บทที่ 2
งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การพังทลายของดิน เกิดจากกรณีผิวหน้าดินถูกกัดเซาะจากฝนที่ตกลงมาและน้ำที่ไหลบ่าหน้าดินเป็นจำนวนมาก ทำให้หน้าดินสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ไป จึงได้มีแนวความคิดโดยการนำหญ้าแฝกมาปลูกในบริเวณดินที่เกิดปัญหาของการพังทลาย เพื่อการช่วยป้องกันการชะล้างพังทลายของหน้าดินและอนุรักษ์ความชุ่มชื้นใต้ดินด้วยเหตุผล ดังกล่าวนี้จึงได้เกิดแนวทางในการศึกษาหญ้าแฝกในเชิงวิศวกรรม

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 งานวิจัยเกี่ยวกับเครื่องจำลองน้ำฝน

Loch. R.J. **[1]** สร้างชุดจำลองน้ำฝนขึ้นมาเพื่อทำการทดสอบหาค่าการซึมผ่านของดินและการกัดเซาะของผิวดินโดยการพัฒนาแบบจำลองน้ำฝน ที่มีการเพิ่มเทคโนโลยีในระดับที่มีความสูงมากขึ้นและต้องใช้ความรู้ในเรื่องของปริมาณน้ำฝนและการทำงานบนพื้นดินที่มีการปนเปื้อนของสารต่างๆ โดยโครงสร้างมีความยาว 5 เมตรและกว้าง 1.5 เมตร โดยการทดสอบใช้เวลา 20 นาที ปริมาณน้ำฝนที่ได้ 145 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง พลังงานที่เกิดขึ้น 29 จูลต่อตารางเมตรต่อมิลลิเมตร ซึ่งผลที่ได้มีลักษณะคล้ายกับฝนที่ตกตามธรรมชาติที่มีความเข้มที่มากกว่า 40 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง มีสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของการกระจายตัว 8 ถึง 9 เปอร์เซ็นต์

สันติ และคณะ [2] สร้างชุดจำลองน้ำฝนเพื่อผลิตน้ำฝนเทียม โดยทำการคัดเลือกหัวจ่ายน้ำที่มีจำหน่ายทั่วไปในประเทศไทย นำมาเป็นหัวจ่ายน้ำเพื่อสร้างฝนเทียม ที่สามารถเลียนแบบฝนตามธรรมชาติให้ได้มากที่สุด จากการค้นคว้าและทดลองจึงได้นำหัวจ่ายน้ำยี่ห้อ KE-SORN No.4 มาดัดแปลงหัวจ่ายน้ำให้เหลือรูน้ำออก 2 รู พบว่าที่ประสิทธิภาพการกระจ่ายตัวของฝนอยู่ระหว่าง 71 ถึง 92 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเข้มฝนตั้งแต่ 65 ถึง 125 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ณ ความดันที่หัวจ่ายน้ำเท่ากับ 0.3 ถึง 1.0 บาร์ สำหรับหัวจ่ายน้ำแบบ 3 รู พบว่าที่ประสิทธิภาพการกระจ่ายตัวของฝนอยู่ระหว่าง 82 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเข้มฝนตั้งแต่ 126 ถึง 285 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ที่ความดัน ณ หัวจ่าย 0.4 ถึง 1.0 บาร์ จากการทดลองพบว่า ค่าความเข้มฝนแปรผันตามความดัน ณ หัวจ่ายน้ำ ในขณะที่ขนาดของเม็ดฝนมีค่าตั้งแต่ 0.25 ถึง 4.25 มิลลิเมตร และมีค่าแปรผกผันกับแรงดันที่หัวจ่าย เมื่อแรงดันมีค่าเพิ่มขึ้น ขนาดเม็ดฝนจะมีค่าลดลงเล็กน้อย โดยมีค่ากลางเท่ากับ 2.60 มิลลิเมตร ที่แรงดัน 0.4 บาร์ 2.39 มิลลิเมตร ที่แรงดัน 0.6 บาร์และ 2.05 มิลลิเมตร ที่แรงดัน 1.0 บาร์

2.1.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการกัดเซาะ

Gabriels [3] ได้ทำการทดสอบอิทธิพลของความยาวของพื้นที่ลาดเอียง และการกระจายตัวของเม็ดดินที่มีผลต่อการพัดพาของดินตะกอนทราย โดยใช้เครื่องจำลองน้ำฝนในการ

ทดลอง ความยาวของพื้นที่ลาดเอียงในการศึกษามีค่าในช่วง 0.3 ถึง 0.9 เมตร ความเข้มฝนที่ใช้ในการทดลอง 22.0 ถึง 78.5 เมตรต่อลิตร ระยะเวลาการทดสอบ 90 นาที จากการทดลองพบว่าความยาวของพื้นที่ลาดเอียงและการกระจายตัวของเม็ดดิน มีผลกระทบโดยตรงต่อการกัดเซาะและพัดพาดินไปตกตะกอน โดยความยาวของพื้นที่ลาดเอียงจะมีผลกระทบมากที่สุดเมื่อขนาดเม็ดดินมีขนาดเล็กกว่า 0.05 มิลลิเมตร

Zhou and Shangguan**[4]** ได้ศึกษาอิทธิพลของรากพืชและปริมาณของพืชที่ปลูกคลุมดิน ซึ่งมีผลกระทบต่อการไหลบ่าของน้ำโคลนและการกัดเซาะหน้าดิน โดยใช้เครื่องจำลองน้ำฝนในการทดลอง ขนาดถาดตัวอย่างดินที่ใช้ในการทดลอง กว้าง 0.28 เมตร ยาว 2 เมตร และลึก 0.35 เมตร ความเข้มฝนที่ใช้ทดลอง 1.5mm/min ระยะเวลาในการทดลอง 1 ชั่วโมง จากผลการทดสองสรุปได้ว่า อัตราการไหลบ่าของน้ำโคลนของถาดตัวอย่างดินที่ปลูกหญ้าเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์มีค่าลดลง 25% และ ตัวอย่างดินที่ปลูกหญ้าเป็นระยะเวลา 27 สัปดาห์มีค่าลดลง 70% การกัดเซาะหน้าดินมีค่าลดลงมากที่สุดเท่ากับ 95% ในถาดตัวอย่างที่มีการปลูกหญ้าเป็นระยะเวลา 27 สัปดาห์

ดิถี [5] ได้ทำการศึกษาการป้องกันการกัดเซาะที่ผิวดินโดยปลูกหญ้าแฝก พบว่าระบบรากของหญ้าแฝกสามารถลดปริมาณน้ำในโพรงดินและทำให้เกิดสภาวะแรงดูด ในสภาพไม่อิ่มตัวด้วยน้ำจะส่งผลดีต่อเสถียรภาพของลาดดิน และได้อ้างถึงงานวิจัยของ Kon และ Lim ได้ทดลองทำการเปรียบเทียบหน้าดินที่ปลูกหญ้าแฝกกับหน้าดินที่ไม่มีอะไรปกคลุม พบว่าหญ้าแฝกสามารถลดการไหลบ่าของน้ำและดินที่ถูกชะล้างออกไปได้ถึง 73 และ 95% ตามลำดับ

Martinez et al. [6] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการไหลบ่าของน้ำในดินและการชะล้างของดินในบริเวณพื้นที่ภูเขา ที่มีความลาดชันสูงโดยใช้เครื่องจำลองน้ำฝนในการทดสอบ โดยทำการเปรียบเทียบการไหลบ่าของน้ำผิวดินและการชะล้างของดินบริเวณที่ไม่มีพืชปกคลุมดินและบริเวณที่มีพืชปกคลุมดิน โดยใช้ความเข้มฝน 90 มิลลิเมตรต่อชั่วโมงในการทดสอบ พบว่าในบริเวณพื้นที่ที่มีพืชปกคลุมดิน มีค่าการไหลบ่าของน้ำผิวดินและการชะล้างของดินน้อยกว่าบริเวณที่ไม่มีพืชปกคลุมดิน

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับชุดจำลองน้ำฝน

ชุดจำลองน้ำฝนนั้นมีอยู่หลายชนิดสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือประเภทที่ใช้แรงดันและประเภทที่ไม่ใช้แรงดันขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และงบประมาณของงานวิจัย(Mayer **[7]**)

1) ชุดจำลองฝนประเภทที่ใช้แรงดัน (Pressurized Water Rainfall Simulation) ใช้เครื่องสูบน้ำเพื่อสร้างแรงดันจากนั้นจึงจ่ายน้ำไปยังหัวจ่ายน้ำ ใช้ประตูน้ำและอุปกรณ์วัดแรงดันน้ำเป็นตัวควบคุมแรงดันและปริมาณน้ำที่ออกจากหัวจ่ายน้ำตามต้องการ หัวจ่ายน้ำ

แต่ละชนิดและยี่ห้อจะใช้แรงดันแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของหัวจ่ายหรือเป็นไปตามบริษัทผู้ออกแบบ

2) ชุดจำลองฝนประเภทที่ไม่ใช้แรงดัน (Non-Pressurized Water Rainfall Simulation) เป็นการอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก โดยการยกถังบรรจุน้ำขนาดใหญ่ขึ้นระดับที่สูงเพื่อปล่อยน้ำให้ตกลงมาและต้องมีความสูงมากพอเพื่อให้ได้ความเร็วสุดท้ายใกล้เคียงกับฝนที่ตกตามธรรมชาติอย่างน้อยต้องติดตั้งถังสูง 7.10 เมตร (Bryan & De Ploey **[8]**) จากการเปรียบเทียบชุดจำลองฝนทั้งสองประเภทนั้นจะเห็นได้ว่าประเภทที่ไม่ใช้แรงดันจะมีความยุ่งยากมากกว่าประเภทที่ใช้แรงดัน เช่น ต้องใช้ถังบรรจุน้ำขนาดใหญ่และต้องติดตั้งในที่สูง ซึ่งทำงานได้ยาก ส่วนประเภทที่ใช้แรงดันสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก ควบคุมปริมาณน้ำ ความเข้มฝน แรงดันน้ำที่ออกจากหัวจ่ายได้ รวมถึงสามารถสร้างภายใต้วงเงินที่จำกัดได้ ดังนั้นจึงเลือกชุดจำลองน้ำฝนที่ใช้แรงดัน

การสร้างชุดจำลองน้ำฝนเพื่อเลียนแบบลักษณะการตกของฝนตามธรรมชาติ ตัวแปรที่เกี่ยวข้องและสำคัญในการสร้างชุดจำลองน้ำฝนตามรายละเอียดดังนี้

1) การวัดปริมาณฝน

การวัดปริมาณฝนด้วยเครื่องวัดแบบไม่บันทึกข้อมูลต่อเนื่อง (non-recording rain gauge) มีลักษณะเป็นกระบอกตวงดังรูปที่ 2.1 ใช้วัดปริมาณฝนที่ตกลงมาในแต่ละครั้งเท่านั้น ไม่สามารถวัดข้อมูลปริมาณฝนอย่างต่อเนื่องได้ ซึ่งหน่วยงานทางภูมิอากาศของสหรัฐอเมริกา (U.S. National Weather Service) ได้กำหนดแบบมาตรฐานของเครื่องวัดน้ำฝนไว้ว่าจะต้องผลิตด้วยโลหะที่ไม่เป็นสนิม เช่นเหล็กเคลือบหรือทองแดงที่ไม่เป็นสนิมหรือสังกะสีอย่างหนาเป็นต้น

รูปที่ 2.1 เครื่องวัดน้ำฝนแบบมาตรฐานของ U.S. National Weather Service [9]

ส่วนประกอบของเครื่องวัดน้ำฝนและวิธีการใช้งาน

- ไม้วัดความลึกน้ำฝน
- กรวยรับน้ำฝนมีเส้นผ่านศูนย์กลางที่หากกรวย 20.32 เซนติเมตร คิดเป็นพื้นที่รับน้ำฝน (A_r) มีค่าเท่ากับ 324.29 ตารางเซนติเมตร
- กระบอกวัดน้ำฝนมีหน้าที่รองรับน้ำฝนที่ไหลผ่านลงมาจากกรวยรับน้ำฝนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 เซนติเมตร คิดเป็นพื้นที่ผิวน้ำในกระบอกวัดน้ำฝน (A_t) มีค่าเท่ากับ 5.08 ตารางเซนติเมตร

จะเห็นได้ว่าพื้นที่ผิวน้ำในกระบอกวัดน้ำฝนมีค่าเท่ากับ 1/64 เท่าของพื้นที่รับน้ำฝนของปากกรวยรับน้ำฝนนั้นคือถ้าหากมีฝนตกลงมาแล้ววัดระดับน้ำฝนโดยใช้ไม้วัดความลึกในกระบอกวัดน้ำฝนได้ 64 มิลลิเมตร จะสามารถหาปริมาณฝนที่ตกลงมาจริง โดยการเทียบกับปริมาณฝนบริเวณพื้นที่รับน้ำฝน ซึ่งคิดเป็นปริมาณฝนตกจริง 1 มิลลิเมตร

2) ปริมาณความเข้ม

ปริมาณความเข้มฝนที่ได้จำลองน้ำฝนที่เป็นความเข้มที่มีความต่อเนื่องดังรูปที่ 2.2 เมื่อเวลาผ่านมากขึ้นความเข้มฝนที่ได้จะคงที่และสม่ำเสมอ แต่ในความเป็นจริงฝนที่ตกตามธรรมชาติความเข้มฝนที่ได้จะลดลงเรื่อยๆ ตามระยะเวลาที่มากขึ้น

การหาค่าปริมารความเข้มฝนเป็นการหาความสูงของน้ำฝนที่ตกลงมาในพื้นที่นั้นๆ ต่อหนึ่งหน่วยเวลาหรือปริมาณน้ำฝนที่ตกในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อชั่วโมงหรือเป็นนิ้วต่อชั่วโมง สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (2.1)

$$I = \frac{V}{A} \times 60 \qquad (2.1)$$

เมื่อ I = ความเข้มฝน (มิลลิเมตรต่อชั่วโมง)

V = ปริมาณน้ำฝน (ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที)

A = พื้นที่รับน้ำใช้กรวยมาตรฐานเส้นผ่านศูนย์กลาง 20.32 ตารางเซนติเมตร

บางครั้งในการหาความเข็มฝนจะใช้เครื่องวัดความเข้มฝนที่ได้มาตรฐาน ซึ่งมีอยู่หลายชนิดหลายยี่ห้อ ความเข้มของฝนจะบอกถึงประเภทของการตกว่า มีอัตราการตกหนักหรือน้อยมีการแบ่งประเภทการตกของฝนตามความเข้มฝนที่ได้ดัง ตารางที่ 2.1

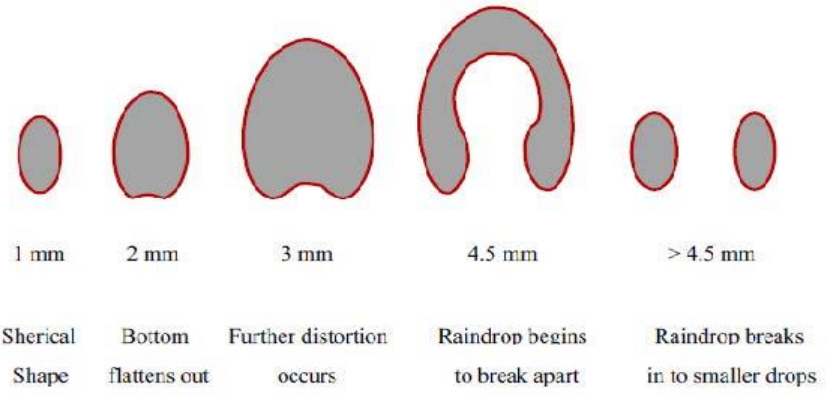
ตารางที่ 2.1 ประเภทการตกของฝน , สมเจตน์ จันทวัฒน์, [10]

ประเภทของฝน	ความเข้มฝน (มิลลิเมตรต่อชั่วโมง)
ไม่ตก	< 0.1
ตกน้อย	0.10 - 10.00
ตกปานกลาง	10.01 - 35.00
ตกหนัก	35.10 - 90.00
ตกหนักมาก	> 90.1

3) รูปร่างและขนาดเม็ดฝน

Hudson **[11]** ขนาดเม็ดฝนที่ตกตามธรรมชาติจะมีขนาดประมาณ 2 ถึง 3 มิลลิเมตร ขึ้นอยู่กับความเข้มฝน ซึ่งขนาดของฝนเม็ดเล็กจะมีลักษณะเกือบเป็นทรงกลม ส่วนเม็ดฝนที่ใหญ่ขึ้นก็จะมีรูปร่างที่คอนข้างแบนคล้ายขนมปังแฮมเบอเกอร์ ส่วนเม็ดที่ใหญ่มากๆ นั้นจะมีรูปร่างคล้ายร่มชูชีพแสดงในรูปที่ 2.3 โดยเฉลี่ยแล้วเม็ดฝนนั้นจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 ถึง 2 มิลลิเมตร เนื่องมาจากละอองน้ำในอากาศมีขนาดใหญ่หรือจากการรวมตัวกันของเม็ดฝนหลายเม็ดเนื่องมาจากความหนาแน่นฝนที่ตกลงมา

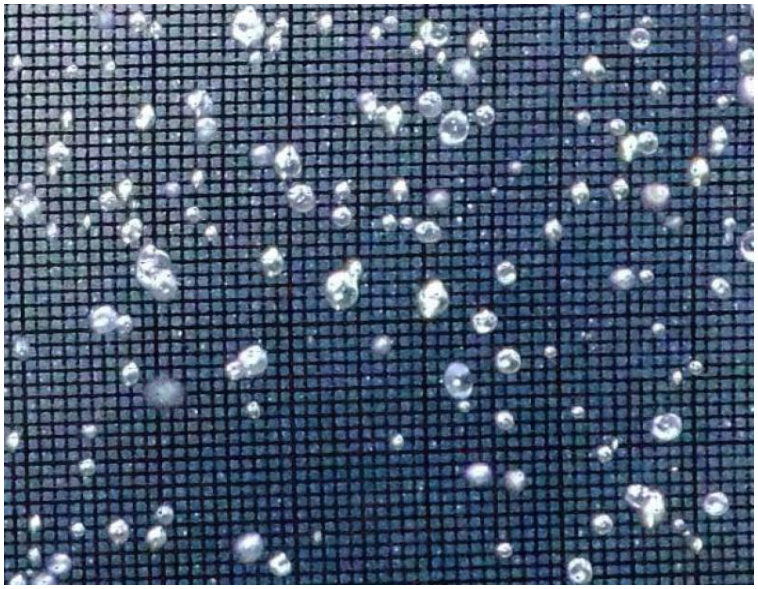
จากความสัมพันธ์รูปที่ 2.3 ขนาดเม็ดฝนที่มากกว่า 2 มิลลิเมตรนั้น ลักษณะรูปร่างจะเริ่มเปลี่ยนแปลง ขนาดเม็ดฝนที่ใหญ่ความเร็วก็จะเพิ่ม ความต้านทานกับอากาศก็จะมากขึ้นด้วย ทำให้ลักษณะเส้นกราฟมีลักษณะโค้ง เมื่อเกิดขึ้นตั้งแต่ 8 เมตรต่อวินาทีขึ้นไปจะไม่มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นกับขนาดอีกต่อไป ซึ่งเกิดจากความต้านทานของเม็ดฝนกับอากาศ เมื่อเม็ดฝนแตกตัวความเร็วจะค่อยๆลดลงและจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีขนาดเม็ดที่ใหญ่ขึ้น ความเร็วของฝนจะมีค่าน้อยกว่า 10 เมตรต่อวินาที (Laws, [12])



รูปที่ 2.2 ลักษณะรูปร่างเม็ดฝนแต่ละขนาด
(Envirocast™ Weather and Water saed Newsletter **[13]**)

สำหรับการหารูปร่างและขนาดเม็ดฝนมีเทคนิคและวิธีการหลายวิธี เช่น การใช้เลเซอร์ตรวจจับ แสดงในรูปที่ 2.3และการหาโดยการใช้เทคนิคการถ่ายภาพ แสดงในรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.3 การหาขนาดและความเร็วของเม็ดฝนโดยใช้เลเซอร์



รูปที่ 2.4 การหาขนาดและความเร็วของเม็ดฝนโดยการถ่ายภาพ
(สันติและคณะ **[2]**)

4) ความเร็วเม็ดฝน

เม็ดฝนที่ตกลงมาทุกเม็ดจะมีความเร็วเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงความเร็วสุดท้าย (Terminal velocitu, V_T) เมื่อแรงโน้มถ่วงของโลกและแรงต้านของอากาศที่กระทำกับเม็ดฝนมีค่าเท่ากัน เม็ดฝนจะมีความเร็วคงที่จนกระทั่งกระทบผิวดินความเร็ว ณ จุดที่กระทบผิวดินเรียกว่าความเร็วสุดท้ายของเม็ดฝน ซึ่งจะอยู่ในอัตราความเร็วมากน้อยเท่าใด ขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของเม็ดฝนขณะตกลงบนผิวดิน

Chow [14] ได้อาศัยสมดุลของแรงที่กระทำกับเม็ดฝนและนำเสนอสมการเพื่อคำนวณหาความเร็วสุดท้ายของเม็ดฝนดังสมการที่ (2.2)

$$V_t = \left[\frac{4gD}{3C_d} \left(\frac{\rho_w}{\rho_a} - 1 \right) \right]^{\frac{1}{2}} \qquad (2.2)$$

เมื่อ V_t = ความเร็วท้ายสุดของเม็ดฝน (เมตรต่อวินาที)

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (เมตรต่อวินาที^{2})

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดฝน (มิลลิเมตร)

C_d = สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (0.1 ถึง 0.9)

ρ_w = ความหนาแน่นของน้ำ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

ρ_a = ความหนาแน่นของอากาศ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

5) การกระจายตัวของเม็ดฝน

การจ่ายน้ำของหัวฉีดน้ำแต่ละจุดนั้นเราถือว่าทุกๆ จุดจะต้องเท่ากัน ดังนั้นในการจ่ายน้ำให้มีประสิทธิภาพ น้ำที่จ่ายออกมาต้องแผ่กระจายสม่ำเสมอและมีปริมาณเท่ากันทุกจุด โดยประเมินจากสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการจ่ายน้ำคำนวณได้ดังสมการที่ (2.3)

$$CU = 100 \times \left(1 - \frac{D}{P}\right) \qquad (2.3)$$

เมื่อ CU = ค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (%)

D = ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ย

$\overline{P}$ = ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝน

P_i = ปริมาณน้ำฝนที่วัดได้แต่ละจุดทดสอบ

n = จำนวนจุดทดสอบ

เกณฑ์การกระจายของฝนในธรรมชาติ

- ฝนตกบางพื้นที่หมายถึง มีฝนตกน้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่
- ฝนตกกระจายเป็นแห่งๆ หมายถึงมีฝนตกตั้งแต่ 20 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 40 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่
- ฝนตกกระจาย หมายถึงมีฝนตกตั้งแต่ 40 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 60 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่
- ฝนตกเกือบทั่วไปหมายถึงมีฝนตกตั้งแต่ 60 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 80 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่
- ฝนตกทั่วไป หมายถึง มีฝนตกตั้งแต่ 80% ของพื้นที่ ขึ้นไป

6) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

การวัดการกระจายโดยใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานนี้เป็นวิธีที่นิยมมากที่สุดตลอดจนมีบทบาทอย่างมากในการศึกษาพัฒนาสถิติเชิงอนุมานซึ่งจะมุ่งเน้นการศึกษาโดยอาศัยกลุ่มของข้อมูลเป็นตัวแทน

$$\text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตาฐาน } (S) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(P_i - \overline{P})^2}{N-1}} \qquad (2.4)$$

เมื่อ $\overline{P}$ = ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยบนพื้นที่

P_i = ปริมาณน้ำฝนที่วัดได้แต่ละจุดทดสอบ

N = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

7) การหาค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝน

เนื่องจากพื้นที่รับน้ำมีขนาดพื้นที่เท่ากันทุกจุดดังนั้นจึงไม่พิจารณาพื้นที่รับน้ำใช้วิธีการเฉลี่ยแบบเลขคณิต (Arithematic Mean) การหาค่าเฉลี่ยโดยวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิต คือการหาค่ากลางหรือตัวแทนของข้อมูลที่ได้มาจากผลหารระหว่างผลรวมข้อมูลทั้งหมดกับจำนวนข้อมูลทั้งหมด

$$\text{ค่าเฉลี่ย } (\text{Avg}) = \frac{\overline{P}_1 + \overline{P}_2 + \ldots + \overline{P}_N}{N} \qquad (2.5)$$

เมื่อ $\overline{P}$ = ปริมาณเฉลี่ยแต่ละจุด

N = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2.2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการกัดเซาะหน้าดิน

Agri-science Resources for High School Sciences ได้ให้นิยามการกัดเซาะของดินคือ การเสื่อมลงของดินเนื่องจากการเคลื่อนตัวทางกายภาพของเม็ดดิน แหล่งที่สามารถเกิดการ

กัดเซาะได้แก่ บริเวณธรรมชาติ บริเวณที่มีการทำการเกษตร บริเวณที่มีการสร้างที่พักอาศัยและบริเวณเส้นทางคมนาคม การกัดเซาะเหล่านี้ส่วนมากเป็นการกระทำจากมนุษย์ที่ทำให้เกิดการกัดเซาะขึ้น

1) สาเหตุของการกัดเซาะ

Gray and Sotri [15] ได้สรุปสิ่งที่ทำให้เกิดการกัดเซาะโดยมีสาเหตุมาจากน้ำ น้ำแข็ง ลมและแรงโน้มถ่วงของโลก แต่ละสาเหตุจะมีรูปแบบการเกิดการกัดเซาะที่แตกต่างกันสรุปดังตารางที่ 2.2

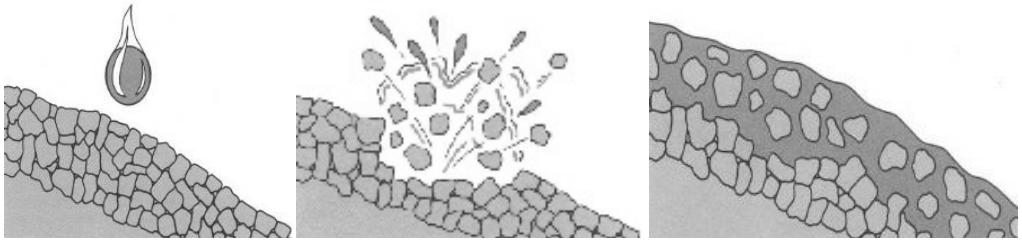
ตารางที่ 2.2 สาเหตุและประเภทของการเกิดการกัดเซาะ [15]

Agent	Type of Erosion
Water	Raindrop splash
	Sheet erosion
	Rilling
	Gullying
	Stream channel erosion
	Wave action
	Piping and sapping
Ice	Solifluction
	Glacial scour
	Ice Plucking
Wind	Wind erosion cannot be subclassified into “types”
Gravity	Creep
	Earth flow
	Avalanche
	Debris slide

2) ประเภทของการกัดเซาะ

Ministry of transportation and highways [16] เป็นหน่วยงานประเทศโคลัมเบียได้ทำการจำแนกรูปแบบของการเกิดการกัดเซาะพัดพาเม็ดดินโดยน้ำ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- Raindrop erosion เกิดจากน้ำฝนที่ตกลงมากระแทกก้อนดิน ทำให้ก้อนดินแตกกระจายเป็นก้อนเล็กๆ ซึ่งง่ายต่อการชะล้าง ความรุนแรงขึ้นกับขนาดของเม็ดฝนและความรุนแรงของฝนที่ตก เป็นการกัดกร่อนที่เกิดบนพื้นที่ที่ใช้ปลูกพืชทั่วไป

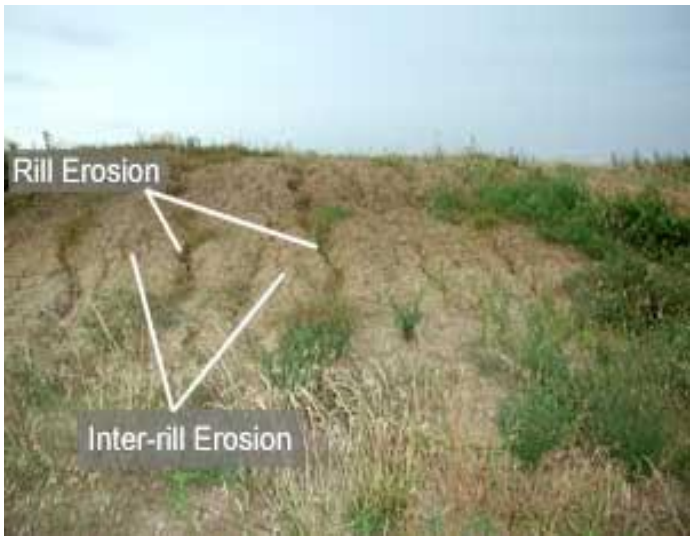


รูปที่ 2.5 การเกิดการกัดเซาะแบบ Raindrop erosion [16]

- Sheet erosion เกิดจากแรงปะทะของเม็ดฝนประกอบกับการไหลบ่าของน้ำบนพื้นดินในระดับตื้น ซึ่งมีความหนาประมาณ 0.1 ถึง 3.0 มิลลิเมตรและมีช่วงของการไหลกว้าง จึงเกิดการเคลื่อนที่เป็นแผ่นบางๆ สีของดินก็จะเปลี่ยนไปด้วย จะเกิดบริเวณพื้นที่ลาดเทต่ำและสังเกตยาก

รูปที่ 2.6 การเกิดการกัดเซาะแบบ Sheet erosion [16]

- Rill erosion เป็นกระบวนการต่อเนื่องจาก Sheet erosion เมื่อฝนตกเป็นเวลานาน ชั้นบางๆของผิวดินถูกชะล้างออกไปเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆจนเกิดเป็นร่องของการกัดเซาะขนาดเล็กที่มีความกว้างไม่เกิน 40 เซนติเมตร และลึกไม่เกิน 30 เซนติเมตร



รูปที่ 2.7 การเกิดการกัดเซาะแบบ Rill erosion [16]

- Gully erosion เป็นร่องน้ำที่พัฒนามาจาก Rill erosion เกิดบนพื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลางหรือลาดชันสูงๆ เกิดร่องน้ำขนาดกว้างและลึกกว่า Rill erosion จนถึงชั้นหินดินดาน

รูปที่ 2.8 การเกิดการกัดเซาะแบบ Gully erosion [16]

- Channel erosion เกิดการกัดเซาะบริเวณริมตลิ่งหรือที่ฐานของลาดดิน เนื่องจากความแรงของกระแสน้ำ ทำให้ดินบริเวณชายฝั่งหรือตลิ่งแตกกระจาย

รูปที่ 2.9 การเกิดการกัดเซาะแบบ Channel erosion [16]

3) ปัจจัยที่เป็นไปได้ในการเกิดการกัดเซาะ

- Rainfall and Runoff การไหลบ่าของน้ำผิวดินเป็นปัจจัยหลักในการเกิดการพัดพาเม็ดดิน ซึ่งน้ำผิวดินที่เกิดจากน้ำฝนนั้น จะมีปริมาณมากน้อยจะขึ้นอยู่กับความเข้ม ความถี่ และความยาวนานของฝนที่ตก ฝนที่ตกมีความเข็มมาก ย่อมมีพลังงานและการพัดพาเม็ดดินมากกว่าฝนที่ตกแบบมีความเข้มน้อย ซึ่งฝนที่ตกลงมาไม่ได้ก่อให้เกิดน้ำที่ผิวดินเพียงอย่างเดียว แต่ยังเป็นการเพิ่มความชื้นในดิน จนเป็นสาเหตุทำให้เสถียรภาพของลาดดินลดลง

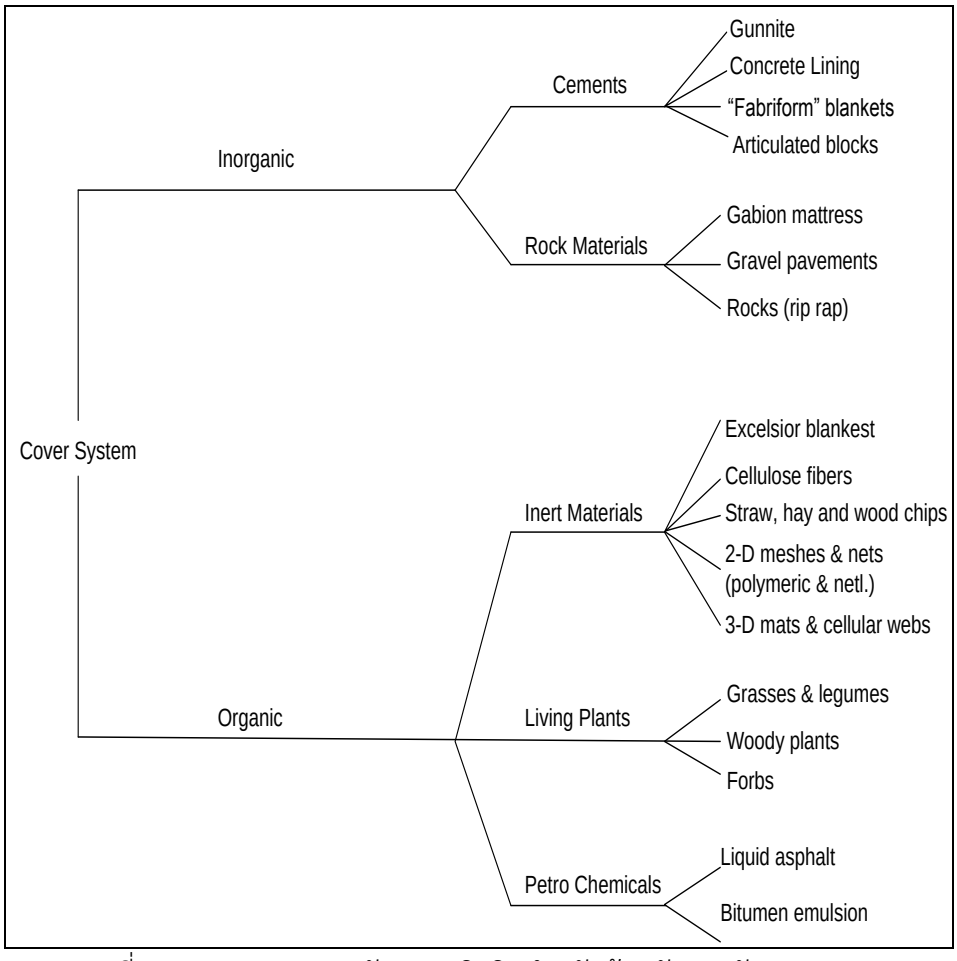
- Topography ความยาว ความชัน และพื้นผิวของลาดดิน มีอิทธิพลอย่างมากในการเกิดการกัดเซาะ ซึ่งยิ่งลาดดินที่มีความยาวและชันมากย่อมมีพลังงานและความเร็วในการไหลของน้ำมาก เป็นผลให้เกิดการกัดเซาะได้ง่าย สำหรับพื้นผิวที่มีความเรียบอาจมีการกัดเซาะมากกว่าพื้นผิวที่มีความขรุขระ เพราะพื้นผิวที่มีความขรุขระช่วยลดความเร็วในการไหลของน้ำได้มากกว่า

- Cohesionless soil ความเป็นไปได้ในการเกิดการกัดเซาะของดินเม็ดหยาบ หรือดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่น คือจะเกิดการกัดเซาะได้ เมื่อขนาดของเม็ดดินมีค่าลดลง ตะกอนทรายและทรายละเอียด จะมีความสามารถในการเกิดการกัดเซาะได้สูง ซึ่งจะถูกน้ำพัดพาได้ง่ายกว่าทรายหยาบและกรวด

- Cover condition การปลูกพืชคลุมผิวดินจะช่วยลดผลกระทบจากน้ำฝนที่ตกลงมา อีกทั้งยังช่วยลดความเร็วในการไหลของน้ำและเพิ่มการซึมของน้ำลงสู่ผิวดิน ทำให้การเกิดการกัดเซาะผิวดินมีค่าลดลง

4) แนวทางการป้องกันการกัดเซาะ

การป้องกันการกัดเซาะพัดพาเม็ดดินโดยน้ำ มีหลักการที่ว่าจะต้องลดแรงดึงที่เกิดจากการไหลของน้ำ โดยลดความเร็วในการไหลของน้ำที่ผิวดินและเพิ่มแรงต้านทานต่อการกัดเซาะ โดยป้องกันหรือเสริมแรงที่ผิวดินร่วมกับการหาวัสดุคลุมดินหรือเพิ่มแรงยึดระหว่างเม็ดดิน Gray and Sotir [15] ได้สรุปการใช้วัสดุคลุมผิวดินหรือเพิ่มแรงยึดระหว่างเม็ดดิน เพื่อป้องกันการกัดเซาะดังนี้เช่น การใช้ซีเมนต์หรือหินคลุมผิวดิน การใช้หญ้าแห้ง เศษไม้ เศษฟาง คลุมผิวดินและการปลูกพืชคลุมผิวดินเป็นต้น ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของการใช้วัสดุคลุมผิวดินสำหรับป้องกันการกัดเซาะที่แตกต่างกันได้ แสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ประเภทของวัสดุคลุมผิวดินสำหรับป้องกันการกัดเซาะ [15]

5) สมการการสูญเสียดิน

Wischmeier & Smith ได้ปรับปรุงสมการการสูญเสียดินให้เป็นสมการใหม่ ทำให้สามารถนำไปใช้ในที่ต่างๆ ทั่วไป ซึ่งลักษณะของสมการมีดังนี้

$$A = RKLSCP \tag{2.6}$$

เมื่อ A = ปริมาณการสูญเสียดิน มีหน่วยเป็น ตันต่อเอเคอร์ต่อปี
R = ปัจจัยเกี่ยวกับความสามารถในการทำให้เกิดการพังทลายของฝน
K = ปัจจัยเกี่ยวกับความยากง่ายในการเกิดการพังทลายของดิน
L = ปัจจัยเกี่ยวกับความหมายของความลาดเท
S = ปัจจัยเกี่ยวกับความชันของความลาดเท
C = ปัจจัยเกี่ยวกับการจัดการพืช
P = ปัจจัยเกี่ยวกับ การปฏิบัติการอนุรักษ์ดิน

2.2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับหญ้าแฝกและหญ้ารูซี่

1) หญ้าแฝก (Vetiver Grass)

หญ้าแฝกมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า “Vetiveria Zizanioides Nash” เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวตระกูลหญ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งพบกระจายอยู่ทั่วไปหลายพื้นที่ตามธรรมชาติ จากการสำรวจพบว่า มีกระจายอยู่ทั่วโลกประมาณ 12 ชนิด และสำรวจพบในประเทศไทย 2 ชนิด ได้แก่

- กลุ่มพันธุ์หญ้าแฝกลุ่ม ได้แก่ พันธุ์สุราษฎร์ธานี กำแพงเพชร2 ศรีลังกา สงขลา3 และพระราชทาน ฯลฯ
- กลุ่มพันธุ์หญ้าแฝกดอน ได้แก่ พันธุ์ราชบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ร้อยเอ็ด กำแพงเพชร1 นครสวรรค์ และเลย เป็นต้น

รูปที่ 2.11 ลักษณะหญ้าแฝก [17]

หญ้าแฝกจะช่วยในเรื่องของการอนุรักษ์ดินและน้ำ ลดการชะล้างพังทลายของหน้าดิน การช่วยเก็บกักตะกอนดินในพื้นที่ลาดชัน แต่จากผลของการศึกษาวิจัยพบว่า หญ้าแฝกยังมีลักษณะในด้านการฟื้นฟูทรัพยากรดินด้วย ซึ่งช่วยให้ดินมีศักยภาพในการให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ลักษณะพิเศษของหญ้าแฝกมีดังนี้

- มีการแตกหน่อรวมเป็นกอ เบียดกันแน่น ไม่แผ่ขยายด้านข้าง
- มีการแตกหน่อและใบใหม่ ไม่ต้องดูแลมาก
- หญ้าแฝกมีข้อที่ลำต้นถี่ ขยายพันธุ์โดยใช้หน่อได้ตลอดปี
- ส่วนใหญ่ไม่ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด ทำให้ควบคุมการแพร่ขยายได้
- มีใบยาว ตัดและแตกใหม่ง่าย แข็งแรงและทนต่อการย่อยสลาย
- ระบบรากยาว สานกันแน่น และช่วยอุ้มน้ำ
- บริเวณรากเป็นที่อาศัยของจุลินทรีย์
- ปรับตัวกับสภาพต่างๆได้ดี ทนทานต่อโรคพืชทั่วไป
- ส่วนที่เจริญต่ำกว่าผิวดิน ช่วยให้อยู่รอดได้ดีในสภาพต่าง ๆ

จากลักษณะพิเศษดังกล่าว การปลูกหญ้าแฝกในพื้นที่ดินเสื่อมโทรมหรือพื้นที่ดินมีปัญหา จึงมีส่วนช่วยฟื้นฟู และปรับปรุงดินให้มีสภาพดีขึ้น

รากหญ้าแฝกเป็นส่วนสำคัญและเป็นลักษณะพิเศษที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์เป็นหลัก ระบบรากของหญ้าแฝกจะแตกต่างจากรากหญ้าส่วนใหญ่ทั่วไป คือมีรากที่สานกันแน่นหยั่งลึกแนวดิ่งลงในดินไม่แผ่ขนาน มีรากแกน รากแขนง โดยเฉพาะมีรากฝอยมาก

รูปที่ 2.12 ลักษณะรากหญ้าแฝก [17]

2) หญ้ารูซี่ (Ruzi Grass)

หญ้ารูซี่ (Ruzi Grass) มีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ว่า Brachiaria ruziziensis มีลักษณะการเจริญเติบโตแบบกึ่งเลื่อยกึ่งตั้ง สูง 60-100 เซนติเมตร ลำต้นกลม แข็งเรียวเล็ก ไม่มีขนที่ลำต้นและแตกแขนงบริเวณโคนต้นใบสีเขียวอ่อนมีลักษณะคล้ายหอกอ่อนนุ่ม มีขนละเอียดคลุมทั้งด้านหน้าใบและหลังใบ ใบยาว 13-15 เซนติเมตร กว้าง0.8-2.5 เซนติเมตร ช่อดอกแบบ Raceme หญ้ารูซี่ เจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศในเขตร้อนที่ฝนตกมากกว่า 1,000มิลลิเมตร ต้องการดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ แต่ก็สามารถขึ้นได้ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ขึ้นได้ในที่ดอน ทนแล้ง ไม่ทนน้ำท่วมขัง ลักษณะเด่นของหญ้ารูซี่ คือ สามารถผลิตเม็ดได้มาก และเม็ดมีความงอกสูง ทำให้สะดวกต่อการขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด

รูปที่ 2.13 ลักษณะหญ้ารูซี่ [18]