]	[g]	[g]	[g]	[cm3]	[g]	[g/L]	[g]	[g]	[cm3/s]	[L]	[mm/min]	
1	30	455.23	29.74	31.81	423.42	2.07	4.89	10.35	10.35	14.11	2.12	0.14	0.14
2	30	948.79	29.52	37.62	911.17	8.10	8.89	40.50	50.85	30.37	4.56	0.30	0.44
3	30	1047.56	11.66	23.70	1023.86	12.04	11.76	60.20	111.05	34.13	5.12	0.34	0.79
4	30	1123.59	29.64	45.73	1077.86	16.09	14.93	80.45	191.50	35.93	5.39	0.36	1.15
5	30	1283.25	29.90	47.95	1235.30	18.05	14.61	90.25	281.75	41.18	6.18	0.41	1.56
6	30	1360.59	29.74	48.76	1311.83	19.02	14.50	95.10	376.85	43.73	6.56	0.44	1.99
7	30	1472.49	29.63	47.74	1424.75	18.11	12.71	90.55	467.40	47.49	7.12	0.47	2.47
8	30	1482.75	29.41	46.47	1436.28	17.06	11.88	85.30	552.70	47.88	7.18	0.48	2.95
9	30	1483.07	29.47	48.57	1434.50	19.10	13.31	95.50	648.20	47.82	7.17	0.48	3.43
10	30	1512.44	29.64	47.75	1464.69	18.11	12.36	90.55	738.75	48.82	7.32	0.49	3.91
11	25	1485.71	29.33	47.41	1438.30	18.08	12.57	108.48	847.23	57.53	8.63	0.58	4.49
12	25	1460.44	29.51	47.62	1412.82	18.11	12.82	108.66	955.89	56.51	8.48	0.57	5.06
13	25	1437.50	29.76	47.77	1389.73	18.01	12.96	108.06	1063.95	55.59	8.34	0.56	5.61
14	25	1436.50	29.69	47.75	1388.75	18.06	13.00	108.36	1172.31	55.55	8.33	0.56	6.17
15	25	1434.87	29.87	47.88	1386.99	18.01	12.98	108.06	1280.37	55.48	8.32	0.55	6.72
16	25	1434.27	29.88	48.92	1385.35	19.04	13.74	114.24	1394.61	55.41	8.31	0.55	7.28
17	25	1437.36	29.29	49.32	1388.04	20.03	14.43	120.18	1514.79	55.52	8.33	0.56	7.83
18	25	1450.37	29.37	47.43	1402.94	18.06	12.87	108.36	1623.15	56.12	8.42	0.56	8.39
19	25	1445.36	29.81	47.76	1397.60	17.95	12.84	107.70	1730.85	55.90	8.39	0.56	8.95
20	25	1449.51	29.52	47.58	1401.93	18.06	12.88	108.36	1839.21	56.08	8.41	0.56	9.51
21	25	1465.85	29.52	47.67	1418.18	18.15	12.80	108.90	1948.11	56.73	8.51	0.57	10.08
22	25	1482.22	29.74	48.77	1433.45	19.03	13.28	114.18	2062.29	57.34	8.60	0.57	10.65
23	25	1495.64	30.01	48.99	1446.65	18.98	13.12	113.88	2176.17	57.87	8.68	0.58	11.23
24	25	1501.39	29.54	47.72	1453.67	18.18	12.51	109.08	2285.25	58.15	8.72	0.58	11.81
25	20	1183.95	29.87	47.92	1136.03	18.05	15.89	135.38	2420.63	56.80	8.52	0.57	12.38
26	20	872.99	29.71	47.82	825.17	18.11	21.95	135.83	2556.45	41.26	6.19	0.41	12.79
27	20	673.95	29.66	46.32	627.63	16.66	26.54	124.95	2681.40	31.38	4.71	0.31	13.11
28	20	473.23	29.70	44.25	428.98	14.55	33.92	109.13	2790.53	21.45	3.22	0.21	13.32
29	20	281.44	29.60	43.23	238.21	13.63	57.22	102.23	2892.75	11.91	1.79	0.12	13.44
30	20	185.93	29.52	38.95	146.98	9.43	64.16	70.73	2963.48	7.35	1.10	0.07	13.51

*the density of water = 1 g/cm3

ตารางผนวกที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์ การสูญเสียหน้าดินจากน้ำฝนและการไหลบ่าของน้ำหน้าผิวดิน กรณีไม่ปลูกหญ้าแฝกบน Slope 40% (ต่อ)

ตารางที่ 3

Slope 40 %
Intensity 45 mm/hr
Duration 60 min
Area 15 [m^2]

bottle no.	time	bottle + soil +water	bottle	bottle + soil dry	water	concentration		soil loss	Sum soil loss	Runoff, Q			sum
	[s]	[g]	[g]	[g]	[cm3]	soil [g]	[g/L]	[g]	[g]	[cm3/s]	in 2.5 min [L]	[mm] [mm/min]	
1	30	490.32	266.35	266.76	305.01	0.41	1.34	2.05	2.05	10.17	1.53	0.10	0.10
2	30	669.56	264.02	265.90	480.64	1.88	3.91	9.40	11.45	16.02	2.40	0.16	0.26
3	25	1059.66	260.82	265.93	877.57	5.11	5.82	30.66	42.11	35.10	5.27	0.35	0.61
4	15	903.55	264.42	271.36	718.57	6.94	9.66	69.40	111.51	47.90	7.19	0.48	1.09
5	15	1030.88	263.91	271.79	844.42	7.88	9.33	78.80	190.31	56.29	8.44	0.56	1.65
6	15	1271.59	266.83	280.73	1075.04	13.90	12.93	139.00	329.31	71.67	10.75	0.72	2.37
7	13	1069.01	261.15	273.96	871.22	12.81	14.70	147.81	477.12	67.02	10.05	0.67	3.04
8	13	1131.09	255.67	269.37	929.72	13.70	14.74	158.08	635.19	71.52	10.73	0.72	3.76
9	13	1229.73	263.11	277.59	1029.35	14.48	14.07	167.08	802.27	79.18	11.88	0.79	4.55
10	13	1157.20	267.32	280.66	958.76	13.34	13.91	153.92	956.19	73.75	11.06	0.74	5.29
11	13	1261.46	254.18	268.08	1063.13	13.90	13.07	160.38	1116.58	81.78	12.27	0.82	6.10
12	13	1233.43	266.19	283.07	1031.54	16.88	16.36	194.77	1311.35	79.35	11.90	0.79	6.90
13	13	1295.18	256.33	275.12	1092.11	18.79	17.21	216.81	1528.16	84.01	12.60	0.84	7.74
14	13	1211.59	264.99	282.64	1008.39	17.65	17.50	203.65	1731.81	77.57	11.64	0.78	8.51
15	13	1283.66	266.62	282.72	1080.06	16.10	14.91	185.77	1917.58	83.08	12.46	0.83	9.34
16	10	1089.51	265.02	278.10	888.12	13.08	14.73	196.20	2113.78	88.81	13.32	0.89	10.23
17	10	1088.62	264.09	276.63	890.46	12.54	14.08	188.10	2301.88	89.05	13.36	0.89	11.12
18	10	1091.98	264.37	277.17	893.16	12.80	14.33	192.00	2493.88	89.32	13.40	0.89	12.02
19	10	1019.14	268.71	280.01	827.29	11.30	13.66	169.50	2663.38	82.73	12.41	0.83	12.84
20	10	997.29	258.04	269.96	807.06	11.92	14.77	178.80	2842.18	80.71	12.11	0.81	13.65
21	10	1091.69	259.09	272.05	891.79	12.96	14.53	194.40	3036.58	89.18	13.38	0.89	14.54
22	10	1139.76	256.45	268.67	941.11	12.22	12.98	183.30	3219.88	94.11	14.12	0.94	15.48
23	10	1063.35	264.37	273.79	869.74	9.42	10.83	141.30	3361.18	86.97	13.05	0.87	16.35
24	10	1123.62	266.76	278.12	925.66	11.36	12.27	170.40	3531.58	92.57	13.88	0.93	17.28
25	10	1051.35	263.92	275.20	856.19	11.28	13.17	169.20	3700.78	85.62	12.84	0.86	18.13
26	10	945.16	255.54	263.13	751.35	7.59	10.10	34.16	3734.93	75.14	11.27	0.75	18.89
27	15	601.53	265.80	267.52	421.47	1.72	4.08	3.44	3738.37	28.10	4.21	0.28	19.17
28	15	350.02	256.64	257.73	169.90	1.09	6.42	2.18	3740.55	11.33	1.70	0.11	19.28
29	15	281.96	255.77	256.12	98.18	0.35	3.56	0.70	3741.25	6.55	0.98	0.07	19.35
30	120	935.64	256.18	256.53	748.77	0.35	0.47	0.35	3741.60	6.24	0.94	0.06	19.41

*the density of water = 1 g/cm3

ตารางผนวกที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์ การสูญเสียหน้าดินจากน้ำฝนและการไหลบ่าของน้ำหน้าผิวดิน กรณีไม่ปลูกหญ้าแฝกบน Slope 40% (ต่อ)

ตารางที่ 4

Slope 40 %
Intensity 45 mm/hr
Duration 60 min
Area 15 [m^2]

bottle no.	time [s]	bottle + soil +water [g]	bottle [g]	bottle + soil dry [g]	water [cm3]	concentration soil [g]	concentration [g/L]	soil loss [g]	Sum soil loss [g]	Runoff, Q [cm3/s]	Runoff, Q in 2.5 min [L]	Runoff, Q [mm] [mm/min]	sum
1	30	645.96	184.90	186.08	459.88	1.18	2.57	5.90	5.90	15.33	2.30	0.15	0.15
2	30	980.51	187.04	189.05	791.46	2.01	2.54	10.05	15.95	26.38	3.96	0.26	0.42
3	30	1146.71	176.98	180.27	966.44	3.29	3.40	16.45	32.40	32.21	4.83	0.32	0.74
4	30	1373.44	178.04	185.90	1187.54	7.86	6.62	39.30	71.70	39.58	5.94	0.40	1.14
5	30	1554.34	178.58	190.43	1363.91	11.85	8.69	59.25	130.95	45.46	6.82	0.45	1.59
6	30	1568.91	182.65	195.57	1373.34	12.92	9.41	64.60	195.55	45.78	6.87	0.46	2.05
7	30	1603.23	184.98	197.02	1406.21	12.04	8.56	60.20	255.75	46.87	7.03	0.47	2.52
8	30	1629.83	187.67	199.65	1430.18	11.98	8.38	59.90	315.65	47.67	7.15	0.48	2.99
9	30	1732.05	185.90	198.43	1533.62	12.53	8.17	62.65	378.30	51.12	7.67	0.51	3.50
10	25	1698.11	185.10	196.11	1502.00	11.01	7.33	66.06	444.36	60.08	9.01	0.60	4.10
11	25	1746.59	184.43	195.81	1550.78	11.38	7.34	68.28	512.64	62.03	9.30	0.62	4.73
12	25	1737.09	185.01	195.64	1541.45	10.63	6.90	63.78	576.42	61.66	9.25	0.62	5.34
13	25	1617.51	184.28	194.54	1422.97	10.26	7.21	61.56	637.98	56.92	8.54	0.57	5.91
14	25	1661.45	185.55	195.94	1465.51	10.39	7.09	62.34	700.32	58.62	8.79	0.59	6.50
15	25	1872.93	187.50	200.00	1672.93	12.50	7.47	75.00	775.32	66.92	10.04	0.67	7.17
16	25	1721.95	188.31	200.64	1521.31	12.33	8.10	73.98	849.30	60.85	9.13	0.61	7.77
17	20	1612.73	185.62	197.59	1415.14	11.97	8.46	89.78	939.08	70.76	10.61	0.71	8.48
18	20	1674.82	186.02	198.14	1476.68	12.12	8.21	90.90	1029.98	73.83	11.08	0.74	9.22
19	20	1648.94	180.55	193.39	1455.55	12.84	8.82	96.30	1126.28	72.78	10.92	0.73	9.95
20	20	1583.17	178.31	190.66	1392.51	12.35	8.87	92.63	1218.90	69.63	10.44	0.70	10.64
21	20	1675.19	186.94	199.73	1475.46	12.79	8.67	95.93	1314.83	73.77	11.07	0.74	11.38
22	20	1692.88	186.43	199.38	1493.50	12.95	8.67	97.13	1411.95	74.68	11.20	0.75	12.13
23	20	1727.58	184.19	197.55	1530.03	13.36	8.73	100.20	1512.15	76.50	11.48	0.77	12.89
24	20	1722.38	186.60	199.72	1522.66	13.12	8.62	98.40	1610.55	76.13	11.42	0.76	13.66
25	20	1769.79	183.88	196.46	1573.33	12.58	8.00	94.35	1704.90	78.67	11.80	0.79	14.44
26	20	1707.89	186.22	197.82	1510.07	11.60	7.68	87.00	1791.90	75.50	11.33	0.76	15.20
27	30	1460.07	178.34	186.14	1273.93	7.80	6.12	15.60	1807.50	42.46	6.37	0.42	15.62
28	30	1139.76	179.03	186.08	953.68	7.05	7.39	10.58	1818.08	31.79	4.77	0.32	15.94
29	25	979.99	183.43	189.53	790.46	6.10	7.72	7.32	1825.40	31.62	4.74	0.32	16.26
30	180	1896.67	186.52	194.65	1702.02	8.13	4.78	8.13	1833.53	9.46	1.42	0.09	16.35

*the density of water = 1 g/cm3

ตารางผนวกที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์ การสูญเสียหน้าดินจากน้ำฝนและการไหลบ่าของน้ำหน้าผิวดิน กรณีไม่ปลูกหญ้าแฝกบน Slope 40% (ต่อ)

ตารางที่ 5

Slope 40 %
Intensity 45 mm/hr
Duration 60 min
Area 15 [m^2]

bottle no.	time	bottle + soil +water	bottle	bottle + soil dry	water	concentration		soil loss	Sum soil loss	Runoff, Q			sum
	[s]	[g]	[g]	[g]	[cm3]	soil [g]	[g/L]	[g]	[g]	[cm3/s]	in 2.5 min [L]	[mm] [mm/min]	
1	45	702.34	236.53	237.89	464.45	1.36	2.93	4.53	4.53	10.32	1.55	0.10	0.10
2	30	928.99	238.48	241.83	687.16	3.35	4.88	16.75	21.28	22.91	3.44	0.23	0.33
3	30	1095.27	235.98	240.41	854.86	4.43	5.18	22.15	43.43	28.50	4.27	0.28	0.62
4	30	1272.03	237.09	243.94	1028.09	6.85	6.66	34.25	77.68	34.27	5.14	0.34	0.96
5	30	1929.81	239.69	249.45	1680.36	9.76	5.81	48.80	126.48	56.01	8.40	0.56	1.52
6	20	1684.49	237.24	246.23	1438.26	8.99	6.25	67.43	193.91	71.91	10.79	0.72	2.24
7	15	1442.24	234.47	243.74	1198.50	9.27	7.73	92.70	286.61	79.90	11.99	0.80	3.04
8	15	1501.42	238.67	248.15	1253.27	9.48	7.56	94.80	381.41	83.55	12.53	0.84	3.87
9	15	1468.14	236.40	246.58	1221.56	10.18	8.33	101.80	483.21	81.44	12.22	0.81	4.69
10	15	1545.44	236.29	245.51	1299.93	9.22	7.09	92.20	575.41	86.66	13.00	0.87	5.55
11	15	1326.87	232.75	242.90	1083.97	10.15	9.36	101.50	676.91	72.26	10.84	0.72	6.28
12	15	1561.45	237.97	248.55	1312.90	10.58	8.06	105.80	782.71	87.53	13.13	0.88	7.15
13	15	1685.51	237.30	246.66	1438.85	9.36	6.51	93.60	876.31	95.92	14.39	0.96	8.11
14	15	1588.24	234.17	244.35	1343.89	10.18	7.58	101.80	978.11	89.59	13.44	0.90	9.01
15	15	1472.52	239.73	247.19	1225.33	7.46	6.09	74.60	1052.71	81.69	12.25	0.82	9.82
16	15	1682.44	236.96	246.41	1436.03	9.45	6.58	94.50	1147.21	95.74	14.36	0.96	10.78
17	15	1706.99	237.32	247.34	1459.65	10.02	6.86	100.20	1247.41	97.31	14.60	0.97	11.76
18	15	1684.98	236.87	247.19	1437.79	10.32	7.18	103.20	1350.61	95.85	14.38	0.96	12.71
19	15	1791.42	234.04	243.98	1547.44	9.94	6.42	99.40	1450.01	103.16	15.47	1.03	13.75
20	15	1515.80	238.91	249.10	1266.70	10.19	8.04	101.90	1551.91	84.45	12.67	0.84	14.59
21	15	1643.42	235.17	245.66	1397.76	10.49	7.50	104.90	1656.81	93.18	13.98	0.93	15.52
22	15	1718.87	237.04	246.44	1472.43	9.40	6.38	94.00	1750.81	98.16	14.72	0.98	16.50
23	15	1703.49	235.88	245.76	1457.73	9.88	6.78	98.80	1849.61	97.18	14.58	0.97	17.47
24	15	1825.89	234.90	245.54	1580.35	10.64	6.73	106.40	1956.01	105.36	15.80	1.05	18.53
25	15	1693.93	238.76	248.77	1445.16	10.01	6.93	100.10	2056.11	96.34	14.45	0.96	19.49
26	15	1182.30	237.69	247.45	934.85	9.76	10.44	39.04	2095.15	62.32	9.35	0.62	20.12
27	15	1135.40	238.30	248.49	886.91	10.19	11.49	20.38	2115.53	59.13	8.87	0.59	20.71
28	15	1010.32	238.98	247.50	762.82	8.52	11.17	17.04	2132.57	50.85	7.63	0.51	21.22
29	15	810.28	236.31	242.19	568.09	5.88	10.35	11.76	2144.33	37.87	5.68	0.38	21.59
30	180	1596.36	235.52	237.09	1359.27	1.57	1.16	1.57	2145.90	7.55	1.13	0.08	21.67

*the density of water = 1 g/cm3

ตารางผนวกที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ การสูญเสียหน้าดินจากน้ำฝนและการไหลบ่าของน้ำหน้าผิวดิน กรณีปลูกหญ้าแฝก 2 แนวบน Slope 40%

ตารางที่ 1

Slope 40 %
Intensity 45 mm/hr
Duration 60 min
Area 15 [m^2]

bottle no.	time	bottle + soil +water	bottle	bottle + soil dry	water	concentration		soil loss	Sum soil loss	Runoff, Q			sum
						soil					in 2.5 min	[mm]	
	[s]	[g]	[g]	[g]	[cm3]	[g]	[g/L]	[g]	[g]	[cm3/s]	[L]	[mm/min]	
1	60	972.62	236.53	237.54	735.08	1.01	1.37	2.53	2.53	12.25	1.84	0.12	0.12
2	20	866.74	238.48	239.82	626.92	1.34	2.14	10.05	12.58	31.35	4.70	0.31	0.44
3	20	731.91	235.98	238.97	492.94	2.99	6.07	22.43	35.00	24.65	3.70	0.25	0.68
4	20	816.56	237.09	241.38	575.18	4.29	7.46	32.18	67.18	28.76	4.31	0.29	0.97
5	20	859.16	239.69	244.30	614.86	4.61	7.50	34.58	101.75	30.74	4.61	0.31	1.28
6	20	986.05	237.24	243.42	742.63	6.18	8.32	46.35	148.10	37.13	5.57	0.37	1.65
7	20	1021.73	234.47	240.57	781.16	6.10	7.81	45.75	193.85	39.06	5.86	0.39	2.04
8	20	1009.82	238.67	245.42	764.40	6.75	8.83	50.63	244.48	38.22	5.73	0.38	2.42
9	20	975.17	236.40	242.90	732.27	6.50	8.88	48.75	293.23	36.61	5.49	0.37	2.79
10	20	1009.53	236.29	243.13	766.40	6.84	8.92	51.30	344.53	38.32	5.75	0.38	3.17
11	20	1063.75	232.75	240.08	823.67	7.33	8.90	54.98	399.50	41.18	6.18	0.41	3.58
12	20	1207.65	237.97	245.62	962.03	7.65	7.95	57.38	456.88	48.10	7.22	0.48	4.06
13	20	1047.38	237.30	244.94	802.44	7.64	9.52	57.30	514.18	40.12	6.02	0.40	4.46
14	20	1024.98	234.17	241.88	783.10	7.71	9.85	57.83	572.00	39.16	5.87	0.39	4.86
15	20	1118.34	239.73	248.19	870.15	8.46	9.72	63.45	635.45	43.51	6.53	0.44	5.29
16	20	1166.83	236.96	245.61	921.22	8.65	9.39	64.88	700.33	46.06	6.91	0.46	5.75
17	20	1158.19	237.32	246.34	911.85	9.02	9.89	67.65	767.98	45.59	6.84	0.46	6.21
18	20	1200.73	236.87	247.22	953.51	10.35	10.85	77.63	845.60	47.68	7.15	0.48	6.68
19	20	1212.71	234.04	243.54	969.17	9.50	9.80	71.25	916.85	48.46	7.27	0.48	7.17
20	20	1233.59	238.91	250.34	983.25	11.43	11.62	85.73	1002.58	49.16	7.37	0.49	7.66
21	20	1203.98	235.17	246.17	957.81	11.00	11.48	82.50	1085.08	47.89	7.18	0.48	8.14
22	20	1181.94	237.04	246.52	935.42	9.48	10.13	71.10	1156.18	46.77	7.02	0.47	8.61
23	20	1166.06	235.88	246.20	919.86	10.32	11.22	77.40	1233.58	45.99	6.90	0.46	9.07
24	20	1136.19	234.90	246.31	889.88	11.41	12.82	85.58	1319.15	44.49	6.67	0.44	9.51
25	20	1204.01	238.76	249.60	954.41	10.84	11.36	81.30	1400.45	47.72	7.16	0.48	9.99
26	20	1077.07	237.69	245.25	831.82	7.56	9.09	11.34	1411.79	41.59	6.24	0.42	10.41
27	10	589.53	238.30	241.09	348.44	2.79	8.01	8.37	1420.16	34.84	5.23	0.35	10.75
28	10	528.78	238.98	241.28	287.50	2.30	8.00	4.60	1424.76	28.75	4.31	0.29	11.04
29	10	473.20	236.31	238.12	235.08	1.81	7.70	3.62	1428.38	23.51	3.53	0.24	11.28
30	120	505.43	235.52	236.68	268.75	1.16	4.32	1.16	1429.54	2.24	0.34	0.02	11.30

*the density of water = 1 g/cm3

ตารางผนวกที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ การสูญเสียหน้าดินจากน้ำฝนและการไหลบ่าของน้ำหน้าผิวดิน กรณีปลูกหญ้าแฝก 2 แนวบน Slope 40% (ต่อ)

ตารางที่ 2

Slope 40 %
Intensity 45 mm/hr
Duration 60 min
Area 15 [m^2]

bottle no.	time [s]	bottle + soil +water [g]	bottle [g]	bottle + soil dry [g]	water [cm3]	concentration soil [g]	concentration [g/L]	soil loss [g]	Sum soil loss [g]	Runoff, Q [cm3/s]	Runoff, Q in 2.5 min [L]	Runoff, Q [mm] [mm/min]	sum
1	60	478.51	236.53	236.89	241.62	0.36	1.49	0.90	0.90	4.03	0.60	0.04	0.04
2	60	1045.19	238.48	241.54	803.65	3.06	3.81	7.65	8.55	13.39	2.01	0.13	0.17
3	60	1537.97	235.98	242.89	1295.08	6.91	5.34	17.28	25.83	21.58	3.24	0.22	0.39
4	45	1743.70	237.09	244.69	1499.01	7.60	5.07	25.33	51.16	33.31	5.00	0.33	0.72
5	45	1737.97	239.69	248.26	1489.71	8.57	5.75	28.57	79.72	33.10	4.97	0.33	1.05
6	45	1986.40	237.24	246.93	1739.47	9.69	5.57	32.30	112.03	38.65	5.80	0.39	1.44
7	45	1400.97	234.47	241.33	1159.64	6.86	5.92	22.87	134.89	25.77	3.87	0.26	1.70
8	30	1571.54	238.67	246.47	1325.07	7.80	5.89	39.00	173.89	44.17	6.63	0.44	2.14
9	30	1666.57	236.40	245.12	1421.45	8.72	6.13	43.60	217.49	47.38	7.11	0.47	2.61
10	30	1641.01	236.29	244.61	1396.40	8.32	5.96	41.60	259.09	46.55	6.98	0.47	3.08
11	30	1895.20	232.75	242.94	1652.26	10.19	6.17	50.95	310.04	55.08	8.26	0.55	3.63
12	30	1797.35	237.97	247.29	1550.06	9.32	6.01	46.60	356.64	51.67	7.75	0.52	4.15
13	30	1958.76	237.30	249.24	1709.52	11.94	6.98	59.70	416.34	56.98	8.55	0.57	4.72
14	30	2004.34	234.17	246.73	1757.61	12.56	7.15	62.80	479.14	58.59	8.79	0.59	5.30
15	30	1867.59	239.73	251.57	1616.02	11.84	7.33	59.20	538.34	53.87	8.08	0.54	5.84
16	30	1809.88	236.96	249.87	1560.01	12.91	8.28	64.55	602.89	52.00	7.80	0.52	6.36
17	30	1831.50	237.32	250.74	1580.76	13.42	8.49	67.10	669.99	52.69	7.90	0.53	6.89
18	30	2101.45	236.87	252.44	1849.01	15.57	8.42	77.85	747.84	61.63	9.25	0.62	7.50
19	30	1841.74	234.04	245.80	1595.94	11.76	7.37	58.80	806.64	53.20	7.98	0.53	8.04
20	30	2089.76	238.91	253.67	1836.09	14.76	8.04	73.80	880.44	61.20	9.18	0.61	8.65
21	30	2149.22	235.17	250.38	1898.84	15.21	8.01	76.05	956.49	63.29	9.49	0.63	9.28
22	30	2060.32	237.04	250.15	1810.17	13.11	7.24	65.55	1022.04	60.34	9.05	0.60	9.88
23	30	2125.62	235.88	249.02	1876.60	13.14	7.00	65.70	1087.74	62.55	9.38	0.63	10.51
24	30	2133.77	234.90	247.69	1886.08	12.79	6.78	63.95	1151.69	62.87	9.43	0.63	11.14
25	30	2159.40	238.76	251.72	1907.68	12.96	6.79	64.80	1216.49	63.59	9.54	0.64	11.77
26	30	1655.30	237.69	245.73	1409.57	8.04	5.70	32.16	1248.65	46.99	7.05	0.47	12.24
27	30	929.43	238.30	241.32	688.11	3.02	4.39	6.04	1254.69	22.94	3.44	0.23	12.47
28	30	662.07	238.98	240.68	421.39	1.70	4.03	1.70	1256.39	14.05	2.11	0.14	12.61
29	30	530.54	236.31	237.33	293.21	1.02	3.48	1.02	1257.41	9.77	1.47	0.10	12.71
30	120	914.24	235.52	237.47	676.77	1.95	2.88	1.95	1259.36	5.64	0.85	0.06	12.77

*the density of water = 1 g/cm3

ตารางผนวกที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ การสูญเสียหน้าดินจากน้ำฝนและการไหลบ่าของน้ำหน้าผิวดิน กรณีปลูกหญ้าแฝก 2 แนวบน Slope 40% (ต่อ)

ตารางที่ 3

Slope 40 %
Intensity 45 mm/hr
Duration 60 min
Area 15 [m^2]

bottle no.	time [s]	bottle + soil +water [g]	bottle [g]	bottle + soil dry [g]	water [cm3]	concentration soil [g]	concentration [g/L]	soil loss [g]	Sum soil loss [g]	Runoff, Q [cm3/s]	Runoff, Q in 2.5 min [L]	Runoff, Q [mm] [mm/min]	sum
1	120	869.13	266.35	266.86	602.27	0.51	0.85	0.64	0.64	5.02	0.75	0.05	0.05
2	120	1201.72	264.02	265.73	935.99	1.71	1.83	2.14	2.78	7.80	1.17	0.08	0.13
3	90	1655.84	260.82	263.38	1392.46	2.56	1.84	4.27	7.04	15.47	2.32	0.15	0.28
4	90	1860.15	264.42	267.38	1592.77	2.96	1.86	4.93	11.98	17.70	2.65	0.18	0.46
5	60	1576.27	263.91	267.89	1308.38	3.98	3.04	9.95	21.92	21.81	3.27	0.22	0.68
6	60	1649.57	266.83	271.41	1378.16	4.58	3.32	11.45	33.38	22.97	3.45	0.23	0.91
7	60	1884.57	261.15	268.70	1615.87	7.55	4.67	18.88	52.25	26.93	4.04	0.27	1.18
8	60	1664.05	255.67	260.33	1403.72	4.66	3.32	11.65	63.90	23.40	3.51	0.23	1.41
9	60	1768.22	263.11	268.32	1499.90	5.21	3.47	13.02	76.93	25.00	3.75	0.25	1.66
10	60	1917.95	267.32	273.34	1644.61	6.02	3.66	15.05	91.97	27.41	4.11	0.27	1.93
11	45	1700.12	254.18	259.01	1441.11	4.83	3.35	16.10	108.08	32.02	4.80	0.32	2.26
12	45	1896.55	266.19	271.29	1625.26	5.10	3.14	17.00	125.08	36.12	5.42	0.36	2.62
13	30	1849.86	256.33	263.59	1586.27	7.26	4.58	36.30	161.38	52.88	7.93	0.53	3.15
14	30	1944.17	264.99	273.71	1670.46	8.72	5.22	43.60	204.98	55.68	8.35	0.56	3.70
15	30	2223.51	266.62	278.18	1945.33	11.56	5.94	57.80	262.78	64.84	9.73	0.65	4.35
16	30	2085.65	265.02	275.58	1810.07	10.56	5.83	52.80	315.58	60.34	9.05	0.60	4.95
17	30	2141.02	264.09	272.80	1868.22	8.71	4.66	43.55	359.13	62.27	9.34	0.62	5.58
18	30	2151.82	264.37	274.68	1877.14	10.31	5.49	51.55	410.68	62.57	9.39	0.63	6.20
19	30	2145.09	268.71	275.30	1869.79	6.59	3.52	32.95	443.63	62.33	9.35	0.62	6.83
20	30	2140.18	258.04	265.79	1874.39	7.75	4.13	38.75	482.38	62.48	9.37	0.62	7.45
21	30	2141.76	259.09	265.78	1875.98	6.69	3.57	33.45	515.83	62.53	9.38	0.63	8.08
22	30	2227.96	256.45	266.36	1961.60	9.91	5.05	49.55	565.38	65.39	9.81	0.65	8.73
23	30	2332.62	264.37	271.75	2060.87	7.38	3.58	36.90	602.28	68.70	10.30	0.69	9.42
24	30	2295.14	266.76	273.73	2021.41	6.97	3.45	34.85	637.13	67.38	10.11	0.67	10.09
25	30	2147.03	263.92	270.43	1876.60	6.51	3.47	32.55	669.68	62.55	9.38	0.63	10.72
26	30	2066.09	255.54	261.62	1804.47	6.08	3.37	24.32	694.00	60.15	9.02	0.60	11.32
27	30	1326.00	265.80	270.63	1055.37	4.83	4.58	9.66	703.66	35.18	5.28	0.35	11.67
28	30	1001.44	256.64	259.11	742.33	2.47	3.33	2.47	706.13	24.74	3.71	0.25	11.92
29	30	827.40	255.77	257.36	570.04	1.59	2.79	1.59	707.72	19.00	2.85	0.19	12.11
30	120	2099.53	256.18	260.70	1838.83	4.52	2.46	4.52	712.24	15.32	2.30	0.15	12.26

*the density of water = 1 g/cm3

ตารางผนวกที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ การสูญเสียหน้าดินจากน้ำฝนและการไหลบ่าของน้ำหน้าผิวดิน กรณีปลูกหญ้าแฝก 2 แนวบน Slope 40% (ต่อ)

ตารางที่ 4

Slope 40 %
Intensity 45 mm/hr
Duration 60 min
Area 15 [m^2]

bottle no.	time [s]	bottle + soil +water [g]	bottle [g]	bottle + soil dry [g]	water [cm3]	concentration soil [g]	concentration [g/L]	soil loss [g]	Sum soil loss [g]	Runoff, Q [cm3/s]	Runoff, Q in 2.5 min [L]	Runoff, Q [mm] [mm/min]	sum
1	60	1138.53	184.90	185.79	952.74	0.89	0.93	2.22	2.22	15.88	2.38	0.16	0.16
2	30	1097.30	187.04	188.96	908.34	1.92	2.11	9.60	11.83	30.28	4.54	0.30	0.46
3	30	1092.13	176.98	179.80	912.33	2.82	3.09	14.10	25.93	30.41	4.56	0.30	0.77
4	30	1164.83	178.04	181.27	983.56	3.23	3.28	16.15	42.08	32.79	4.92	0.33	1.09
5	30	1223.78	178.58	181.92	1041.86	3.34	3.21	16.70	58.78	34.73	5.21	0.35	1.44
6	30	1205.48	182.65	185.73	1019.75	3.08	3.02	15.40	74.18	33.99	5.10	0.34	1.78
7	30	1222.96	184.98	188.21	1034.75	3.23	3.12	16.15	90.33	34.49	5.17	0.34	2.13
8	30	1246.67	187.67	190.89	1055.78	3.22	3.05	16.10	106.43	35.19	5.28	0.35	2.48
9	30	1229.82	185.90	189.06	1040.76	3.16	3.04	15.80	122.23	34.69	5.20	0.35	2.82
10	30	1239.97	185.10	188.23	1051.74	3.13	2.98	15.65	137.88	35.06	5.26	0.35	3.18
11	30	1287.30	184.43	188.16	1099.14	3.73	3.39	18.65	156.53	36.64	5.50	0.37	3.54
12	30	1277.30	185.01	188.27	1089.03	3.26	2.99	16.30	172.83	36.30	5.45	0.36	3.90
13	30	1300.65	184.28	187.69	1112.96	3.41	3.06	17.05	189.88	37.10	5.56	0.37	4.28
14	30	1347.35	185.55	188.97	1158.38	3.42	2.95	17.10	206.98	38.61	5.79	0.39	4.66
15	30	1361.19	187.50	191.05	1170.14	3.55	3.03	17.75	224.73	39.00	5.85	0.39	5.05
16	30	1426.82	188.31	192.36	1234.46	4.05	3.28	20.25	244.98	41.15	6.17	0.41	5.46
17	30	1397.27	185.62	189.63	1207.64	4.01	3.32	20.05	265.03	40.25	6.04	0.40	5.87
18	30	1418.93	186.02	189.79	1229.14	3.77	3.07	18.85	283.88	40.97	6.15	0.41	6.28
19	30	1427.47	180.55	184.46	1243.01	3.91	3.15	19.55	303.43	41.43	6.22	0.41	6.69
20	30	1443.49	178.31	182.09	1261.40	3.78	3.00	18.90	322.33	42.05	6.31	0.42	7.11
21	30	1402.96	186.94	190.59	1212.37	3.65	3.01	18.25	340.58	40.41	6.06	0.40	7.51
22	30	1423.81	186.43	190.15	1233.66	3.72	3.02	18.60	359.18	41.12	6.17	0.41	7.93
23	30	1407.20	184.19	188.70	1218.50	4.51	3.70	22.55	381.73	40.62	6.09	0.41	8.33
24	30	1461.70	186.60	190.84	1270.86	4.24	3.34	21.20	402.93	42.36	6.35	0.42	8.76
25	30	1524.45	183.88	187.09	1337.36	3.21	2.40	16.05	418.98	44.58	6.69	0.45	9.20
26	10	1099.27	186.22	189.32	909.95	3.10	3.41	37.20	456.18	91.00	13.65	0.91	10.11
27	10	1120.63	178.34	181.87	938.76	3.53	3.76	21.18	477.36	93.88	14.08	0.94	11.05
28	10	1103.54	179.03	182.29	921.25	3.26	3.54	9.78	487.14	92.13	13.82	0.92	11.97
29	10	1098.90	183.43	186.73	912.17	3.30	3.62	9.90	497.04	91.22	13.68	0.91	12.88
30	120	2187.95	186.52	189.00	1998.95	2.48	1.24	2.48	499.52	16.66	2.50	0.17	13.05

*the density of water = 1 g/cm3

ตารางผนวกที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ การสูญเสียหน้าดินจากน้ำฝนและการไหลบ่าของน้ำหน้าผิวดิน กรณีปลูกหญ้าแฝก 2 แนวบน Slope 40% (ต่อ)

ตารางที่ 5

Slope 40 %
Intensity 45 mm/hr
Duration 60 min
Area 15 [m^2]

bottle no.	time [s]	bottle + soil +water [g]	bottle [g]	bottle + soil dry [g]	water [cm3]	concentration soil [g]	concentration [g/L]	soil loss [g]	Sum soil loss [g]	Runoff, Q [cm3/s]	Runoff, Q in 2.5 min [L]	Runoff, Q [mm] [mm/min]	sum
1	30	342.13	184.90	185.00	157.13	0.10	0.64	0.50	0.50	5.24	0.79	0.05	0.05
2	30	694.48	187.04	188.22	506.26	1.18	2.33	5.90	6.40	16.88	2.53	0.17	0.22
3	15	644.26	176.98	178.20	466.06	1.22	2.62	12.20	18.60	31.07	4.66	0.31	0.53
4	10	801.38	178.04	180.37	621.01	2.33	3.75	34.95	53.55	62.10	9.32	0.62	1.15
5	10	711.60	178.58	180.38	531.22	1.80	3.39	27.00	80.55	53.12	7.97	0.53	1.68
6	10	763.17	182.65	185.51	577.66	2.86	4.95	42.90	123.45	57.77	8.66	0.58	2.26
7	10	796.28	184.98	187.83	608.45	2.85	4.68	42.75	166.20	60.85	9.13	0.61	2.87
8	10	822.98	187.67	190.52	632.46	2.85	4.51	42.75	208.95	63.25	9.49	0.63	3.50
9	10	811.96	185.90	189.89	622.07	3.99	5.41	59.85	268.80	62.21	9.33	0.62	4.12
10	10	784.96	185.10	189.10	595.86	4.00	4.52	60.00	328.80	59.59	8.94	0.60	4.72
11	10	829.29	184.43	188.79	640.50	4.36	3.81	65.40	394.20	64.05	9.61	0.64	5.36
12	10	816.43	185.01	187.37	629.06	2.36	3.75	35.40	429.60	62.91	9.44	0.63	5.99
13	10	795.75	184.28	186.96	608.79	2.68	4.40	40.20	469.80	60.88	9.13	0.61	6.60
14	10	831.47	185.55	187.85	643.62	2.30	3.57	34.50	504.30	64.36	9.65	0.64	7.24
15	10	828.32	187.50	190.31	638.01	2.81	4.40	42.15	546.45	63.80	9.57	0.64	7.88
16	10	848.71	188.31	190.56	658.15	2.25	3.42	33.75	580.20	65.82	9.87	0.66	8.54
17	10	849.91	185.62	188.57	661.34	2.95	4.46	44.25	624.45	66.13	9.92	0.66	9.20
18	10	883.87	186.02	188.44	695.43	2.42	3.48	36.30	660.75	69.54	10.43	0.70	9.90
19	10	886.24	180.55	183.36	702.88	2.81	4.00	42.15	702.90	70.29	10.54	0.70	10.60
20	10	873.62	178.31	180.46	693.16	2.15	3.10	32.25	735.15	69.32	10.40	0.69	11.29
21	10	935.51	186.94	189.20	746.31	2.26	3.03	33.90	769.05	74.63	11.19	0.75	12.04
22	10	913.53	186.43	188.61	724.92	2.18	3.01	32.70	801.75	72.49	10.87	0.72	12.76
23	10	861.98	184.19	185.95	676.03	1.76	2.60	26.40	828.15	67.60	10.14	0.68	13.44
24	10	904.01	186.60	189.22	714.79	2.62	3.67	39.30	867.45	71.48	10.72	0.71	14.15
25	10	881.47	183.88	186.26	695.21	2.38	3.42	35.70	903.15	69.52	10.43	0.70	14.85
26	30	977.29	186.22	187.99	789.30	1.77	2.24	7.08	910.23	26.31	3.95	0.26	15.11
27	10	308.42	178.34	179.52	128.90	1.18	3.16	7.08	917.31	12.89	1.93	0.13	15.24
28	10	299.72	179.03	180.96	118.76	1.93	2.88	5.79	923.10	11.88	1.78	0.12	15.36
29	10	274.26	183.43	184.32	89.94	0.89	2.61	2.67	925.77	8.99	1.35	0.09	15.45
30	120	897.76	186.52	186.78	710.98	0.26	2.56	0.26	926.03	5.92	0.89	0.06	15.51

*the density of water = 1 g/cm3

ภาคผนวก ค. ข้อมูลที่ใช้เทียบแบบจำลอง และมาตรฐานต่างๆ

หัวน้ำฝน Fulljet Spray Nozzles Wide Angle Spray Small Capacity

- Nozzle Inlet Com. NPT or BSPT ¼
- Capacity size 14w
- Orifice Diameter. Norm 3.6 mm.
- Max Free Passage Diameter. 1.6 mm.
- Capacity 5.6 liters/minute Spray Angle 114°
-

Spray Characteristics (Full Cone Spray Pattern)

ภาพผนวกที่ 2 แสดงลักษณะของการสเปรย์

ในการทดลองใช้ความดันที่ 0.8 bars ดังนั้น จากตารางที่ 1ค. จะได้

- Capacity ที่ได้อยู่ระหว่าง 0.39 – 4.7 ลิตร/วินาที
- ขนาดเม็ดฝนที่ได้อยู่ระหว่าง 0.409 – 1.124 มิลลิเมตร

ตารางผนวกที่ 9 แสดงขนาดเม็ดสเปรย์

Spray Pattern Type	0.7 bar		3 bar		7 bar	
	Capacity l/min	VMD MICRONS	Capacity l/min	VMD MICRONS	Capacity l/min	VMD MICRONS
Air Atomizing	0.02 0.08	20 100	0.03 30	0.03 30	 45	 400
Fine Spray	 0.83	 375	0.1 1.6	0.1 1.6	0.2 2.6	110 290
Hollow cone	0.19 0.45	360 3400	0.38 91	0.38 91	0.61 144	200 1260
Flat Fan	0.19 18.9	260 4300	0.38 38	0.38 38	0.61 60	190 1400
Full Cone	**38** **45**	**1140** **4300**	**0.72** **87**	**0.72** **87**	**1.1** **132**	**500** **1720**

ภาคผนวก ง. การใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝกเพื่ออนุรักษ์ดินและน้ำ

การใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝกเพื่ออนุรักษ์ดินและน้ำ

ปลูกเป็นแนวตามระดับขวาง ความลาดชัน

การปลูกแบบนี้จะได้ประโยชน์สูงสุด เมื่อหญ้าแฝกมีความเจริญแตกกอขึ้นเต็มตลอดแนวจนไม่มีช่องว่าง เพราะเมื่อน้ำไหลบ่า หรือมีการพัดพาดินไปกระทบแถวหญ้าแฝก แฝกจะทำหน้าที่ชะลอความเร็วของน้ำลงและดักเก็บตะกอนไว้ ส่วนน้ำจะไหลซึมลงสู่ดินชั้นล่างมากขึ้นเป็นการเพิ่มความชุ่มชื้นแก่ดิน ส่วนรากหญ้าแฝกนั้นอาจหยั่งลึกลงดินได้ถึง 3 เมตรซึ่งสามารถยึดดินป้องกันการชะล้างแบบเป็นหน้ากระดาน หรือเป็นร่องลึกและแบบอุโมงค์เล็กใต้ดินได้เป็นอย่างดี เมื่อแถวหญ้าแฝกทำหน้าที่ดักตะกอนดินเป็นระยะเวลานานขึ้น ก็จะเกิดการสะสมทับถมของตะกอนดินบริเวณหน้าแถวหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นทุกๆปีกลายเป็นคันดินธรรมชาติไปในที่สุด

ปลูกแก้ปัญหาพังทลายของดินที่เป็นร่องน้ำลึก

เทคนิคการปลูกหญ้าแฝกเพื่อแก้ปัญหาบริเวณร่องลึกโดยการปลูกแฝกในแนวขวาง 1 แถว เหนือบริเวณร่องลึกและใช้ถุงทรายหรือดินเรียงเป็นแนวเพื่อช่วยชะลอความเร็วของน้ำที่ไหลบ่าในระยะที่แฝกเริ่มตั้งตัว

ปลูกในที่ลาดชัน

มาตรการที่เหมาะสมโดยเฉพาะทางแถบภาคเหนือและภาคใต้ คือ การปลูกแฝกให้เป็นแนวรั้วบริเวณคันคูขอบเขา หรือริมขั้นบันไดดินด้านนอกโดยควรปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวตามแนวขวางความลาดเท ในต้นฤดูฝน โดยการไถพรวนดินนำร่องแล้วปลูกหญ้าแฝกลงในร่องไถ ระยะปลูกระหว่างต้นต่อหลุม 3-5 เหง้าต่อหลุม ระยะห่างระหว่างแถวแฝกจะไม่เกิน 2 เมตรตามแนวตั้ง หญ้าแฝกจะเจริญเติบโตแตกกอชิดกันภายใน 4-6 เดือน ในพื้นที่แห้งแล้งควรตัดแฝกให้สูงประมาณ 30-50 ซม. เพื่อเร่งให้มีการแตกกอควรตัด 1- 2 เดือนต่อครั้งทั้งนี้การตัดหญ้าแฝกต้องกระทำในทุกพื้นที่และใช้ใบคลุมดินด้วย

ปลูกป้องกันตะกอน ทับถมคลองส่งน้ำ ระบายน้ำ อ่างเก็บน้ำในไร่นา ปลูกรอบสระ กรองตะกอนดิน

โดยปลูกแฝกเป็นแถวบริเวณ สองข้างทางคลองส่งน้ำช่วยกันตะกอนดินที่ไหลลงมา ซึ่งการปลูกรอบขอบสระเพื่อกรองตะกอนดินนั้น ใช้วิธีการปลูกตามแนวระดับน้ำสูงสุดท่วมถึง 1 แนว และควรปลูกเพิ่มขึ้นอีก 1-2 แนวเหนือแนวแรกขึ้นกับความลึกของขอบสระ เมื่อน้ำไหลบ่าลงมา

ข้อควรปฏิบัติและการดูแลรักษา

1. ควรตัดใบหญ้าแฝกให้สั้น สูงจากพื้น 50- 75 เซนติเมตร เพื่อกำจัดหน่อแก่และเร่งการแตกหน่อ
2. ควรใส่ปุ๋ยหมักในช่วงปลูก และกำจัดวัชพืชช่วงฤดูฝนตามความเหมาะสม
3. ควรปลูกซ่อมและแยกหน่อแก่ออก

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน 2546 การปลูกหญาแฝกในพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ เอกสารคำแนะนำ กลุ่มวิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์หญ้าแฝกในการจัดการดิน สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน