

การประเมินประสิทธิภาพการรองรับน้ำของสวนเมืองภายใต้ชนิดพืช
และสภาพอากาศที่แตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล

EVALUATION OF WATER RETENTION EFFICIENCY IN URBAN GREEN SPACES
UNDER DIFFERENT PLANT TYPES AND SEASONAL VARIATIONS



ธิดารัตน์ ทองคำ
Thidarut Thongkham

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สิ่งแวดล้อม และการจัดการงานก่อสร้าง

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2568

KMITL-2025-EN-M-097-047

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EVALUATION OF WATER RETENTION EFFICIENCY IN URBAN GREEN SPACES UNDER
DIFFERENT PLANT TYPES AND SEASONAL VARIATIONS

Thidarut Thongkham



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN CIVIL ENGINEERING ENVIRONMENTAL ENGINEERING
AND CONSTRUCTION MANAGEMENT SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2025

KMITL-2025-EN-M-097-047

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2025

SCHOOL OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ	การประเมินประสิทธิภาพการรองรับน้ำของส่วนเมืองภายใต้ ชนิดพืชและสภาพอากาศที่แตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล
นักศึกษา	นางสาวธิดารัตน์ ทองคำ
รหัสประจำตัว	66016055
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา สิ่งแวดล้อม และการจัดการงานก่อสร้าง
พ.ศ.	2568
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ	รศ.ดร.วิรุฬห์ คำชุม

บทคัดย่อภาษาไทย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพการรองรับน้ำของดินในพื้นที่เมืองภายใต้การปกคลุมของพืชชนิดต่าง ๆ และภายใต้สภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์เส้นโค้งการกักเก็บน้ำในดิน (Soil Water Retention Curve: SWRC) ควบคู่กับพฤติกรรมของแรงดึงน้ำในดิน (suction) และค่าความชื้นในดิน (Volumetric Water Content: VWC) ผ่านการเปรียบเทียบระหว่างแปลงปลูกพืชเดี่ยว (monoculture) และแปลงพืชผสม (mixed vegetation) ซึ่งมีลักษณะระบบรากและการปกคลุมพื้นที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ (1) พฤติกรรม SWRC ในระยะยาวพบว่าแปลงที่มีพืชหลิวใต้หวั่น (F) เป็นองค์ประกอบ ไม่ว่าจะอยู่ในรูปแบบเดี่ยวหรือผสม เช่น FP และ SFP มีค่า AEV ที่ต่ำ และความชันของ SWRC ที่สูงกว่าแปลงอื่น ๆ และสามารถระบายน้ำได้ดีจากการกระจายตัวของรากที่แน่นหนา (2) ผลกระทบของลักษณะพืช โดยเฉพาะความหนาแน่นของพืชปกคลุม มีส่วนสำคัญในการลดการระเหยของน้ำ รวมถึงการรักษาความชื้นในฤดูแล้ง ทำให้ VWC ลดลงช้ากว่าในแปลงที่มีพืช canopy โปรงหรือรากต้นในช่วงฤดูแล้ง (3) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงน้ำในดินตกค้างและแรงดึงน้ำเริ่มต้น (Sr/Si ต่อ Si) พบรูปแบบแนวโน้ม ซึ่งแสดงถึงกลไกการอึดตัวของดินที่ต่างกัน โดยแปลง F, FP และ SFP แสดงแนวโน้มที่สามารถคงค่าแรงดูดตกค้าง (Sr) ได้สูง แม้จะได้รับปริมาณน้ำฝนเท่ากับแปลงอื่น หมายความว่าดินในแปลงเหล่านี้ยังไม่เข้าสู่สภาวะอึดตัวโดยสมบูรณ์ แสดงถึงความสามารถในการรองรับน้ำเพิ่มเติมได้มากกว่าดินในแปลงอื่น สรุปได้ว่าพืชที่มีลักษณะรากลึกและ canopy หนาแน่น เช่น หลิวใต้หวั่น มีศักยภาพสูงสุดในการเพิ่มประสิทธิภาพการกักเก็บและระบายน้ำของดินภายใต้สภาวะฝนต่างๆ

Thesis	Evaluation of Water Retention Efficiency in Urban Green Spaces under Different Plant Types and Seasonal Variations
Student	Miss. Thidarut Thongkham
Student ID.	66016055
Degree	Master of Engineering
Program	Civil Engineering Environmental Engineering and Construction Management
Year	2025
Thesis Advisor	Prof. Dr. Viroon Kamchoom

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

Abstract

This study investigates the water retention and drainage performance of urban soils under different vegetation types and seasonal rainfall conditions. By analyzing the Soil Water Retention Curve (SWRC), soil suction, and Volumetric Water Content (VWC), the study compares monoculture and mixed-vegetation plots with varied canopy cover and root structures. Results show that plots containing Taiwan willow (F), both alone and in mixtures (FP, SFP), exhibited better drainage and more stable SWRC patterns, attributed to deeper roots and dense canopy. Vegetation with thicker canopy and extensive root systems reduced evaporation and maintained higher VWC during dry seasons. During light rainfall, plot F showed slower surface water contact due to canopy interception but demonstrated rapid drainage during heavy rain. In contrast, plots S and P retained water longer and responded more slowly. The findings suggest that deep-rooted, dense-canopy species like Taiwan willow are highly effective for improving urban soil water management across variable

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รศ.ดร. วิรุฬห์ คำชุม ที่กรุณาให้คำปรึกษาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง ตลอดจนให้ความรู้ เอาใจใส่ ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการ แก้ปัญหาให้ประสบการณ์ที่ดี อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งกับโครงการนี้ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณเพื่อสนับสนุนงานมูลฐาน (RE-KRIS/FF67/007) โดยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม รวมถึงทุน หน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (C04F670066) จากสำนักงาน สภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ ทางผู้ประพันธ์ขอขอบคุณทุนวิจัยโครงการ Monozukuri Degree รวมถึง บริษัท บริษัท อี.ดี.อี. จำกัด ที่ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้อย่างดี สุดท้ายขอขอบพระคุณ ครอบครัวอันเป็นที่เคารพรักอย่างยิ่ง ซึ่งเป็นผู้ให้ความรักและให้กำลังใจในการ สนับสนุนการศึกษาเล่าเรียนของคณะผู้จัดทำมาโดยตลอด ทำให้ผู้จัดทำมีวันนี้ได้ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างสูง

ธิดารัตน์ ทองคำ

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	3
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 บทบาทสำคัญพีชในการปรับปรุงคุณสมบัติชลศาสตร์ของดิน.....	6
2.2 เส้นโค้งการกักเก็บน้ำของดิน (SWRC).....	6
2.3 ค่าแรงดันหรือค่าแรงดึงดูดน้ำในดิน (Suction).....	7
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
2.3 การวิเคราะห์เชิงตัวเลข (Numerical Analysis).....	12
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	14
3.1 ออกแบบการทดลอง สักรวจพื้นที่ และกำหนดชนิดดินและพีชสำหรับการศึกษา.....	14
3.2 ทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินที่นำมาศึกษา.....	16

3.3 การเตรียมและทดสอบเทียบเซนเซอร์	25
3.4 ทดสอบหาค่า SWRC ของดินเปล่าในห้องทดลอง	25
3.5 เตรียมแปลงสำหรับการทดสอบในสนาม.....	27
3.6 การสร้างแบบจำลองการซึมน้ำของดินด้วยไฟไนท์อิลเมนต์.....	30
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	33
4.1 ข้อมูลในสนามและ สภาพภูมิอากาศในพื้นที่.....	33
4.2 การตอบสนองทางอุทกธรณีวิทยาของแต่ละแปลงการศึกษา.....	40
4.3 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของดินจากข้อมูลในสนาม	43
4.4 ความสามารถในการกักเก็บน้ำ (SWRC) ของแต่ละแปลงการศึกษา	49
4.5 ผลวิเคราะห์ประสิทธิภาพการซึมน้ำของดินจากโมเดล	52
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	58
เอกสารอ้างอิง	60
ประวัติผู้เขียน	64

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 3.1 การทดสอบ Atterberg's Limits.....	18
ตารางที่ 3.2 การทดสอบ Specific Gravity.....	20
ตารางที่ 3.3 การทดสอบ Compaction Test.....	24
ตารางที่ 3.4 สรุปรณการวิเคราะห์การซึมน้ำของดินด้วยไฟไนท์อิลเมนต์.....	31
ตารางที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์ SWRC สำหรับการวิเคราะห์ในโมเดล.....	53



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 Soil Water Retention Curve	7
รูปที่ 2.2 Unsaturated Soil Suction	8
รูปที่ 2.3 Hydrostatic Ground Profile	9
รูปที่ 2.4 SWRC ของดินที่มีการปลูกพืชเทียบกับดินเปล่าจากงานวิจัยที่มีอยู่	10
รูปที่ 3.1 แผนการติดตั้งเครื่องมือวัด ; M (Soil Moisture Sensor), T (Tensiometers sensor), C (ช่องสำหรับถ่ายราก), D (Data logger)	15
รูปที่ 3.2 ชนิดของพืชที่ใช้ในการศึกษา	15
รูปที่ 3.3 ดินที่ใช้ในการศึกษา	16
รูปที่ 3.4 การทดสอบ Atterberg's Limits	17
รูปที่ 3.5 การทดสอบ Specific Gravity	19
รูปที่ 3.6 การทดสอบ Grain Size Analysis	21
รูปที่ 3.7 ผลการทดสอบ Grain Size Analysis	21
รูปที่ 3.8 แผนภาพ Plasticity Chart	22
รูปที่ 3.9 ทดสอบหาค่า SWRC ของดินเปล่าในห้องทดลอง.....	26
รูปที่ 3.10 SWRC ของดินเปล่าในห้องทดลองเทียบกับงานวิจัยที่มีอยู่เดิม	26
รูปที่ 3.11 วางผังแปลง และแบ่งแปลงทดสอบในสนาม	27
รูปที่ 3.12 เทียบแปลงทดสอบที่มีผลต่อแสงที่ไม่เท่ากันในสนาม.....	27
รูปที่ 3.13 เตรียมดินปลูก	28
รูปที่ 3.14 ทำการติดตั้ง Sensor box และ Camera box	28
รูปที่ 3.15 นำดินไม่ลงดิน	29
รูปที่ 3.16 ติดตั้ง Sensor และ Data logger	29
รูปที่ 3.17 Model geometry และ State 1 Analysis type : Steady-State	30
รูปที่ 3.18 State 2 Analysis type : Transient	31
รูปที่ 4.1 อุณหภูมิ และค่าความชื้นสัมพัทธ์รายวันในพื้นที่ศึกษา	33
รูปที่ 4.2 ปริมาณน้ำฝนจากระบบตรวจวัดปริมาณน้ำฝน สำนักงานระบายน้ำ สถานีคลองประเวศ	34
รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงของรากพืช (Root).....	35
รูปที่ 4.4a พื้นที่ปกคลุมผิวดินของพืช (Canopy cover).....	36

รูปที่ 4.4b Leaf Area Index (LAI)	37
รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงของรากพืช (Root) จากการสู่มถอนระหว่างทดสอบ.....	38
รูปที่ 4.6 ข้อมูลการวัด VWC ของพืชแปลงเดี่ยว	41
รูปที่ 4.7 ข้อมูลการวัด VWC ของพืชแปลงผสม.....	42
รูปที่ 4.8 ผลของ suction (a) และ VWC (b) ของแปลงเดี่ยวในช่วงเวลาฝนน้อย.....	44
รูปที่ 4.9 ผลของ suction (a) และ VWC (b) ของแปลงผสมในช่วงเวลาฝนน้อย.....	46
รูปที่ 4.10 ผลของ suction (a) และ VWC (b) ของแปลงเดี่ยวในช่วงเวลาฝนปานกลาง.....	45
รูปที่ 4.11 ผลของ suction (a) และ VWC (b) ของแปลงผสมในช่วงเวลาฝนปานกลาง.....	46
รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่าง Suction (kPa) และ Volumetric Water Content (VWC, %) ของ แปลงพืชเดี่ยว.....	49
รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่าง Suction (kPa) และ Volumetric Water Content (VWC, %) ของ แปลงพืชผสม.....	49
รูปที่ 4.14 Water Balance (mm) ของพืชแปลงเดี่ยว.....	52
รูปที่ 4.15 Water Balance (mm) ของพืชแปลงผสม.....	52
รูปที่ 4.16 SWRC สำหรับการวิเคราะห์ในโมเดลเทียบกับที่วัดในสนาม.....	50
รูปที่ 4.17 ผลของค่าแรงดึงคงเหลือต่อค่าแรงดึงเริ่มต้น (Si/Sr) เมื่อค่าแรงดึงเริ่มต้นเพิ่มขึ้นของ แปลง F.....	55
รูปที่ 4.18 ผลของค่าแรงดึงคงเหลือต่อค่าแรงดึงเริ่มต้น (Si/Sr) เมื่อค่าแรงดึงเริ่มต้นเพิ่มขึ้นของ แปลง P.....	55
รูปที่ 4.19 ผลของค่าแรงดึงคงเหลือต่อค่าแรงดึงเริ่มต้น (Si/Sr) เมื่อค่าแรงดึงเริ่มต้นเพิ่มขึ้นของ แปลง FP.....	56
รูปที่ 4.20 ผลของค่าแรงดึงคงเหลือต่อค่าแรงดึงเริ่มต้น (Si/Sr) เมื่อค่าแรงดึงเริ่มต้นเพิ่มขึ้นของ แปลง SFP.....	56

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

การจัดการปัญหาน้ำขังในพื้นที่เมืองเป็นหนึ่งในความท้าทายสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชาชน โครงสร้างพื้นฐานของเมือง และระบบเศรษฐกิจในภาพรวม สภาพภูมิอากาศที่แปรปรวนในปัจจุบัน เช่น ฝนตกหนักในระยะเวลายาวนาน หรือความแห้งแล้งต่อเนื่อง ก่อให้เกิดสภาวะที่ระบบการระบายน้ำที่มีอยู่เดิมไม่สามารถรองรับได้ ส่งผลให้เกิดน้ำขังและการพังทลายของดินในพื้นที่ลาดชัน การใช้พื้นที่สีเขียวหรือพืชปกคลุมในเมืองเริ่มได้รับความสนใจในฐานะเครื่องมือสำคัญที่ช่วยลดผลกระทบของน้ำขังในเมือง โดยพืชปกคลุมสามารถเพิ่มความสามารถในการซึมน้ำและช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของดิน อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ในเชิงลึกเกี่ยวกับการตอบสนองของดินต่อสภาวะดังกล่าว โดยเฉพาะพฤติกรรมของ Soil Water Retention Curve (SWRC) ซึ่งสะท้อนถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันน้ำในดินและปริมาณน้ำในดิน ยังเป็นเรื่องที่ต้องการการศึกษาเพิ่มเติม

SWRC เป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินในบริบทของการกักเก็บน้ำและการระบายน้ำในดิน ดินที่มีพืชปกคลุม (vegetated soils) แสดงพฤติกรรมที่แตกต่างจากดินทั่วไป เนื่องจากพืชช่วยปรับปรุงโครงสร้างดินผ่านระบบราก การเพิ่มรูพรุนในดิน (macropores) และการลดการระเหยของน้ำผ่านการปกคลุมของใบไม้ (canopy cover) อย่างไรก็ตาม การตอบสนองของ SWRC ในดินที่มีพืชปกคลุมยังขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของพืช ความหนาแน่นของราก การปกคลุมของพืช และสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง การศึกษาในปัจจุบันชี้ให้เห็นว่าพืชปกคลุม เช่น พืชเดี่ยว (monoculture) หรือพืชผสม (mixed vegetation) มีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงคุณสมบัติของดิน โดยพืชผสมแสดงศักยภาพที่ดีกว่าในด้านการเพิ่มความสามารถในการซึมน้ำของดินและการรักษาน้ำในดินในระยะยาว อย่างไรก็ตาม ความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมของ SWRC ภายใต้การปกคลุมพืชที่หลากหลายยังคงมีข้อจำกัดในหลายมิติ

หนึ่งในปัจจัยที่มีผลกระทบโดยตรงต่อ SWRC คือสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะปริมาณฝนและความชื้นของฝน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการกำหนดพฤติกรรมของแรงดันน้ำในดิน (matric suction) ฝนเบาอาจไม่เพียงพอที่จะลดแรงดูดน้ำในดิน (suction) ได้อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ฝนตกหนักสามารถทำ

ให้ดินอึดตัวและลด suction ได้อย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม สภาพการปกคลุมพืชและระบบรากของพืชในดินยังเป็นตัวแปรสำคัญที่กำหนดความสามารถของดินในการตอบสนองต่อฝน ตัวอย่างเช่น แปลงดินที่มีพืชปกคลุมหนาแน่น (dense canopy cover) และระบบรากที่พัฒนาดีสามารถช่วยลดแรงดูดน้ำในดินได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยการเพิ่มการซึมน้ำในดินและลดการไหลผิวดิน (surface runoff) งานวิจัยในปัจจุบันชี้ให้เห็นว่าดินที่มีพืชปกคลุมแบบพืชผสมสามารถลด suction ได้มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพืชเดี่ยว โดยเฉพาะในสภาวะฝนตกหนัก อย่างไรก็ตาม การศึกษาผลกระทบในสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน เช่น ฝนตกเบา ฝนตกปานกลาง และฝนตกหนัก ยังมีข้อจำกัดด้านข้อมูลและการวิเคราะห์ในเชิงลึก

ในบริบทของพื้นที่เมือง การนำ SWRC มาประยุกต์ใช้ในการจัดการดินที่มีพืชปกคลุมเพื่อแก้ปัญหาหน้าซังยังมีความสำคัญอย่างมาก พืชปกคลุมในพื้นที่สีเขียวของเมือง เช่น สวนสาธารณะ ระบบหลังคาสีเขียว (green roofs) และพื้นที่ชุ่มน้ำในเมือง (urban wetlands) สามารถช่วยปรับปรุงการซึมซับน้ำและลดผลกระทบจากน้ำซังได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีฝนตกหนัก อย่างไรก็ตาม การออกแบบและจัดการพื้นที่เหล่านี้จำเป็นต้องอาศัยความเข้าใจในพฤติกรรมของดินและ SWRC ภายใต้การปกคลุมของพืชและสภาพภูมิอากาศในระยะยาว การศึกษาในปัจจุบันยังขาดการวิเคราะห์ในเชิงลึกเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของ SWRC ในดินที่มีพืชปกคลุมหลายรูปแบบ และยังมีข้อมูลเพียงพอเกี่ยวกับการตอบสนองของ SWRC ในพื้นที่เมืองที่มีความซับซ้อนด้านโครงสร้างพื้นฐาน

ความสำคัญของการวิจัยในหัวข้อ "SWRC response of vegetated soils under vegetation and climatic conditions" จึงอยู่ที่การพัฒนาความเข้าใจในพฤติกรรมของดินที่มีพืชปกคลุมในบริบทที่หลากหลาย โดยเน้นการวิเคราะห์ผลกระทบของชนิดพืช ความหนาแน่นของพืชปกคลุม ระบบราก และสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน การวิจัยในหัวข้อนี้ไม่เพียงแต่ช่วยเติมเต็มช่องว่างทางวิชาการ แต่ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาหน้าซังในพื้นที่เมืองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผ่านการออกแบบพื้นที่สีเขียว การเลือกชนิดพืชที่เหมาะสม และการจัดการดินที่สอดคล้องกับสภาพฝนในแต่ละพื้นที่

ทั้งนี้ การขาดข้อมูลที่ชัดเจนเกี่ยวกับพฤติกรรมของ SWRC ในดินที่มีพืชปกคลุมภายใต้สภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน และการขาดการวิเคราะห์หรือเปรียบเทียบระหว่างพืชเดี่ยวและพืชผสม ถือเป็นจุดสำคัญที่ควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติม การวิจัยในหัวข้อนี้จึงเป็นโอกาสสำคัญในการเสริมสร้างความรู้ใหม่ที่มีผลต่อการจัดการเมือง การพัฒนาระบบการระบายน้ำ และการเพิ่มประสิทธิภาพของพื้นที่สีเขียวในพื้นที่เมืองให้สามารถรองรับสภาพภูมิอากาศที่แปรปรวนโดยเฉพาะปริมาณฝนในอนาคตได้อย่างยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์

มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

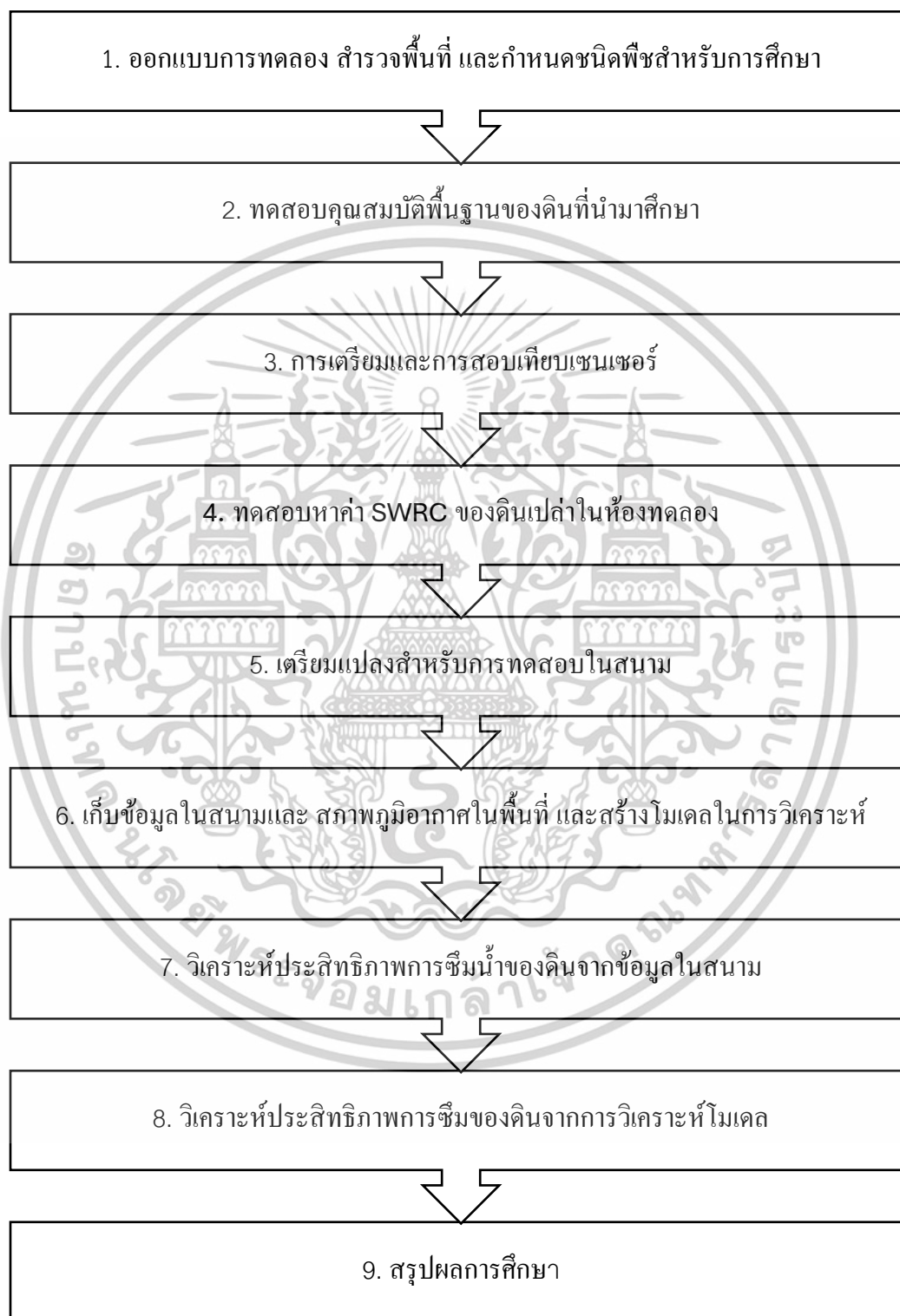
- 1.2.1 เพื่อศึกษาพฤติกรรม SWRC ของดินที่มีปลูกพืชแบบพืชเดี่ยว (monoculture) และพืชผสม (mixed vegetation) ในระยะยาว
- 1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของชนิดพืช จากลักษณะความหนาแน่นของพืชปกคลุม (canopy cover) และการกระจายตัวของรากพืชต่อพฤติกรรมของ SWRC
- 1.2.3 เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการซึมของดินจากความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าแรงดึงคงเหลือ (Sr) กับค่าแรงดึงเริ่มต้น (Si) จากผลในสนามเทียบกับโมเดลภายใต้สภาพปริมาณฝนที่แตกต่างกัน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์พฤติกรรมของ Soil Water Retention Curve (SWRC) ในดินที่มีพืชปกคลุม (vegetated soils) ภายใต้เงื่อนไขของชนิดพืชและสภาพภูมิอากาศ โดยมีขอบเขตการศึกษาดังนี้:

- 1.3.1 ดินที่ใช้สำหรับการทดสอบจะเป็นดินเหนียว เพื่อจำลองพื้นที่บริเวณในเมือง สำหรับจำลองสถานการณ์ที่มักเกิดฝนตกหนักและเกิดปัญหาน้ำขัง
- 1.3.2 การวัดผลดำเนินการในพื้นที่ดินที่มีการปลูกพืชปกคลุมประเภทต่าง ๆ ได้แก่ พืชเดี่ยว และพืชผสม โดยจำแนกออกเป็นแปลงทดสอบ ได้แก่ พืชเดี่ยว (P, S, F) พืชผสมสองชนิด (SP, FP) และ พืชผสมสามชนิด (M3)
- 1.3.3 พืชที่ใช้ในการศึกษาจะใช้พืชที่มีลักษณะการปกคลุม และรากต่างกัน โดยมีอยู่สามชนิด ได้แก่ หลิวไต้หวัน (F) พยับหมอก (P) และ ชัลเวีย (S)

1.4 ขั้นตอนการศึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1.5.1 เพิ่มความเข้าใจในพฤติกรรมของ SWRC ในดินที่มีพืชปกคลุมประเภทต่าง ๆ (พืชเดี่ยว และพืชผสม) ภายใต้สภาพภูมิอากาศที่แตกต่าง เช่น ฝนตกเบา ฝนตกปานกลาง และฝนตกหนัก
- 1.5.2 มีความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทของลักษณะเฉพาะของพืชแต่ละชนิดที่จะส่งผลต่อแรงดูดน้ำในดิน (suction) และการปรับปรุงความสามารถในการระบายน้ำของดิน
- 1.5.3 ใช้เป็นทางเลือกในการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการน้ำขังในพื้นที่ที่มีฝนตกหนักหรือในพื้นที่ที่มีโครงสร้างพื้นฐานการระบายน้ำจำกัด



บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทบาทสำคัญพืชในการปรับปรุงคุณสมบัติศาสตร์ของดิน

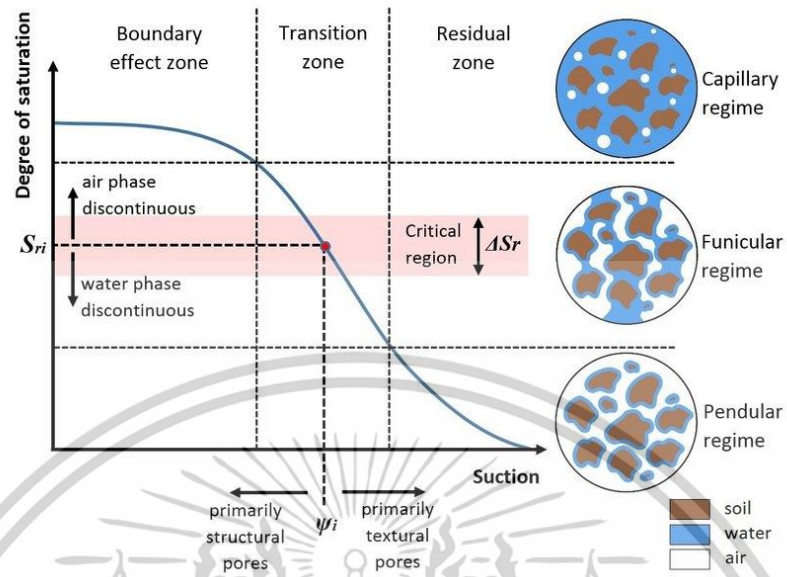
การนำพืชมาใช้มีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงคุณสมบัติศาสตร์ของดินและลดการไหลบ่าผ่านกระบวนการทางธรรมชาติ เป็นแนวคิดที่ได้รับความนิยมมากขึ้นในด้านความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อมในเมือง และจะสามารถช่วยชะลอการกักเก็บน้ำ เพื่อบรรเทาปัญหาน้ำท่วมในเมืองที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลโดยตรงจากระบบระบายน้ำที่ไม่เพียงพอ และพื้นที่ที่ไม่สามารถซึมผ่านได้ในเขตเมือง มีการศึกษาที่ได้นั้นถึงความสำคัญของการผสมผสานโครงสร้างพื้นฐานสีเขียว (Berland et al., 2017) เช่น สวนในเมือง ในการวางผังเมืองเพื่อลดความเสี่ยงจากน้ำท่วมและปรับให้เข้ากับรูปแบบของฝนที่เปลี่ยนแปลงไป ผลกระทบของความชื้นในดินซึ่งเป็นหนึ่งในตัวแปรในการศึกษา ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการไหลซึมของน้ำสู่ดินรวมถึงการกักเก็บน้ำ (Garg et al., 2015; Leung et al., 2015a)

2.2 เส้นโค้งการกักเก็บน้ำของดิน (SWRC)

เส้นโค้งการกักเก็บน้ำของดิน (Soil Water Retention Curve, SWRC) คือความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในดิน (Water Content) และแรงดันน้ำในดิน (Suction) ซึ่งสะท้อนคุณสมบัติในการกักเก็บและระบายน้ำของดินในสถานะต่าง ๆ ซึ่งเป็นไปตามสมการของ Van Genuchten (1980) ดังแสดงในสมการที่ (1) เป็นแบบจำลอง SWRC ที่ได้รับความนิยมสูงที่สุด โดยจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของดิน พื้นผิว และโครงสร้างของดิน

$$\theta(\varphi) = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{(1 + \varphi^n)^{1-1/n}} \quad (1)$$

โดยที่ $\theta(\varphi)$ คือ เส้นโค้งการกักเก็บน้ำของดิน, θ_r คือ ปริมาณน้ำคงเหลือ, θ_s คือ ปริมาณน้ำอิ่มตัว, φ คือ แรงดึงของน้ำในดิน, n คือ fitting parameters



รูปที่ 2.1 Soil Water Retention Curve

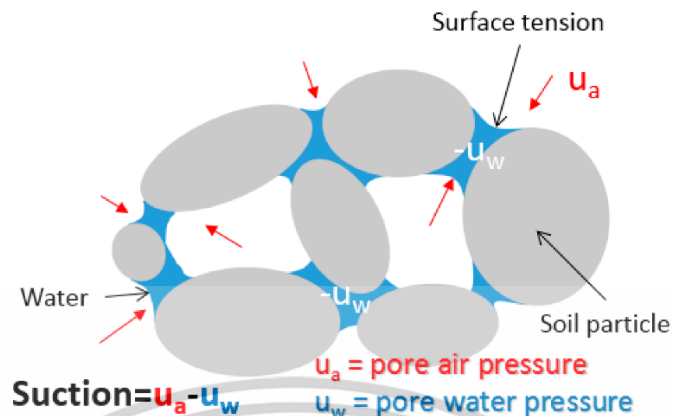
2.3 ค่าแรงดันหรือค่าแรงดึงคูดน้ำในดิน (Suction)

Suction ของดิน หมายถึง คือ แรงดึงน้ำในดินที่เกิดจาก "แรงดึงผิวของน้ำ" และ "แรงยึดเกาะระหว่างน้ำกับอนุภาคดิน" ในดินไม่อิ่มตัว (Unsaturated Soil) ดังรูปที่ 2.2

โดยที่

$$\text{Matric Suction} = u_a - u_w \quad (2)$$

- u_a = ความดันอากาศ (Air Pressure)
- u_w = ความดันน้ำ (Water Pressure)



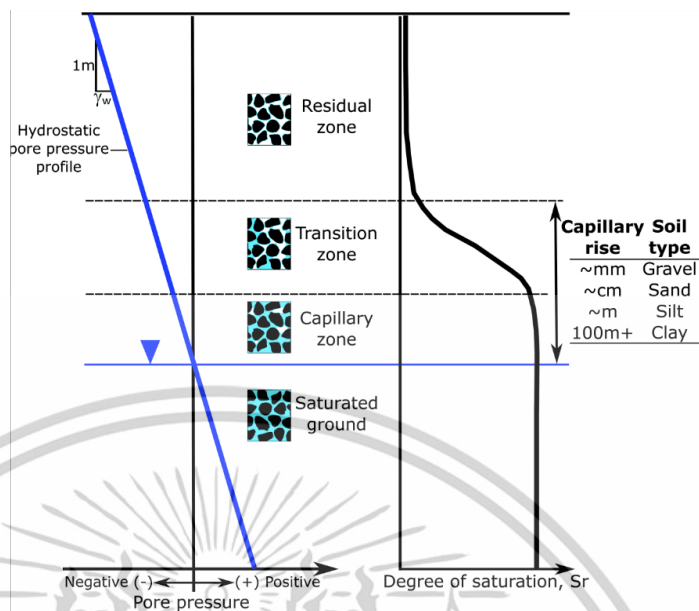
รูปที่ 2.2 Unsaturated Soil Suction

ในดินที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated ground) น้ำจะอยู่ภายใต้แรงตึงผิวลักษณะเดียวกันกับในหลอดแก้ว โดยแรงตึงผิวเหล่านี้จะดึงอนุภาคดินเข้าหากัน ตัวอย่างการแสดงภาพจริง เช่น งานวิจัยโดย Bozkurt et al. (2017) ได้ทำการวัดแรงตึงผิวระหว่างลูกแก้วสองลูกที่เชื่อมต่อกันด้วยสะพานน้ำ (water bridge)

รูปที่ 2.3 Hydrostatic Ground Profile ของดิน ซึ่งแสดงความดันรูพรุน (pore pressure) และระดับความอิ่มตัว (Degree of Saturation) เทียบกับระดับความสูง โดยในโปรไฟล์นี้ถือว่ามีภาวะสมดุลไฮโดรสแตติกและไม่มีการไหลของน้ำเกิดขึ้น

- ที่ระดับน้ำใต้ดิน (Groundwater Table) ความดันรูพรุนเท่ากับศูนย์ และจะแปรผันตามกฎไฮโดรสแตติกทั้งเหนือและใต้ระดับน้ำ
- ใต้ระดับน้ำใต้ดิน ดินจะอยู่ในสภาวะอิ่มตัว (saturated) โดย $S_r = 100\%$
- เมื่อเคลื่อนขึ้นเหนือระดับน้ำใต้ดิน จะพบ 3 โซนที่ชัดเจน ได้แก่:
 - **Capillary Zone:** ระดับความอิ่มตัว (S_r) ยังคงใกล้เคียง 100% แม้จะมีฟองอากาศบางส่วนสะสมอยู่ในรูพรุน (air phase discontinuous)
 - **Transition Zone:** S_r ลดลงต่อเนื่อง อากาศเริ่มมีการเชื่อมต่ออย่างต่อเนื่อง
 - **Residual Zone:** S_r เข้าใกล้ 0% โดยน้ำจะคงเหลือเพียงบางส่วนเคลือบผิวอนุภาคดิน (water film)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



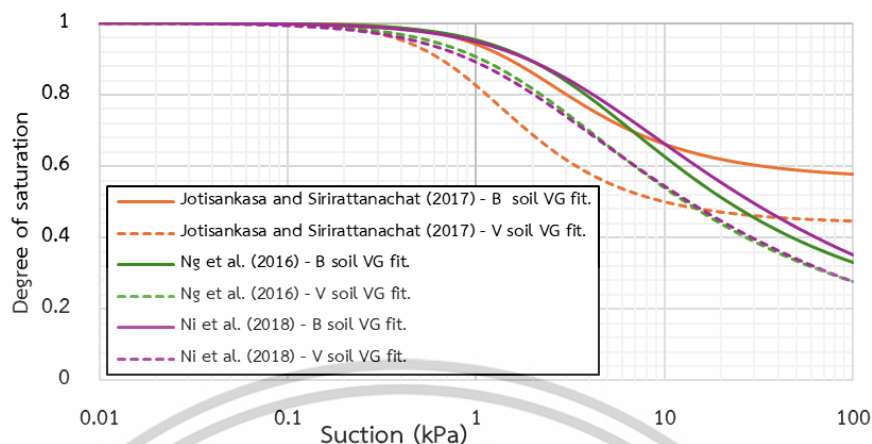
รูปที่ 2.3 Hydrostatic Ground Profile

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 เส้นโค้งการกักเก็บน้ำของดิน (SWRC) ที่เปลี่ยนแปลงไปของดินที่มีการปลูกพืช

การศึกษาพบว่า การมีพืชคลุมดินสามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของดินและความพรุนได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งส่งผลต่ออัตราการกักเก็บน้ำและการไหลซึมของดิน (Aravena et al., 2011) การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้มีสาเหตุหลักมาจากการมีอยู่ทางกายภาพของรากและผลกระทบต่อโครงสร้างรูพรุนของดิน (Leung et al., 2018) รูปที่ 2.4 จากการศึกษาของ Ng et al. (2016) Jotisankasa และ Sirierattanachai (2017) และ Ni et al., (2018) พบข้อสรุปที่สอดคล้องกันว่า พืชมีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงคุณสมบัติการกักเก็บน้ำของดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่ของการเปลี่ยนแปลงเส้นโค้งการกักเก็บน้ำในดิน (Soil Water Retention Curve: SWRC) การปลูกพืชทำให้ Air Entry Value (AEV) หรือค่าความต้านทานเริ่มต้นในการให้อากาศเข้าสู่รูพรุนดิน ลดลง ซึ่งสะท้อนถึงการที่โครงสร้างดินมีความโปร่งและสามารถซึมน้ำได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ เส้นโค้ง SWRC หลังการพัฒนาของพืชยังแสดงลักษณะที่ลาดชันขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งบ่งบอกว่าดินสามารถปล่อยน้ำได้รวดเร็วขึ้นเมื่อค่า suction เพิ่มขึ้น กล่าวได้ว่า พืชไม่เพียงแต่ส่งผลดีต่อเสถียรภาพของดินเท่านั้น แต่ยังมีผลเชิงบวกโดยตรงต่อการเพิ่มศักยภาพการกักเก็บน้ำและการระบายน้ำภายในชั้นดินอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 SWRC ของดินที่มีการปลูกพืชเทียบกับดินเปล่าจากงานวิจัยที่มีอยู่

2.4.2 Effects of plant roots on soil-water retention and induced suction in vegetated soil (Leung et al.: 2015)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมที่ทำให้ดินที่มีพืชอยู่สามารถมีแรงดึงน้ำ (suction) ได้ดีขึ้น โดยเปรียบเทียบระหว่างสองกลไกหลัก ได้แก่ (1) การเปลี่ยนแปลงสมบัติกักเก็บน้ำของดินจากรากพืช (M1) และ (2) การคายระเหยร่วมกับการดูดน้ำผ่านราก (M2) โดยทดลองในห้องปฏิบัติการด้วยการควบคุมสภาพแสง เพื่อแยกผลของแต่ละกลไก และใช้โปรแกรม HYDRUS-1D จำลองการไหลของน้ำในดิน พบว่าแม้ไม่มีการคายระเหย ดินที่มีพืชก็สามารถสร้าง suction ได้สูงกว่าดินเปล่าอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากรากพืชเปลี่ยนรูปแบบเส้นโค้งการกักเก็บน้ำ (SWRC) ของดิน ทำให้ดินอุ้มน้ำได้น้อยลงและสร้าง suction ได้มากขึ้น สะท้อนว่ากลไก M1 มีบทบาทสำคัญกว่ากลไก M2 ในเพิ่มค่าแรงดึงน้ำ โดยเฉพาะในสภาวะชื้นหรือหลังฝนตก ซึ่งส่งผลต่อการออกแบบระบบระบายน้ำและเสถียรภาพของพื้นที่สีเขียวในงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและธรณีเทคนิค

2.4.3 Plant age effects on soil infiltration rate during early plant establishment (Leung et al.: 2018)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอายุพืชต่ออัตราการซึมน้ำในดิน (infiltration rate) ระหว่างช่วงต้นของการตั้งตัวของพืช ซึ่งเป็นช่วงสำคัญในงานวิศวกรรมชีวภาพเพื่อเสถียรภาพลาดดิน โดยเปรียบเทียบระหว่างหญ้า (Festulolium) และหลิว (Salix viminalis) ที่มีลักษณะระบบรากแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลองใช้คอลัมน์ดินทรายปนตะกอน (silty sand) ที่ปลูกพืชไว้ 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์ แล้วทดสอบการซึมน้ำแบบ constant-head พร้อมวัด biomass และความหนาแน่นของราก พบว่าอัตราการซึมน้ำเพิ่มขึ้นตามอายุพืช โดยดินที่มีรากของหลิวมีอัตราการซึมน้ำสูงกว่าดินเปล่าถึง 10 เท่า และสูงกว่าดินที่ปลูกหญ้าอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากหลิวมีการเจริญของรากเร็วและมีรากขนาดใหญ่กว่า ทั้งนี้ การวิเคราะห์เชิงตัวเลขโดยใช้ HYDRUS-1D แสดงให้เห็นว่าการละลายผลของอายุพืชจะนำไปสู่การประเมินค่า SWC ที่วัดโดย wetting front และการกลับมาเพิ่มขึ้นของ suction ต่ำกว่าความเป็นจริง ซึ่งอาจมีผลต่อการออกแบบความมั่นคงของลาดดินและการควบคุมการระบายน้ำในพื้นที่ที่มีการปลูกพืชใหม่อย่างมีนัยสำคัญ

2.4.4 Effect of soil density on grass-induced suction distributions in compacted soil subjected to rainfall (Ng, Leung และ Woon : 2014)

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของความหนาแน่นของดินที่ถูกบดอัดต่อการกระจายตัวของแรงดึงน้ำในดิน (suction) ที่เกิดจากหญ้าในดินทรายปนตะกอน (silty sand) เมื่อฝนตก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบการกระจายตัวของแรงดึงน้ำที่เกิดจากหญ้าในดินที่มีความหนาแน่นต่างกัน การทดลองภาคสนามได้ใช้ดินทรายปนตะกอนที่ถูกบดอัดในระดับความหนาแน่นต่างๆ และปลูกหญ้าเพื่อศึกษาการกระจายตัวของแรงดึงน้ำในดินเมื่อฝนตก โดยใช้เครื่องมือวัดแรงดึงน้ำในดิน (tensiometers) ที่ติดตั้งในระดับความลึกต่างๆ เพื่อวัดค่าแรงดึงน้ำที่เกิดขึ้น ผลการศึกษาพบว่าในดินที่มีความหนาแน่นต่ำ การกระจายตัวของแรงดึงน้ำที่เกิดจากหญ้ามีความสม่ำเสมอและลึกกว่าดินที่มีความหนาแน่นสูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นของดินมีผลต่อประสิทธิภาพของพืชในการเหนี่ยวนำแรงดึงน้ำ นอกจากนี้ การศึกษายังพบว่าการปลูกหญ้าในดินที่มีความหนาแน่นต่ำสามารถเพิ่มแรงดึงน้ำในดินได้มากขึ้น ซึ่งมีผลต่อการเพิ่มเสถียรภาพของลาดดินและลดความเสี่ยงจากการพังทลายของดิน

2.4.5 Effects of the roots of *Cynodon dactylon* and *Schefflera heptaphylla* on water infiltration and soil hydraulic conductivity (Leung et al.: 2015)

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของรากพืชสองชนิด ได้แก่ หญ้า *Cynodon dactylon* (หญ้าเบอร์มิวดา) และ ต้น *Schefflera heptaphylla* (ต้นหนุมานประสานกาย) ต่ออัตราการซึมน้ำและค่าการนำไฮดรอลิกของดิน โดยใช้การทดสอบ double-ring infiltrometer และการวัดแรงดึงน้ำในดิน (soil suction) ด้วย tensiometers ในสภาพอากาศชื้นช่วงฤดูร้อน ผลการศึกษาพบว่า ดินที่มีพืชปกคลุมทั้งสองชนิดมีอัตราการซึมน้ำและค่าการนำไฮดรอลิกต่ำกว่าดินเปล่าอย่างมีนัยสำคัญ โดยลดลงอย่างน้อย 50% ซึ่งสาเหตุ

หลักมาจากการที่รากพืชอุดตันช่องว่างในดิน (pore clogging) ทำให้การไหลของน้ำในดินลดลง นอกจากนี้ ดินที่มีพืชปกคลุมยังสามารถรักษาแรงดึงน้ำได้สูงกว่าดินเปล่าอย่างน้อย 50% ซึ่งมีผลต่อการเพิ่มเสถียรภาพของลาดดิน อย่างไรก็ตาม ผลของการดูดน้ำโดยรากพืช (root-water uptake) ต่อแรงดึงน้ำในดินพบว่าน้อยมาก เนื่องจากการระเหยคายน้ำ (evapotranspiration) ในช่วงที่ทำการทดลองมีค่าน้อยกว่า 0.2 มม. การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าแม้พืชทั้งสองชนิดจะมีลักษณะรากแตกต่างกัน แต่ผลกระทบต่อ การซึมน้ำและค่าการนำไฮดรอลิกของดินมีความคล้ายคลึงกัน

2.3 การวิเคราะห์เชิงตัวเลข (Numerical Analysis)

2.3.1 โปรแกรม GeoStudio (SEEP/W)

SEEP/W (Seepage Analysis Module) คือโปรแกรมเฉพาะทางที่ใช้สำหรับวิเคราะห์การไหลของน้ำในดินทั้งในสภาวะ อิ่มตัว และ ไม่อิ่มตัว (Saturated–Unsaturated Flow) โปรแกรมนี้เหมาะสำหรับการศึกษาพฤติกรรมของดินภายใต้การเปลี่ยนแปลงของสภาพน้ำ เช่น การกระจายตัวของความชื้นในชั้นดิน (Volumetric Water Content: WVC) และการซึมผ่านของน้ำฝน (Rainfall Infiltration) ลงสู่ชั้นดิน

ลักษณะการวิเคราะห์ที่ SEEP/W รองรับนั้นมีทั้งแบบ **Steady-State Flow** คือการไหลในสภาวะคงที่ เช่น การไหลของน้ำใต้เขื่อน และแบบ **Transient Flow** คือการไหลที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา เช่น การซึมผ่านน้ำฝนอย่างต่อเนื่องในช่วงฝนตกหนัก โปรแกรมสามารถวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของความชื้นในชั้นดินและการเปลี่ยนแปลงของแรงดันน้ำรูพรุน (Pore-Water Pressure) ได้อย่างแม่นยำตามช่วงเวลา

หลักการพื้นฐานที่ SEEP/W ใช้สำหรับการคำนวณ คือ ทฤษฎี Darcy's Law ซึ่งอธิบายการไหลของของไหลผ่านตัวกลางพรุน (porous medium) ว่าอัตราการไหลขึ้นอยู่กับความแตกต่างของหัวน้ำ (hydraulic head) และค่าความสามารถในการนำไฮดรอลิกของวัสดุ (hydraulic conductivity) สำหรับการวิเคราะห์ดินไม่อิ่มตัว โปรแกรมจะใช้ความสัมพันธ์ $k(\theta)$ หรือ $k(\psi)$ ซึ่งหมายถึงค่าการนำไฮดรอลิกที่เป็นฟังก์ชันของความชื้นในดินหรือแรงดูดน้ำ (suction) ในดินร่วมกับ เส้นโค้งการกักเก็บน้ำของดิน (Soil Water Retention Curve: SWRC)

SEEP/W สามารถกำหนดพฤติกรรมของดินในแต่ละชั้นได้อย่างละเอียดผ่านการใช้โมเดล SWRC ซึ่งรองรับสมการมาตรฐานที่ใช้กันแพร่หลาย เช่น Van Genuchten (1980) และ Fredlund–Xing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1994) ความสามารถนี้ทำให้สามารถจำลองการไหลผ่านระบบดินที่มีหลายชั้น (Multi-Layered Soil Systems) ซึ่งแต่ละชั้นอาจมีคุณสมบัติการซึมน้ำที่แตกต่างกันได้อย่างแม่นยำ

การตั้งค่าเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Conditions) เป็นอีกหนึ่งขั้นตอนสำคัญของการวิเคราะห์ด้วย SEEP/W ผู้ใช้สามารถกำหนดสภาพแวดล้อมของโมเดลได้ตามลักษณะทางกายภาพจริง เช่น การกำหนดอัตราการไหล (flux boundary), การจำลองน้ำฝน (rainfall), การระเหยน้ำ (evaporation) หรือการกำหนดหัวน้ำคงที่ (prescribed head) ความยืดหยุ่นในการกำหนด Boundary Conditions เหล่านี้ทำให้ SEEP/W สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมของน้ำในดินได้อย่างครอบคลุมทั้งในแง่การเกิดน้ำไหลบ่า (runoff), การซึมผ่าน (infiltration), และการคายน้ำ (evaporation) จากชั้นดิน



บทที่ 3

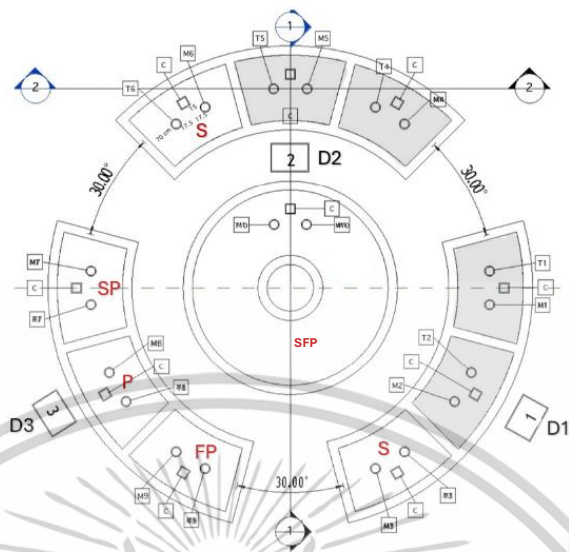
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ออกแบบการทดลอง สำรวจพื้นที่ และกำหนดชนิดดินและพืชสำหรับการศึกษา

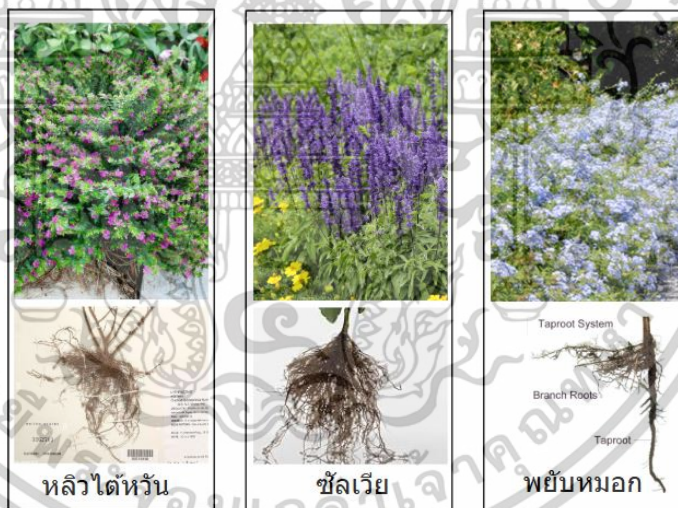
พื้นที่ศึกษาที่ทำการทดสอบอยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภาควิชาโยธา ซึ่งนับว่าเป็นพื้นที่ในเขตเมืองที่มีลักษณะดินคล้ายกัน เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลกระทบของชนิดพืชและฤดูกาลได้อย่างชัดเจน พื้นที่ทั้งหมดมีลักษณะราบ ไม่มีการปรับปรุงดินมาก่อน โดยได้ทำการแบ่งแปลงการศึกษาออกเป็น 6 แปลง ดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.2 ชนิดพืชที่ใช้ในการศึกษา เพื่อให้มีคุณสมบัติที่หลากหลายทั้งด้านระบบราก, การปกคลุมดิน และศักยภาพในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างดิน จึงได้เลือกพืชสามชนิด ดังนี้

- P (พยับหมอก) พืชคลุมดิน มีระบบรากตื้นและแผ่กระจายเป็นแนวนอน
- F (หลิวไต้หวัน) จัดเป็นไม้พุ่มหรือไม้ต้นขนาดกลาง มีอัตราการเจริญเติบโตเร็ว ลักษณะรากเป็นแบบพุ่มกว้างและลึก (wide-deep fibrous root system) ซึ่งสามารถเจาะลึกเข้าสู่ชั้นดินเพื่อสร้างโพรงดินและเพิ่มความสามารถในการซึมน้ำในแนวตั้งได้ดี
- S (ซัลเวีย) เป็นพืชดอกฤดูร้อนที่มีความสามารถในการเจริญเติบโตแนวตั้งสูง ลำต้นตั้งตรง ระบบรากมีลักษณะทรงพุ่มในแนวตั้ง (narrow-deep root) ช่วยในการสร้างช่องว่างในดินแนวลึก



รูปที่ 3.1 แผนการติดตั้งเครื่องมือวัด ; M (Soil Moisture Sensor), T (Tensiometers sensor), C (ช่องสำหรับถ่ายรอก), D (Data logger)



รูปที่ 3.2 ชนิดของพืชที่ใช้ในการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินที่นำมาศึกษา

จากการวิเคราะห์ดินเบื้องต้น พบว่าหน้าดินที่จะนำมาใช้ปลูกพืชเป็นชนิดดินเหนียว (Clay) ที่เป็นดินเหนียวสูงมาก ซึ่งอาจจะทำให้ยากต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้น จึงได้มีการปรับปรุงดินโดยการผสมทรายละเอียดในอัตราส่วน 1:1 เพื่อเพิ่มความร่วนของดิน และเพื่อให้รากพืชเจริญเติบโตได้ง่ายขึ้น แล้วจึงทดสอบคุณสมบัติของดิน ดังนี้



รูปที่ 3.3 ดินที่ใช้ในการศึกษา

3.2.1 Atterberg's Limits

เพื่อหาค่าขีดจำกัดทางวิศวกรรมของดิน ได้แก่

- Liquid Limit (LL): ค่าความชื้นที่ดินเริ่มเปลี่ยนจากของเหลวเป็นกึ่งของแข็ง
- Plastic Limit (PL): ค่าความชื้นที่ดินเริ่มเปลี่ยนจากพลาสติกเป็นกึ่งของแข็ง
- Plasticity Index (PI): ช่วงค่าความชื้นที่ดินแสดงพฤติกรรมเป็นพลาสติก

วิธีการทดสอบ

- Liquid Limit (LL): ใช้วิธี A (Method A – Flow Curve) โดยวัด % ความชื้นจากรจำนวนครั้งที่ร่องปิดตัวลงในเครื่อง Casagrande Cup Test
- Plastic Limit (PL): ปั้นตัวอย่างดินเป็นเส้นขนาด 3.2 มม. จนแตกร้าว วัด % ความชื้น
- Plasticity Index (PI): คำนวณจาก

$$PI = LL - PL \quad (4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 การทดสอบ Atterberg's Limits

ผลการทดสอบ Atterberg's Limits วัสดุ ดินเหนียวผสมทรายละเอียด อัตราส่วน 1:1 พบว่า ค่า Liquid Limit (LL) เท่ากับ 39.91 , Plastic Limit (PL) เท่ากับ 16.81 และได้ผล Plastic Index (P.I.) เท่ากับ 23.11 (ดังตารางที่ 3.1) เมื่อพิจารณาจากแผนภาพ Atterberg Chart และเกณฑ์ของ Unified Soil Classification System (USCS) ดินตัวอย่างนี้อาจจัดอยู่ในกลุ่ม CL (Clay with low to medium plasticity) หรือ CH (Clay with high plasticity) ขึ้นอยู่กับการวิเคราะห์เพิ่มเติมใน Sieve + Hydrometer หรือ Compaction test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 การทดสอบ Atterberg's Limits

LIQUID AND PLASTIC LIMITS						
PROJECT	URBAN OASIS : CITY GARDEN		SAMPLE NUMBER	1		
SOIL DESCRIPTION	CLAY+FINE SAND		DATE OF TEST	9/12/2023		
LOCATION	CCA		TEST BY	RITTIRONG P. , ATHITA L.		
PLASTIC LIMIT TEST :			NATURAL WATER CONTENT			
TRIAL NO.	1	2	3	1	2	3
CAN NO.	A1	A2	A3			
WET SOIL + CAN ,g	23.95	24.17	27.87			
DRY SOIL + CAN ,g	22.66	22.85	26.36			
WT. OF CAN ,g	14.89	14.83	17.66			
WT. OF WATER ,g	1.29	1.32	1.51			
WT. OF DRY SOIL ,g	7.77	8.02	8.7			
%WATER CONTENT	16.60	16.46	17.36			
AVERAGE	16.81					
LIQUID LIMIT TEST :						
Determination No.	1	2	3	4	5	6
NO. OF BLOWS ,N	54	43	32	26	13	
CAN NO.	A4	A5	A6	A7	A8	
WET SOIL + CAN ,g	30.62	36.49	35.11	31.28	43.96	
DRY SOIL + CAN ,g	25.92	31.60	29.65	26.67	37.39	
WT. OF CAN ,g	12.77	18.37	15.54	15.08	21.97	
WT. OF WATER ,g	4.70	4.89	5.46	4.61	6.57	
WT. OF DRY SOIL ,g	13.15	13.23	14.11	11.59	15.42	
%WATER CONTENT	35.74	36.96	38.70	39.78	42.61	
			Liquid Limit Determination Method used (Check one) <input checked="" type="checkbox"/> Method A <input type="checkbox"/> Method B Method A : From the flow curve Method B : From equation REMARK : _____ _____ _____			
Method A : From the flow curve, the LIQUID LIMIT =		39.90	PLASTIC LIMIT		=	16.81
Method B : From equation, the LL for no.3 determina		39.87	P.I.		=	23.11
From equation, the LL for no.4 determinator		39.96	Natural Water Content		=	-
The LIQUID LIMIT (average of the two determination)		39.91	FLOW INDEX		=	11.97
			LIQUIDITY INDEX		=	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 Specific Gravity

เพื่อหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (Specific Gravity; G_s) ซึ่งใช้ในการคำนวณค่าทางวิศวกรรมของดิน เช่น ความหนาแน่นแห้ง, ความหนาแน่นสัมพัทธ์, ช่องว่างในเนื้อดิน (void ratio) และอัตราส่วนของน้ำในดิน

ทดสอบโดยการเติมน้ำในขวด Pycnometer ที่มีตัวอย่างดินอยู่ แล้วชั่งน้ำหนักเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของน้ำกลั่นที่อุณหภูมิคงที่ ทำการคำนวณโดยใช้สมการที่คำนึงถึงปริมาตรของของแข็งและน้ำในขวด เพื่อให้ได้ค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (G_s)

ใช้สูตรจาก ASTM D854:

$$G_s = \frac{W_s}{(W_s + W_f - W_{fw}) \times GT} \quad (5)$$

โดยที่:

W_s = น้ำหนักดินแห้ง

W_f = น้ำหนัก Flask + น้ำ

W_{fw} = น้ำหนัก Flask + น้ำ + ดิน

GT = Correction factor ตามอุณหภูมิ

ผลการทดสอบการหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุ ดินเหนียวผสมทราย ละเอียดอัตราส่วน 1:1 พบว่าค่าความถ่วงจำเพาะ (G_s) เท่ากับ 2.51 ซึ่งค่า G_s นี้ถือว่าอยู่ในช่วงมาตรฐานของดินที่มีส่วนผสมของแร่ควอตซ์และดินเหนียว (ดังตารางที่ 3.2)



รูปที่ 3.5 การทดสอบ Specific Gravity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 การทดสอบ Specific Gravity

SPECIFIC GRAVITY					
PROJECT	URBAN OASIS : CITY GARDEN	SIMPLE NUMBER	1		
SOIL DESCRIPTION	CLAY+FINE SAND	DATE	8/3/2024		
LOCATION	CCA	TEST BY: Rittirong,Athita			
PYCNOMETER CALIBRATION					
No.	Flask + Water (g)	Temperature (C)			
1	645.393	50			
2	647.349	40			
3	649.572	30			
4	651.175	20			
5	653.332	10			
6					
REMARKS:					
SPECIFIC GRAVITY DETERMINATION					
Trial NO.	1	2			
1	Temp. (C)	35	25		
2	Flask +water	648.350	650.330		
3	Flask+water+soil	677.601	679.090		
4	container				
5	Dry soil+container	473.08	473.08		
6	weight of container	424.97	424.97		
7	Dry soil	48.11	48.11		
8	GT.	0.9971	0.9941		
	GS.	2.54	2.47		
	AVG	2.51			

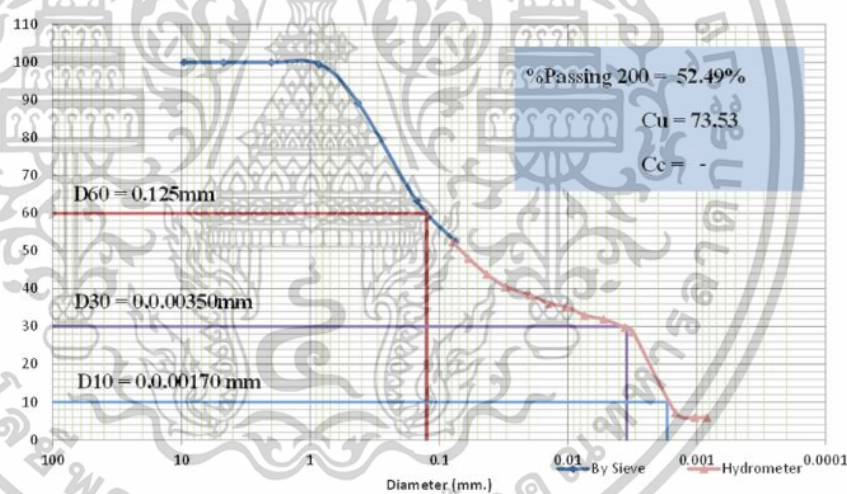
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 Grain Size Analysis

การทดสอบการกระจายขนาดเม็ดดิน (Grain Size Analysis) เป็นขั้นตอนพื้นฐานที่สำคัญในการจำแนกประเภทของดินตามลักษณะการกระจายตัวของขนาดอนุภาค โดยใช้ระบบ USCS



รูปที่ 3.6 การทดสอบ Grain Size Analysis

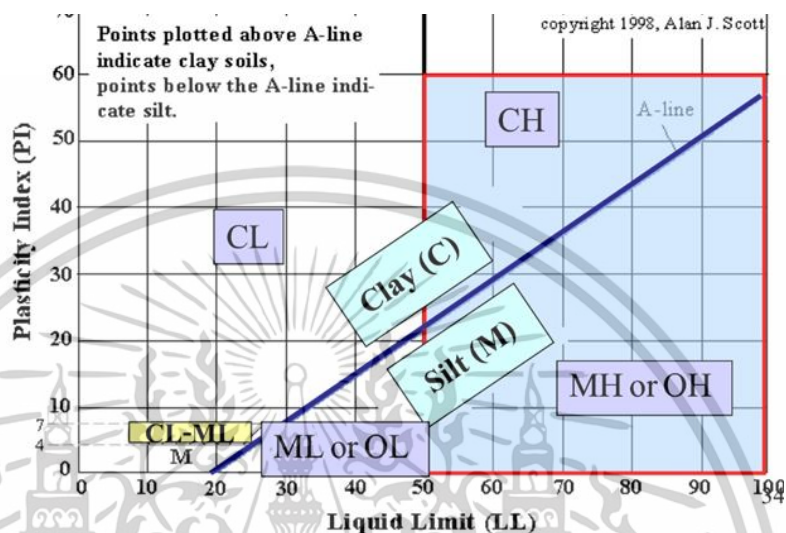


รูปที่ 3.7 ผลการทดสอบ Grain Size Analysis

ผลการทดสอบการกระจายขนาดเม็ดดิน (Grain Size Analysis) สำหรับวัสดุประเภท ดินเหนียวผสมทรายละเอียด ในอัตราส่วน 1:1 โดยใช้ทั้ง วิธีร่อนแบบเปียก (Wet Sieve Analysis) และ แบบแห้ง (Dry Sieve Analysis) แสดงให้เห็นว่า วัสดุมีปริมาณที่ ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (ขนาดช่อง 0.075 มิลลิเมตร) คิดเป็น 52.49% ของน้ำหนักรวม ซึ่งหมายความว่า วัสดุส่วนใหญ่ประกอบด้วยเม็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดินที่มีขนาดเล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร จากสัดส่วนดังกล่าว จึงสามารถจำแนกลักษณะวัสดุนี้ได้ว่าเป็น วัสดุเม็ดละเอียด (Fine-Grained Soil) ตามเกณฑ์การจำแนกของวิศวกรรมธรณีเทคนิค (ดังรูปที่ 3.7)



รูปที่ 3.8 แผนภาพ Plasticity Chart

จากการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุดินชนิดดินเหนียวผสมทรายละเอียดในอัตราส่วน 1:1 โดยดำเนินการทดสอบ Grain Size Analysis, Specific Gravity และ Atterberg's Limits พบว่า วัสดุดังกล่าวมีอนุภาคที่สามารถผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ได้คิดเป็นร้อยละ 52.49 ของน้ำหนักรวม ซึ่งมากกว่าร้อยละ 50 ตามเกณฑ์การจำแนกประเภทดินในระบบ Unified Soil Classification System (USCS) จึงสามารถจัดประเภทได้ว่าเป็นดินเม็ดละเอียด (Fine-Grained Soil)

เมื่อพิจารณาค่าขีดจำกัดของดินที่ได้จากการทดสอบ Atterberg's Limits พบว่าค่าขีดจำกัดเหลว (Liquid Limit: LL) เท่ากับ 39.91% และค่าดัชนีความเป็นพลาสติก (Plasticity Index: PI) เท่ากับ 23.11% เมื่อนำค่าดังกล่าวไปพล็อตบนแผนภาพ Plasticity Chart ตามมาตรฐาน ASTM D4318 จะพบว่าจุดตัดของค่า LL และ PI อยู่ในบริเวณของกลุ่ม CL ซึ่งแสดงถึงดินเหนียวที่มีความยืดหยุ่นต่ำ (Low Plasticity Clay)

3.2.4 Compaction Test

จากการทดสอบหาค่าความหนาแน่นของดินในห้องปฏิบัติการ (Compaction Test) พบว่า วัสดุ ดินตัวอย่างมี ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด (Maximum Dry Density) เท่ากับ 1.775 ตัน/ลูกบาศก์ เมตร (T/m^3) ที่ ค่าความชื้นเหมาะสม (Optimum Moisture Content) เท่ากับ 15.25% ซึ่งแสดงถึง สภาวะที่เหมาะสมในการบดอัดวัสดุเพื่อให้ได้ความแน่นสูงสุดตามธรรมชาติของดินผสมชนิดนี้

ในการนำผลไปประยุกต์ใช้สำหรับงานสนาม ได้กำหนดค่าความหนาแน่นแห้งในสนาม (Field Dry Density) ไว้ที่ 70% ของค่าความหนาแน่นสูงสุดที่ได้จากการทดลอง หรือเท่ากับ 1.243 ตัน/ลูกบาศก์ เมตร (T/m^3) โดยค่าดังกล่าวจะใช้เป็นเกณฑ์สำหรับการควบคุมคุณภาพการถมหรือบดอัดดินในพื้นที่ ทดสอบ เพื่อให้แน่ใจว่าดินแต่ละแปลงมีความหนาแน่นเท่ากัน และไม่แน่นจนไม่เหมาะสมสภาพการ เจริญเติบโตของพืช



ตารางที่ 3.3 การทดสอบ Compaction Test

COMPACTION TEST					
PROJECT	URBAN OASIS : CITY GARDEN		SAMPLE NUMBER	1	
SOIL DESCRIPTION	CLAY+FINE SAND		DATE OF TEST	9/11/2023	
LOCATION	CCA		TEST BY	RITTIRONG P. , ATHITA L.	
TYPE OF COMPACTION <u>STANDARD PROCTOR TEST</u>					
MOLD SIZE	ø6"x5"	MOLD VOLUME	2136.72	cc	
DENSITY DETERMINATION :					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WT. OF SOIL + MOLD ,g	6,346	6,670	7,016	7,027	6,857
WT. OF MOLD ,g	2,670	2,670	2,670	2,670	2,670
WT. OF SOIL IN MOLD ,g	3,676	4,000	4,346	4,357	4,187
WET DENSITY ,g/cc (T/m ³)	1.720	1.872	2.034	2.039	1.960
DRY DENSITY ,g/cm ³ (T/m ³)	1.570	1.674	1.771	1.735	1.616
WATER CONTENT :					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CONTAINER ,g	107.36	108.60	124.68	129.45	169.52
DRY SOIL + CONTAINER ,g	99.29	98.98	110.22	112.44	142.48
WT. OF CONTAINER ,g	14.84	17.65	12.77	15.48	15.10
WT. OF WATER ,g	8.07	9.62	14.46	17.01	27.04
WT. OF DRY SOIL ,g	84.45	81.33	97.45	96.96	127.38
% WATER CONTENT	9.56	11.83	14.84	17.54	21.23
OPTIMUM MOISTURE CONTENT (O.M.C.)	15.25%	MAXIMUM DRY DENSITY	1.775		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การเตรียมและทดสอบเทียบเซนเซอร์

3.3.1 Soil Water Potential Sensor (Model: MPS6) และ Tensiometer

การสอบเทียบ MPS6 และ Tensiometer ทำโดยการใช้ดินตัวอย่างที่ความชื้นต่างระดับ (Wet → Field Capacity → Dry) แล้วฝังเซนเซอร์ในดิน ตรวจสอบการตอบสนองของเซนเซอร์โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานจากห้องปฏิบัติการ

การเตรียมก่อนใช้งานสำหรับ MPS6 ให้แช่หัวเซนเซอร์ในน้ำเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง เพื่อให้เซนเซอร์มีค่าความชื้นสมดุลใกล้เคียงกับสภาวะใช้งานจริง ตรวจสอบสายเชื่อมต่อกับ Data logger สำหรับการรับข้อมูลให้พร้อมใช้งาน ส่วน Tensiometer ให้แช่หัวเซนเซอร์ในน้ำเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ปิดหัวเซรามิกแน่นและทำการดูดอากาศออกจากท่อโดยใช้ Syringe จากนั้นแช่หัวเซรามิกในน้ำไว้ก่อนนำไปใช้เพื่อเพิ่มความไวในการตอบสนอง

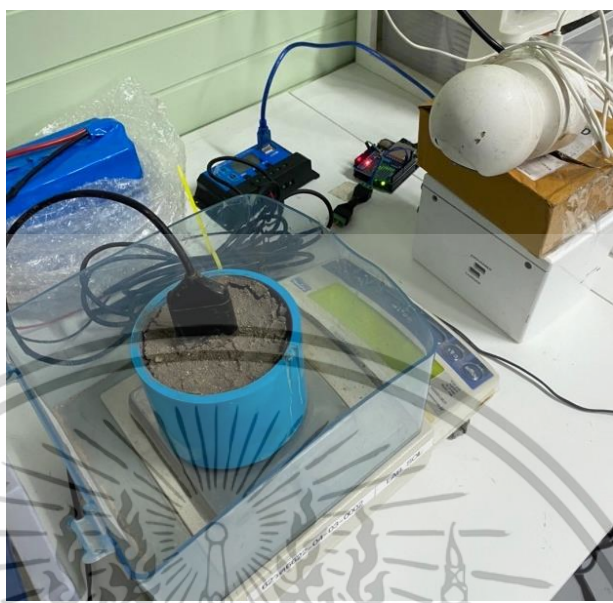
3.3.2 Water Content Sensor

การสอบเทียบ Water Content Sensor ทำโดยการฝังเซนเซอร์ในดินตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งแล้วเติมน้ำในปริมาณที่รู้ค่าความชื้นแน่นอน (%w/w) จากนั้น สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่เซนเซอร์อ่านได้ กับค่าความชื้นจริง เพื่อใช้เป็นเส้นสอบเทียบ (Calibration Curve)

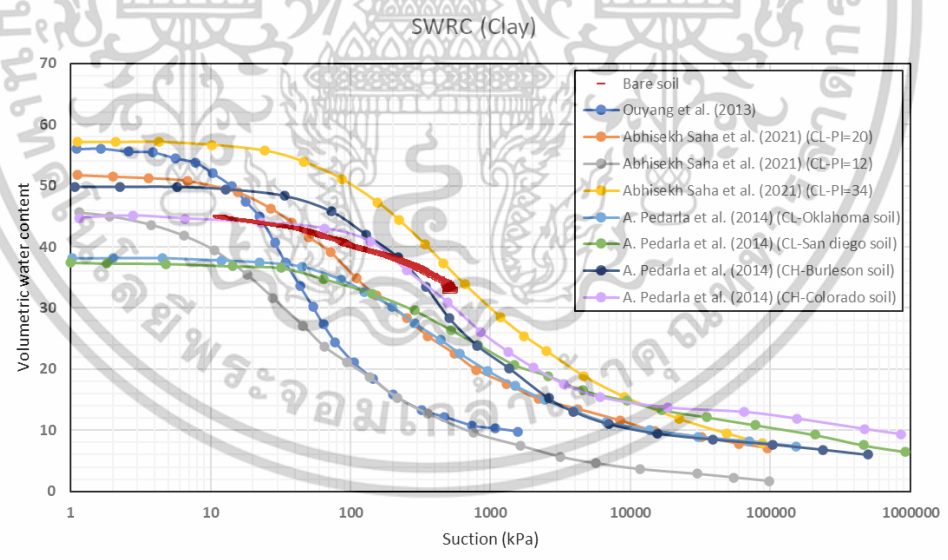
3.4 ทดสอบหาค่า SWRC ของดินเปล่าในห้องทดลอง

การทดสอบหาค่า SWRC ของดินเปล่าในห้องทดลอง สำหรับดินที่จะใช้ในพื้นที่ศึกษา โดยการนำดินไปบรรจุในกระบอกทดสอบ (Soil Column) ทำการควบคุมความชื้น แล้ววัดค่าศักย์น้ำในดินด้วย MPS6 Sensor ตามช่วงแรงดูด (Suction) ที่ต้องการ โดยขณะที่วัดความดันนั้นจะมีการวางกระบอกทดสอบไว้บนตราซัง แล้วทำการบันทึกค่าน้ำหนักที่หายไปพร้อมกับค่าความดันที่เปลี่ยนแปลงไปด้วย กระบวนการทดสอบเริ่มจากการทำให้ดินเปียกเต็มที่ (Saturation) แล้วปล่อยให้ระบายน้ำตามลำดับ จนเกิดสภาวะ Field Capacity, Wilting Point และสุดท้ายคือ Residual Water Content โดยวัดค่าความชื้น (θ) ควบคู่กับความดันน้ำ (ψ) ในแต่ละช่วง ค่าที่ได้ถูกนำไปสร้างกราฟ Soil Water Retention Curve (SWRC) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Volumetric Water Content (θ) และ Matric Suction (ψ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ทดสอบหาค่า SWRC ของดินเปลาในห้องทดลอง



รูปที่ 3.10 SWRC ของดินเปลาในห้องทดลองเทียบกับงานวิจัยที่มีอยู่เดิม

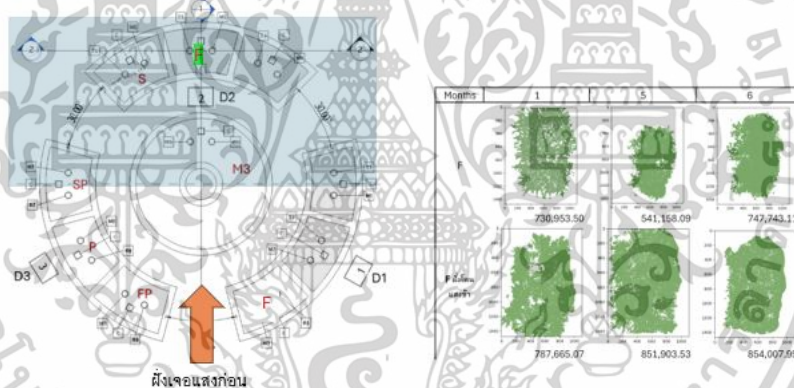
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 เตรียมแปลงสำหรับการทดสอบในสนาม

3.5.1 วางผังแปลง และแบ่งแปลงทดสอบในสนาม



รูปที่ 3.11 วางผังแปลง และแบ่งแปลงทดสอบในสนาม



รูปที่ 3.12 เทียบแปลงทดสอบที่มีผลต่อแสงที่ไม่เท่ากันในสนาม

หมายเหตุ : จากแผนผังภาพจะเห็นได้ว่าฝั่งที่เจอแสงก่อนจะเป็น F, FP, P และ SP, M3 (SFP) บางส่วน ส่วนแปลง S นั้นจะได้รับแสงช้ากว่าแปลงอื่นๆ ประมาณ 2-3 ชม. ในแต่ละวัน ซึ่งจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตต่างออกไป โดยในแปลงทดสอบอื่นนอกเหนือจากทั้ง 6 แปลงจากทดสอบ ได้มีการปลูกพืชชนิดเดียวกันไว้แต่อยู่คนละฝั่ง (F) สำหรับการทดลองอื่น เมื่อนำลักษณะพื้นที่ไปมาเปรียบเทียบจะพบว่า ฝั่งที่โดนแสงช้าจะมีปริมาณใบเยอะกว่า อาจจะเป็นเนื่องจากสภาพภูมิอากาศที่ค่อนข้างร้อนและแห้งแล้งของพื้นที่ ทำให้ฝั่งที่โดนแสงน้อยจะมีแนวโน้มที่จะโตดีกว่า (สำหรับพืชชนิดเดียวกัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 เตรียมดินปลูกด้วยดินเหนียวกับทรายละเอียด ในอัตราส่วน 1:1



รูปที่ 3.13 เตรียมดินปลูก

3.5.3 ทำการติดตั้ง Sensor box และ Camera box



รูปที่ 3.14 ทำการติดตั้ง Sensor box และ Camera box

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 นำต้นไม้ลงดิน



รูปที่ 3.15 นำต้นไม้ลงดิน

3.5.5 ติดตั้ง Sensor และ Data Logger



รูปที่ 3.16 ติดตั้ง Sensor และ Data logger

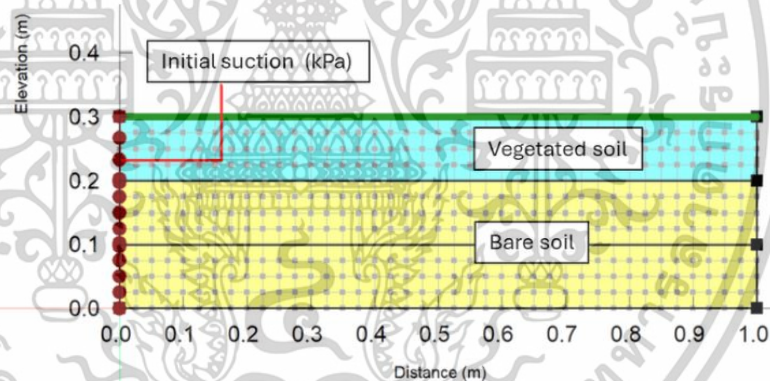
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การสร้างแบบจำลองการซึมน้ำของดินด้วยไฟไนท์อิลเมนต์

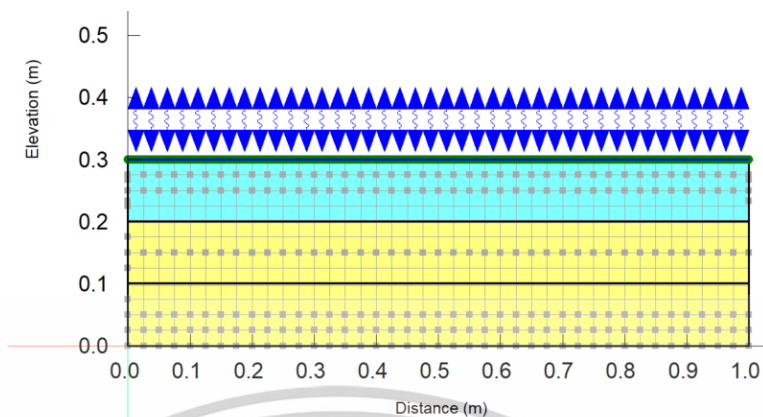
หลังจากการเก็บข้อมูลภาคสนามแล้ว ข้อมูลที่ได้จากการวัดค่า SWRC ในดินตลอดช่วงฤดูกาล จะถูกนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองการซึมน้ำในดิน (Soil Water Infiltration Model) เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการซึมน้ำในดินภายใต้สภาวะปริมาณฝนและชนิดพืชที่แตกต่างกัน

3.6.1 Model geometry

จากรูปที่ 3.17 แสดง Model geometry และ State 1 Analysis type : Steady-State สำหรับการวิเคราะห์การซึมน้ำ ด้วยไฟไนท์อิลเมนต์ โดยใช้ GeoStudio ในการวิเคราะห์นี้มีขั้นตอนการ จำลอง ดังนี้ ขั้นตอนแรก ใช้ SEEP/W ในการวิเคราะห์ โดยมีการกำหนดค่า initial suction ทำค่าได้แก่ 10, 15, 20 และ 25 kPa เป็นการตั้งค่า เริ่มต้นเพื่อจำลองสภาพดินก่อนที่จะมีการเพิ่มน้ำ ขั้นตอนที่สองจำลอง (รูปที่ 3.18)



รูปที่ 3.17 Model geometry และ State 1 Analysis type : Steady-State



รูปที่ 3.18 State 2 Analysis type : Transient

3.6.2 พารามิเตอร์สำหรับการวิเคราะห์ในโมเดล

ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการซึมน้ำของดินด้วยแบบจำลองเชิงตัวเลข ได้ทำการจำลองสถานการณ์ภายใต้ ค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุม ได้แก่ อัตราการตกของฝน (Rainfall Intensity) และ แรงดูดเริ่มต้นของดิน (Initial Suction; S_i) , SWRC ของดินแต่ละกรณี ซึ่งส่งผลต่อพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน ดังนี้

ตารางที่ 3.4 สรุปกรณีการวิเคราะห์การซึมน้ำของดินด้วยไฟไนท์อีเลเมนต์

Rainfall (mm/d)	Initial suction – S_i (kPa)				
	5	10	15	20	25
แปลงพืชเดี่ยว - ซัลเวีย (S)					
1.5	S1.5 – 5	S1.5 – 10	S1.5 – 15	S1.5 – 20	S1.5 – 25
15	S15 – 5	S15 – 10	S15 – 15	S15 – 20	S15 – 25
35	S35 – 5	S35 – 10	S35 – 15	S35 – 20	S35 – 25
แปลงพืชเดี่ยว - หลิวใต้หวัน (F)					
1.5	F1.5 – 5	F1.5 – 10	F1.5 – 15	F1.5 – 20	F1.5 – 25
15	F15 – 5	F15 – 10	F15 – 15	F15 – 20	F15 – 25
35	F35 – 5	F35 – 10	F35 – 15	F35 – 20	F35 – 25
แปลงพืชเดี่ยว - พยับหมอก (P)					
1.5	P1.5 – 5	P1.5 – 10	P1.5 – 15	P1.5 – 20	P1.5 – 25
15	P15 – 5	P15 – 10	P15 – 15	P15 – 20	P15 – 25
35	P35 – 5	P35 – 10	P35 – 15	P35 – 20	P35 – 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปลงพืชผสม - ซัลเวีย, พยับหมอก (SP)					
1.5	SP1.5 – 5	SP1.5 – 10	SP1.5 – 15	SP1.5 – 20	SP1.5 – 25
15	SP15 – 5	SP15 – 10	SP15 – 15	SP15 – 20	SP15 – 25
35	SP35 – 5	SP35 – 10	SP35 – 15	SP35 – 20	SP35 – 25
แปลงพืชผสม - หลิวใต้หวัน, พยับหมอก (FP)					
1.5	FP1.5 – 5	FP1.5 – 5	FP1.5 – 5	FP1.5 – 5	FP1.5 – 5
15	FP15 – 5	FP15 – 5	FP15 – 5	FP15 – 5	FP15 – 5
35	FP35 – 5	FP35 – 5	FP35 – 5	FP35 – 5	FP35 – 5
แปลงพืชผสมสามชนิด - SFP					
1.5	SFP1.5 – 5	SFP1.5 – 10	SFP1.5 – 15	SFP1.5 – 20	SFP1.5 – 25
15	SFP15 – 5	SFP15 – 10	SFP15 – 15	SFP15 – 20	SFP15 – 25
35	SFP35 – 5	SFP35 – 10	SFP35 – 15	SFP35 – 20	SFP35 – 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

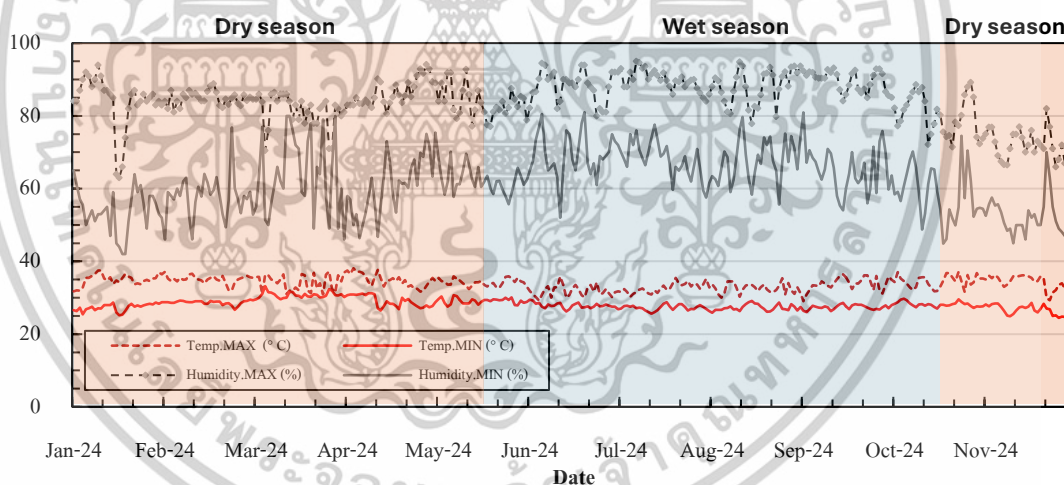
ผลการศึกษา

4.1 ข้อมูลในสนามและ สภาพภูมิอากาศในพื้นที่

4.1.1 สภาพภูมิอากาศของพื้นที่

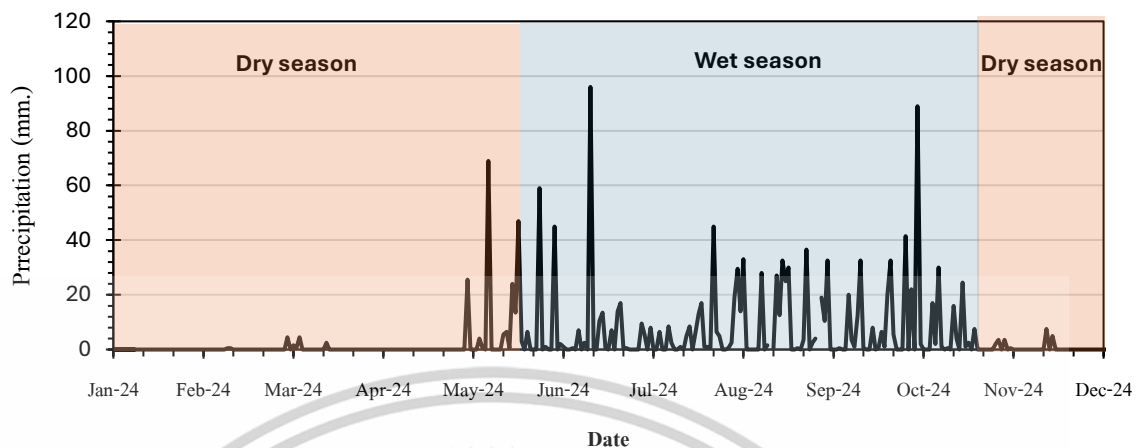
รูปที่ 4.1 พื้นที่ศึกษามี อุณหภูมิสูงสุดรายวัน (Temp.MAX) เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 33–37°C และ อุณหภูมิต่ำสุด (Temp.MIN) เฉลี่ย 24–28°C โดยมีอุณหภูมิสูงในช่วงฤดูร้อน (เม.ย.–มิ.ย.) ส่วนค่า ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด (Humidity.MAX) อยู่ที่ 80–90% ตลอดปี โดยเฉพาะช่วงฤดูฝน (พ.ค.–ต.ค.) และ ฝนเริ่มตกตั้งแต่ปลายเดือนเมษายน และเข้าสู่ช่วงที่มีฝนตกหนักชัดเจนในช่วง พฤษภาคมถึงกันยายน

รูปที่ 4.2 ข้อมูลน้ำฝนได้จากระบบตรวจวัดปริมาณน้ำฝน สำนักการระบายน้ำ สถานีคลองประเวศบุรีรมย์ ตอนลาดกระบัง ระยะทาง 2.57 km จากสนามทดสอบ



รูปที่ 4.1 อุณหภูมิ และค่าความชื้นสัมพัทธ์รายวันในพื้นที่ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

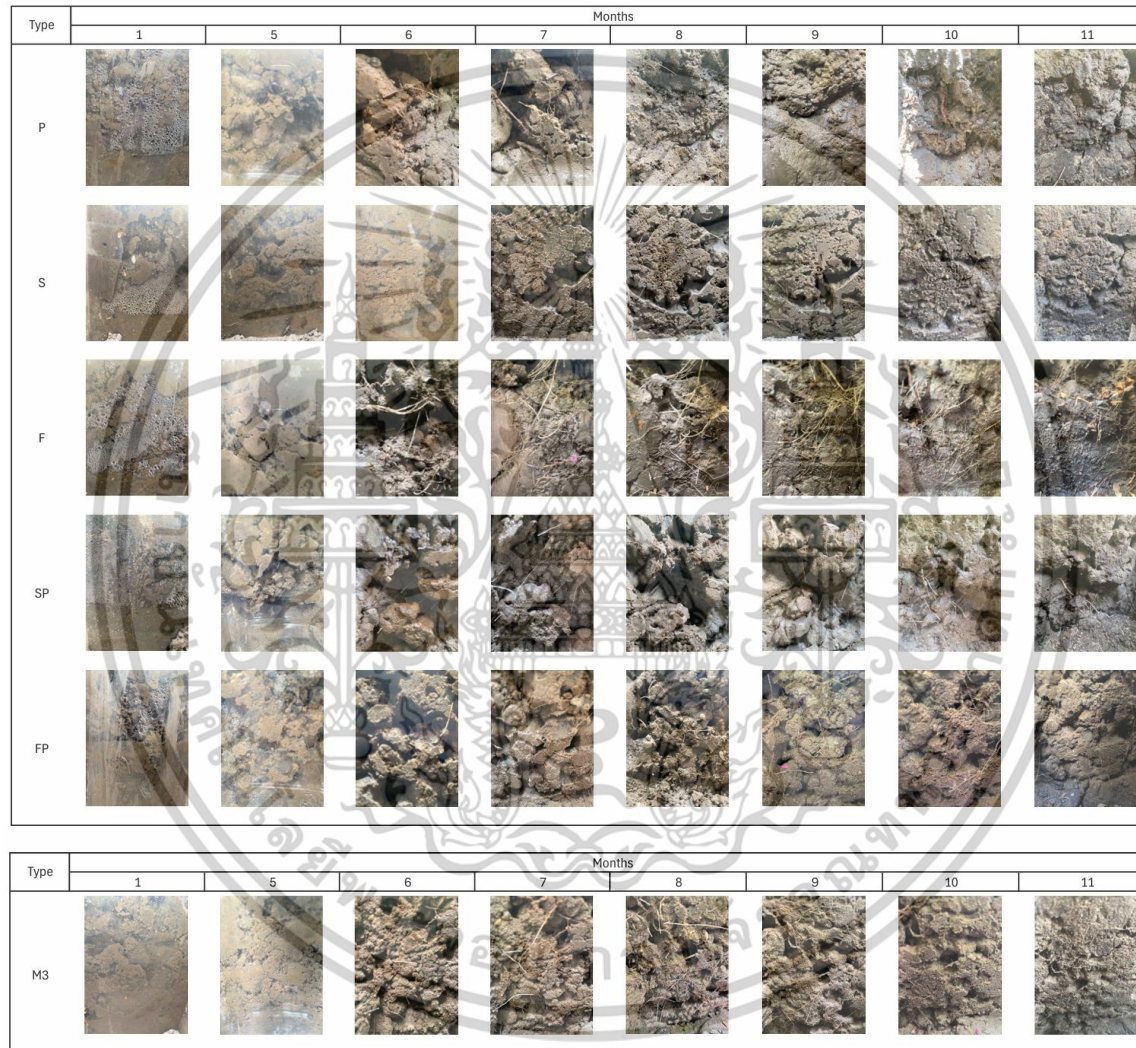


รูปที่ 4.2 ปริมาณน้ำฝนจากระบบตรวจวัดปริมาณน้ำฝน สำนักการระบายน้ำ สถานีคลองประเวศ

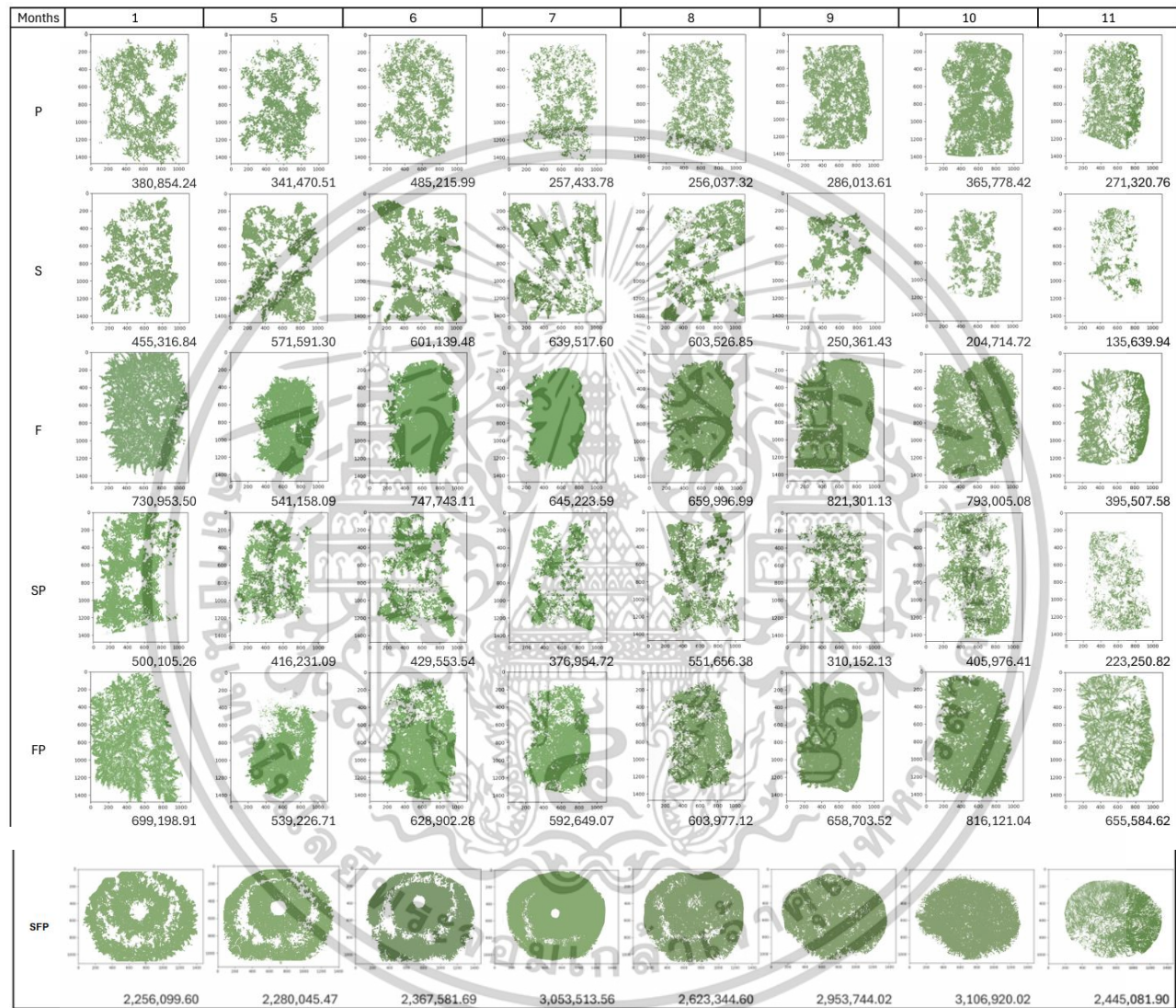


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การเปลี่ยนแปลงของรากพืช (Root) และพื้นที่ปกคลุมผิวดินของพืช (Canopy cover)



รูป 4.3 การเปลี่ยนแปลงของรากพืช (Root)



รูปที่ 4.4a พื้นที่ปกคลุมผิวดินของพืช (Canopy cover)



รูปที่ 4.4b Leaf Area Index (LAI)

การวัดพื้นที่ปกคลุมผิวดินและรากของพืช จะใช้การถ่ายภาพเทียบการเปลี่ยนแปลงเดือนละครั้ง เพื่อช่วยให้สามารถเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณในฤดูกาลเดียวกัน ซึ่งจะช่วยลดผลกระทบจากความแตกต่างของฤดูกาลที่อาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (พืชตพร ผลเกิดดี , 2560) ในส่วนของพื้นที่ปกคลุมผิวดินจะใช้ซอฟต์แวร์วิเคราะห์ภาพ (ImageJ) โดยการวิเคราะห์ผลได้มีการเทียบสเกลจากวัตถุจริงแล้วปรับสเกลแล้ว ผลการวัดและวิเคราะห์เป็นไปตามรูปที่ 4.4 ส่วนการเปลี่ยนแปลงของรากพืช (รูปที่ 4.3) จะเป็นข้อมูลภาพธรรมดาเนื่องจากรากมีขนาดเล็กและสีของรานั้นใกล้เคียงกับสีดิน เพราะฉะนั้นการวิเคราะห์โดยใช้ภาพจริงจะง่ายต่อการวิเคราะห์มากกว่า

จากรูป 4.3 ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงของรากพืชในช่วงการวัดผล พบว่าการเจริญเติบโตของรากในแต่ละแปลงมีลักษณะแตกต่างกัน โดยเริ่มมีการแตกรากและสร้างรอยแยกในดินอย่างชัดเจนหลังเดือนที่ 6 ดังนี้ แปลง P (พยับหมอก - ปลูกลเดี่ยว) และแปลง S (ซัลเวีย - ปลูกลเดี่ยว) พบว่ารากมีลักษณะต้นและกระจุกตัวบริเวณผิวดิน โดยมีรากใต้ดินค่อนข้างน้อย สอดคล้องกับลักษณะของสายพันธุ์พืชที่มีระบบรากเป็นพุ่มแนวตั้งแคบในแปลง P และแผ่กระจายแนวนอนในแปลง S ตามลำดับ สำหรับแปลง F (หลิวใต้หวัน - ปลูกลเดี่ยว) พบว่ารากเจริญเติบโตได้ทั้งแนวตั้งและแนวราบอย่างรวดเร็ว มีทั้งรากแกนหลักและรากแขนง ซึ่งจะสร้างโพรงลึกในดินได้เด่นชัดกว่าแปลงอื่นๆ โดยคาดว่าช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการซึมน้ำลงสู่ดินได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สุดเมื่อเทียบกับแปลงอื่น ด้านแปลง SP (ซัลเวีย + พยับหมอก) ซึ่งควรจะพัฒนาระบบรากผสมระหว่าง รากต้นและรากแนวตั้ง กลับมีโครงสร้างดินโปรงและการรวมตัวของก้อนดินคล้ายแปลง P มากกว่า แปลง FP (หลิวใต้หวัน + พยับหมอก) พบการกระจายของรากทั้งแนวลึกและแนวราบ แต่มีความสม่ำเสมอของ โครงข่ายรากน้อยกว่าแปลง F และสุดท้าย แปลง M3 (หลิวใต้หวัน + พยับหมอก + ซัลเวีย) คาดว่ามีการ พัฒนารากครบทั้งสามรูปแบบ ได้แก่ รากต้น รากแนวนอน และรากลึก ส่งผลให้ดินมีลักษณะร่วนซุยที่สุดใน บรรดาทุกแปลง แม้ว่าความหนาแน่นของรากโดยรวมจะยังคงน้อยกว่าแปลง F ก็ตาม ซึ่งในช่วงระหว่าง การทดสอบ ได้มีการสุ่มถอนต้นพืชบางส่วนออกจากแปลงเพื่อสังเกตลักษณะและปริมาณรากโดยตรง ผล การตรวจสอบพบว่า พืชหลิวใต้หวันมีปริมาณรากมากกว่าพืชอีกสองชนิด ดังแสดงในรูปประกอบ ข้อมูล จากการตรวจสอบภาคสนามนี้จึงสามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนเพิ่มเติมได้ว่า พืชหลิวใต้หวันมีแนวโน้มใน การเจริญเติบโตของรากมากกว่าแปลงอื่น ซึ่งสอดคล้องกับผลการถ่ายภาพรากจาก Camera box ก่อน หน้านี้



รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงของรากพืช (Root) จากการสุ่มถอนระหว่างทดสอบ

จากรูป 4.4a และ 4.4b การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ปกคลุมผิวดินของพืช (Canopy cover) และ Leaf Area Index (LAI) คือ ดัชนีพื้นที่ใบไม้ ตามลำดับ พบว่าค่า Leaf Area Index ต่อพื้นที่ (LA/A) ของพืชใน แปลงทดลองตลอดช่วงเวลา 11 เดือน พบความแตกต่างของพฤติกรรมเจริญเติบโตระหว่างชนิดพืช และรูปแบบการปลูกอย่างชัดเจน โดยในช่วงเดือนที่ 1–5 ถือเป็นระยะเริ่มต้นของการเจริญเติบโต แปลง S แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของ LA/A อย่างต่อเนื่องและโดดเด่นสูงสุด 25.54% ขณะที่แปลงอื่นๆ มี LA/A ลดลง เนื่องจากเป็นช่วงของการปรับตัวของพืชประกอบกับเป็นช่วงฤดูร้อนทำให้พืชส่วนใหญ่มีแนวโน้มพื้นที่ปก คลุมใบบางลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่วงเดือนที่ 5 ถึง 8 ซึ่งสอดคล้องกับช่วงต้นฤดูฝนจนถึงกลางฤดูฝน กราฟแสดงให้เห็นว่าแปลงพืชผสม เช่น FP, SFP และ SP รวมถึงแปลงเดี่ยวอย่าง F มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่า LA/A อย่างเด่นชัด โดยเฉพาะแปลง SP, F และ SFP ที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงถึง 32.54%, 21.96% และ 15.06% ตามลำดับ ส่วนแปลง FP เพิ่มขึ้นที่ระดับ 12.01% ซึ่งสะท้อนถึงการฟื้นตัวของพืชหลังจากฤดูแล้ง และการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่มีฝนตกเพียงพอ ส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตและขยายพื้นที่ใบได้มากขึ้น สำหรับแปลง S (ซัลเวีย) มีการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ขณะที่แปลง SP แม้จะเพิ่มขึ้นเด่นชัดในเดือนที่ 6 แต่กลับลดลงถึง 25.02% ในเดือนที่ 7 แสดงถึงความผันผวนในการตอบสนองต่อสภาพฝน ทั้งนี้ โดยภาพรวมแสดงให้เห็นว่าแปลงที่มีองค์ประกอบของหลิวไต้หวัน (F) จะสามารถรักษาค่า LA/A ให้อยู่ในระดับสูงได้สม่ำเสมอ สะท้อนถึงบทบาทสำคัญของพืชที่มี canopy หนาแน่นและระบบรากแข็งแรงในการเพิ่มประสิทธิภาพการปกคลุมผิวดินในช่วงฤดูฝน

ในช่วงเดือนที่ 8 ถึง 10 ซึ่งสอดคล้องกับช่วงปลายฤดูฝน กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า LA/A อย่างชัดเจน โดยแปลงที่มีหลิวไต้หวันเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ FP, F และ SFP ยังคงสามารถรักษาพื้นที่ใบได้ดี โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่า LA/A อยู่ที่ 35.12%, 20.15% และ 18.43% ตามลำดับ สะท้อนถึงความสามารถในการคงพื้นที่ปกคลุมของพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้สภาพแวดล้อมที่เริ่มแห้งลง ในทางกลับกัน แปลง S และ SP แสดงค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ 66.08% และ 26.42% ตามลำดับ ขณะที่แปลง P แม้จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นถึง 43.86% ในช่วงก่อนหน้า แต่ค่า LA/A ยังคงอยู่ในระดับต่ำตลอดช่วง แสดงถึงลักษณะเฉพาะของพืชที่มีพื้นที่ใบจำกัด โดยสรุปแล้วแปลงที่มีหลิวไต้หวันเป็นส่วนประกอบ ไม่ว่าจะในรูปแบบเดี่ยวหรือผสม มีความสามารถในการรักษาค่า LA/A ได้ดีกว่าแปลงอื่นอย่าง

ในช่วงปลายปี ระหว่างเดือนที่ 10 ถึง 11 ซึ่งเป็นช่วงต้นฤดูแล้งอย่างชัดเจน กราฟแสดงให้เห็นถึงการลดลงของค่า LA/A ในทุกแปลง โดยเฉพาะแปลง S (ซัลเวีย) ที่ลดลงต่อเนื่องจากเดือนก่อนหน้าและอยู่ในระดับต่ำที่สุด เช่นเดียวกับแปลง SP และ P ที่ลดลงอย่างชัดเจน แสดงถึงการทิ้งใบและหยุดการเจริญเติบโตของพืชจากความแห้งแล้งที่รุนแรงขึ้น ในทางกลับกัน แปลงที่มีหลิวไต้หวันเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ F, FP และ SFP แม้จะมีค่าลดลงเช่นกัน แต่ยังคงรักษาค่า LA/A ให้อยู่ในระดับสูงกว่าพืชเดี่ยวและแปลงผสมอื่น สะท้อนถึงความสามารถในการปรับตัวและคงพื้นที่ปกคลุมผิวดินในสภาพที่มีน้ำน้อยได้ดีกว่า โดยเฉพาะหลิวไต้หวันที่มีระบบรากลึกและ canopy หนาแน่น ซึ่งช่วยลดการสูญเสียน้ำและรักษาความชื้นในดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โดยข้อมูลพื้นที่ปกคลุมผิวดินและการเติบโตของรากนี้เป็นหนึ่งในข้อมูลที่สำคัญที่จะประกอบการวิเคราะห์ผลของการตอบสนองของทั้ง suction และ VWC ที่จะเกิดขึ้นขณะเกิดฝน เนื่องจากลักษณะเฉพาะของพื้นที่ปกคลุมนี้ของพืชจะมีผลต่อแรงของหยดน้ำและเวลาในการที่น้ำจะสัมผัสกับดินช่วงของการเกิดฝน (พงษ์ศักดิ์ วิทวัสสุติกุล และคณะ, 2538) และอีกทั้งมีผลต่อการเกิดการคายระเหยของพืชที่จะช่วยในการระบายน้ำหลังเกิดฝนได้ด้วย ส่วนรากเองก็มีผลต่อการช่วยทั้งด้านการดูดน้ำ (Evapotranspiration) ได้ดีขึ้นเมื่อเทียบกับการระเหยปกติ (Evaporation) อีกทั้งยังช่วยเรื่องการปรับโครงสร้างของดินเองโดยการเพิ่มรูพรุนให้กับดินซึ่งในระยะยาวก็จะมีผลทำให้ดินเกิดโครงสร้างใหม่ได้ ซึ่งคาดว่าจะส่งเสริมการซึมน้ำได้

4.2 การตอบสนองทางอุทกธรณีวิทยาของแต่ละแปลงการศึกษา

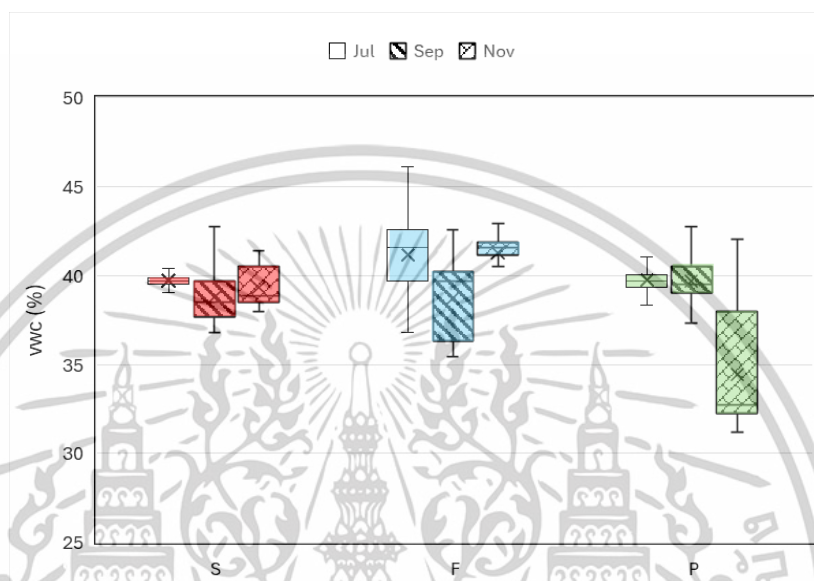
4.2.1 การตอบสนองของ VWC

รูปที่ 4.6 และ 4.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นในดิน (Volumetric Water Content: VWC) ที่วัดได้จากแต่ละแปลง ทั้งในกลุ่มพืชแปลงเดี่ยวและพืชแปลงผสม ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.6 พบว่า ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงพฤศจิกายน ค่า VWC ของแต่ละแปลงแสดงพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันชัดเจนตามฤดูกาล โดยในแปลงชลเวีย (S) ค่า VWC ค่อนข้างคงที่อยู่ในช่วงประมาณ 39–41% ตลอดทั้งสามเดือน แสดงถึงลักษณะของดินที่มีแนวโน้มอุ้มน้ำสูงและมีการระเหยหรือระบายน้ำต่ำ ส่วนแปลงหลิวใต้หวน (F) แม้จะมีค่า VWC สูงสุดในเดือนกรกฎาคม (เฉลี่ยเกือบ 43%) แต่กลับลดลงในเดือนกันยายน (เหลือ ~38%) ก่อนจะกลับมาเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในเดือนพฤศจิกายน แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมดินที่สามารถระบายน้ำได้รวดเร็วในช่วงกลางฤดูฝน ก่อนจะเก็บความชื้นได้อีกครั้งในช่วงต้นฤดูแล้ง ซึ่งสะท้อนถึงโครงสร้างของรากและดินที่มีความสมดุลระหว่างการซึมผ่านและการกักเก็บน้ำประกอบกับพื้นที่ใบที่สูงทำให้ลดการระเหยในช่วงหน้าร้อนได้ สำหรับแปลงพยัคฆมอก (P) ค่า VWC เริ่มต้นเดือนกรกฎาคมและกันยายนอยู่ในระดับปานกลาง (~39–40%) แต่ในเดือนพฤศจิกายนค่า VWC ลดลงอย่างชัดเจน โดยมีค่าต่ำสุดเฉลี่ยใกล้ 35% และมีความแปรปรวนสูงสะท้อนถึงศักยภาพในการรักษาความชื้นที่ลดลงอย่างมากในช่วงฤดูแล้ง และอาจเกี่ยวข้องกับพื้นที่ใบที่ลดลงรวดเร็วและรากที่ต้นไม่สามารถดูดซับน้ำได้เพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสรุป แปลง F แสดงความสามารถในการระบายน้ำและเก็บรักษาความชื้นได้ดีเมื่อเข้าสู่ฤดูแล้ง ขณะที่แปลง S มีค่าคงที่และชะลอการระเหยน้ำได้ดี ส่วนแปลง P มีความสามารถในการรักษาความชื้นต่ำที่สุดในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูล LA/A ก่อนหน้า

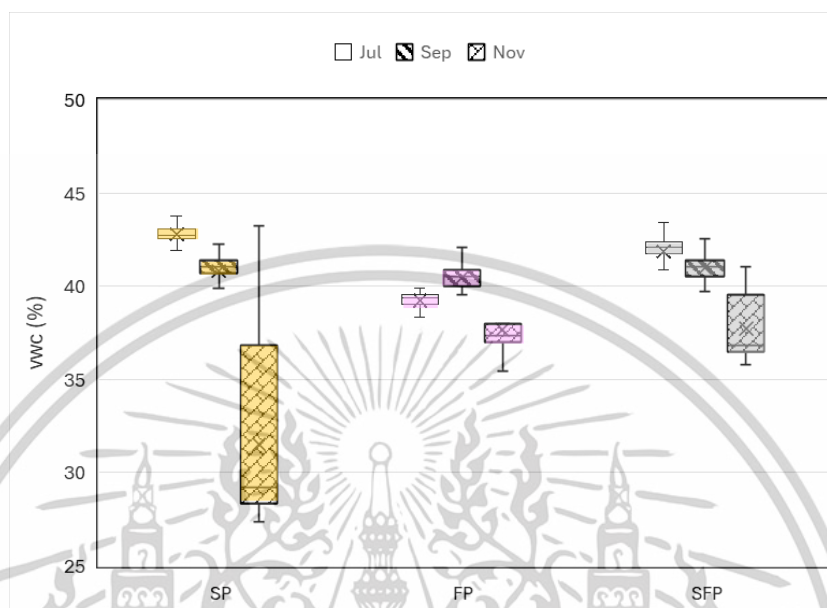


รูปที่ 4.6 ข้อมูลการวัด VWC ของพืชแปลงเดี่ยว

จากรูปที่ 4.7 แสดงข้อมูลการวัดปริมาณความชื้นในดิน (VWC) ของแปลงพืชผสม พบว่าในช่วงฤดูฝน (กรกฎาคมถึงกันยายน) ค่า VWC ของทุกแปลงอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 39% ถึง 43% แสดงถึงความสามารถในการซึมผ่านและกักเก็บน้ำของดินที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลการกระจายของรากที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างแปลง อย่างไรก็ตาม เมื่อเข้าสู่เดือนพฤศจิกายนซึ่งเป็นช่วงต้นฤดูแล้ง พบว่าแปลง SP (ซัลเวีย + พยับหมอก) แสดงค่าความชื้นเฉลี่ยลดลงอย่างชัดเจน พร้อมทั้งมีความแปรปรวนของข้อมูลสูงที่สุด โดยช่วงค่ากระจายของ VWC กว้างตั้งแต่ต่ำกว่า 30% ไปจนถึงมากกว่า 43% สะท้อนถึงการระเหยน้ำจากดินที่เพิ่มสูงขึ้นภายใต้สภาพอากาศแห้ง

เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลพื้นที่ใบ (LA/A) พบว่าแปลง SP มีค่า LA/A ต่ำสุดในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งอาจส่งผลให้พื้นดินสัมผัสกับแสงแดดโดยตรงมากกว่าพืชแปลงอื่น ส่งผลให้เกิดการระเหยของน้ำจากดินมากขึ้น แม้จะมีปริมาณรากใกล้เคียงกันก็ตาม ในขณะที่แปลง FP และ SFP ซึ่งมีค่า LA/A สูงกว่าสามารถรักษา

ระดับความชื้นในดินได้ดีกว่า สะท้อนถึงบทบาทสำคัญของ canopy cover ในการช่วยลดการสูญเสียน้ำจากดินโดยตรงในช่วงที่มีฝนน้อยหรือฝนหยุดตก



รูปที่ 4.7 ข้อมูลการวัด VWC ของพืชแปลงผสม

จากการเปรียบเทียบพฤติกรรมของทั้ง 6 แปลงทดลอง ได้แก่ S, P, F, SP, FP และ SFP พบว่า ปัจจัยด้านชนิดพืช พื้นที่ใบ (LA/A) และระบบราก มีผลร่วมกันต่อความสามารถในการรักษาความชื้นในดินอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละฤดูกาล โดยเฉพาะแปลงที่มีหลิวไต้หวัน (F) เป็นองค์ประกอบ เช่น F, FP และ SFP ซึ่งแสดงประสิทธิภาพในการกักเก็บและรักษาความชื้นได้ดีที่สุดตลอดปี ทั้งจากค่า VWC ที่สูงในฤดูฝนและลดลงช้ากว่าแปลงอื่นในช่วงฤดูแล้ง อันเป็นผลจากระบบรากที่ลึกและหนาแน่น ช่วยเพิ่มความพรุนของดินและเสริมความสามารถในการระบายน้ำในขณะเดียวกันก็เก็บความชื้นไว้ได้ดี นอกจากนี้ค่า LA/A ของแปลงเหล่านี้ยังอยู่ในระดับสูงอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดร่มเงาช่วยลดการระเหยน้ำจากผิวดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในทางตรงกันข้าม แปลงเดี่ยวอย่าง S และ P ซึ่งมีรากตื้นและพื้นที่ใบไม่มาก กลับแสดงการสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็วในฤดูแล้ง โดยเฉพาะแปลง SP แม้จะเป็นพืชผสมแต่มี LA/A ลดลงอย่างมากในช่วงปลายปี ทำให้ความชื้นในดินแปรปรวนสูง สรุปได้ว่าหลิวไต้หวันเป็นพืชที่มีศักยภาพสูงที่สุดในการเสริมสร้างเสถียรภาพของความชื้นในดินทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง จึงเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับใช้ในระบบปลูกพืชที่ต้องการควบคุมสมดุลน้ำในพื้นที่เมืองหรือพื้นที่เสี่ยงขาดแคลนน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

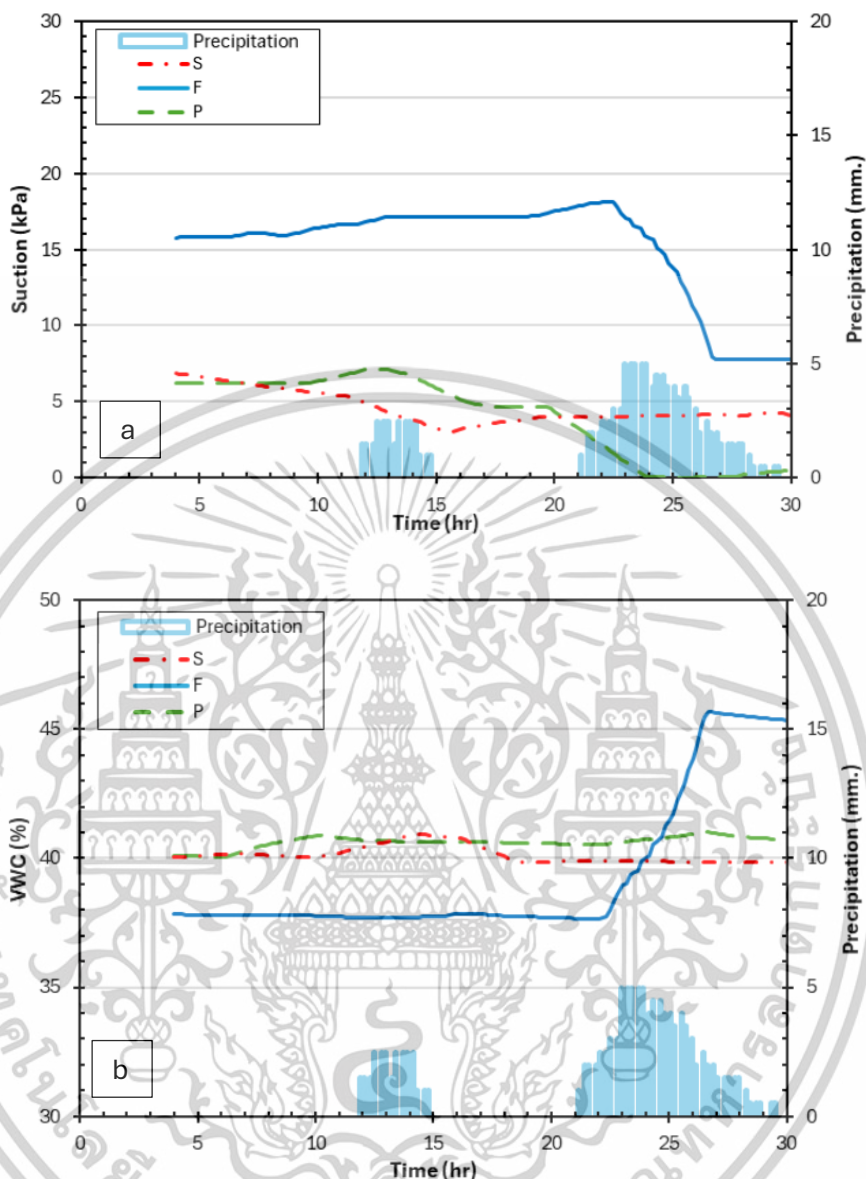
4.3 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของดินจากข้อมูลในสนาม

4.3.1 การตอบสนองทางอุทกธรณีวิทยาของแต่ละแปลงขณะฝนตก

4.3.1.1 พฤติกรรม Suction และ VWC ของแปลงพืชช่วงปริมาณฝนน้อย

จากรูปที่ 4.8 (a) ที่แสดงข้อมูลพฤติกรรมของ Suction ของพืชแต่ละชนิด (P, F, S) ช่วงที่มีฝนตกน้อย พบว่าแปลง F (หลิวใต้ห้วย) มีพฤติกรรมตอบสนองต่อฝนตกได้ชัดเจนที่สุด โดยค่า suction เริ่มต้นอยู่ที่ระดับสูง (~16 kPa) และคงที่ในช่วงเวลาหนึ่งก่อนจะลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากฝนตกหนักในช่วงชั่วโมงที่ 24 เป็นต้นไป แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการซึมน้ำได้ดีและรวดเร็วเมื่อดินได้รับน้ำเพียงพอ สะท้อนถึงโครงสร้างดินที่มีความพรุนและระบบรากลึกของพืชที่ช่วยเปิดช่องให้ดินดูดซึมน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่แปลง P (พยัคฆมอก) แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงของ suction ที่ค่อยเป็นค่อยไป โดยเริ่มลดลงทันทีที่ฝนตก แต่ในอัตราที่ช้ากว่า F แม้ดินจะตอบสนองต่อฝนเร็วกว่า F ในช่วงแรก แต่ก็สะท้อนว่าแปลง P มีความสามารถในการเก็บน้ำไว้จำกัด และอาจถึงจุดอิ่มตัวเร็วกว่าดินในแปลง F ส่วนแปลง S (ซัลเวีย) แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงของ suction ที่น้อยที่สุด แม้ในช่วงที่มีฝนตกอย่างต่อเนื่อง ค่าดังกล่าวยังคงค่อนข้างคงที่ในช่วง 4.5–6 kPa ตลอดเวลา แสดงให้เห็นว่าดินในแปลงนี้อาจอิ่มตัวอยู่ก่อนแล้ว หรือมีโครงสร้างดินที่ไม่สามารถรับน้ำได้ดี ทำให้ฝนที่ตกลงมาไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแรงดึงน้ำในดินได้

รูปที่ 4.8 (b) ค่า VWC ของแปลง F มีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงชัดเจนที่สุด โดยดินสามารถเก็บและระบายน้ำได้อย่างรวดเร็ว ส่วนแปลง P และ S ค่า VWC คงที่อยู่ที่ประมาณ 40% ตลอดเวลา ไม่ค่อยได้รับผลกระทบจากการตกของฝนมากนัก แสดงว่าน้ำไหลผ่านได้ยากในดินทั้งสองแปลงนี้ซึ่งแปลง S สอดคล้องกับค่า suction ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่ที่น่าสนใจก็คือขณะที่ค่า suction ของแปลง P ที่มีการขึ้นลงอย่างเห็นได้ชัดแต่ปริมาณน้ำในดินกลับไม่มีการเปลี่ยนแปลง พฤติกรรมดังกล่าวสามารถอธิบายได้ด้วยแนวคิดของ Soil Water Retention Curve (SWRC) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในดินและแรงดึงน้ำในดิน (suction) โดยดินบางประเภท โดยเฉพาะที่มีโครงสร้างรูพรุนขนาดเล็กหรือกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ อาจมีการเปลี่ยนแปลงของ suction ได้มากแม้มีการเปลี่ยนแปลงของความชื้นเพียงเล็กน้อยก็ตาม



รูปที่ 4.8 ผลของ suction (a) และ WWC (b) ของแต่ละแปลงเดี่ยวในช่วงเวลาฝนน้อย

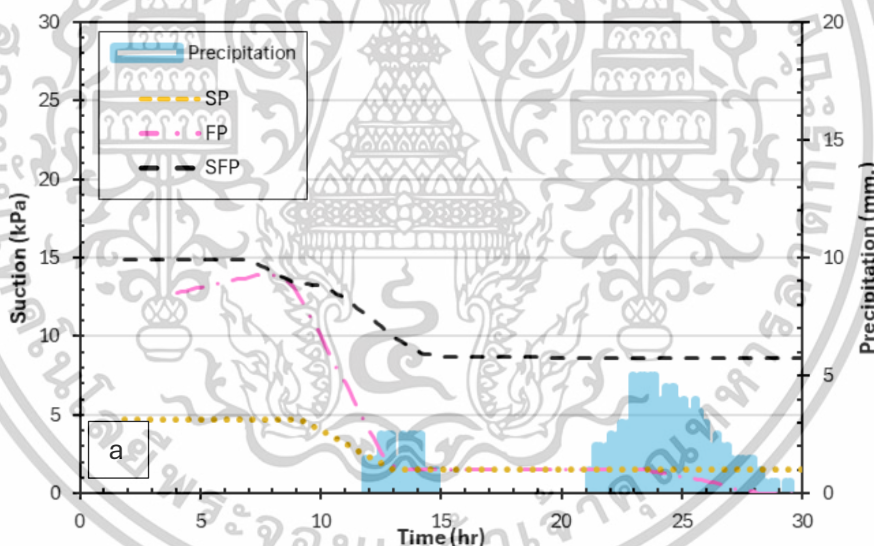
รูปที่ 4.9 (a) แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดึงน้ำในดิน (Suction) เทียบกับเวลา ภายใต้สถานการณ์ฝนตกน้อย เปรียบเทียบระหว่างแปลงผสม 3 แปลง ได้แก่ SP (ซัลเวีย + พยับหมอก), FP (หลิวใต้หวัน + พยับหมอก) และ SFP (หลิวใต้หวัน + ซัลเวีย + พยับหมอก) พบว่าแปลง FP (หลิวใต้หวัน + พยับหมอก) มีการเปลี่ยนแปลงของค่า suction อย่างชัดเจนที่สุด โดยลดลงจากประมาณ 14 kPa เหลือเพียง 2-3 kPa ภายในช่วงเวลาสั้น หลังจากเริ่มมีฝนตก แสดงถึงการตอบสนองของดินที่ไวและซึมน้ำได้รวดเร็ว อย่างไรก็ตาม ค่า WWC รูป 4.9 (b) ของแปลง FP กลับอยู่ในระดับต่ำที่สุดในบรรดาแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

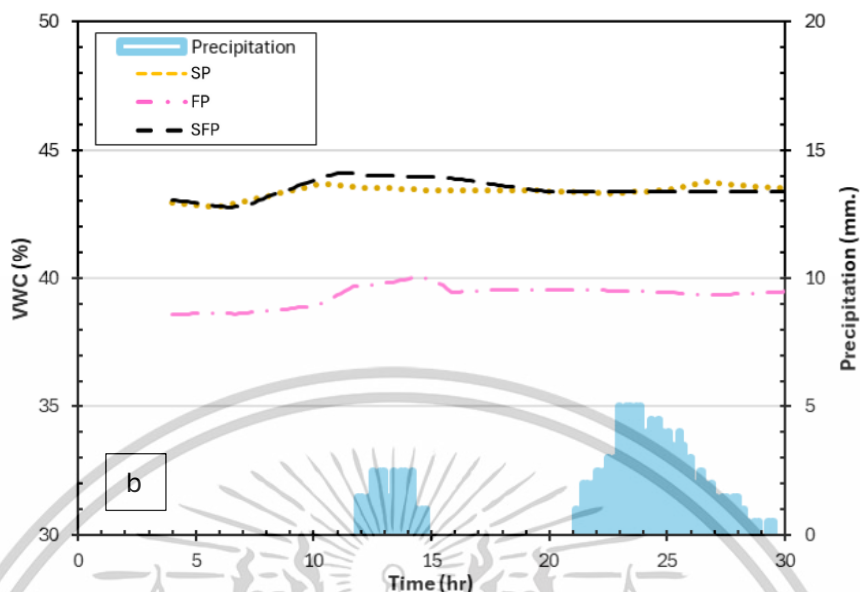
ผสม (ประมาณ 39–40%) และเปลี่ยนแปลงน้อย แม้จะมีฝนตกอย่างต่อเนื่อง สะท้อนว่าแม้ดินสามารถระบายน้ำเข้าได้ดี แต่พื้นที่ในการกักเก็บน้ำมีไม่มาก หรืออาจกล่าวได้ว่าแปลงอยู่ในช่วงเกือบอิ่มตัวอยู่แล้วนั่นเอง

ในขณะที่แปลง SP (ซัลเวีย + พยับหมอก) แสดงค่า suction ค่อนข้างคงที่ ตลอดช่วงเวลาประมาณ 4–5 kPa โดยไม่แสดงการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนแม้มีฝนตก และ VWC ก็อยู่ในระดับสูงตลอด (~44%) และคงที่ สะท้อนว่าแปลงนี้มีดินที่เก็บความชื้นได้ดีแต่ไม่สามารถดูดซึมหรือตอบสนองต่อฝนตกใหม่ได้มากนัก อาจเกิดจากโครงสร้างดินที่ใกล้อิ่มตัวแล้ว หรือมีลักษณะดินที่ฝนไม่สามารถแทรกซึมลึกลงไปได้

สำหรับแปลง SFP (หลิวใต้หวัน + ซัลเวีย + พยับหมอก) ซึ่งมีการรวมพืชทั้งสามชนิด พบว่า suction ลดลงอย่างช้า ๆ จาก ~15 kPa เหลือ ~8 kPa แสดงว่าดินยังสามารถดูดซับน้ำได้ แต่ใช้เวลานานกว่าจะแสดงการตอบสนองเมื่อเทียบกับ FP ในขณะเดียวกัน VWC ของแปลง SFP อยู่ในระดับสูง (~43–44%) ซึ่งมีลักษณะใกล้อิ่มตัวคล้ายกับแปลงอื่นๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

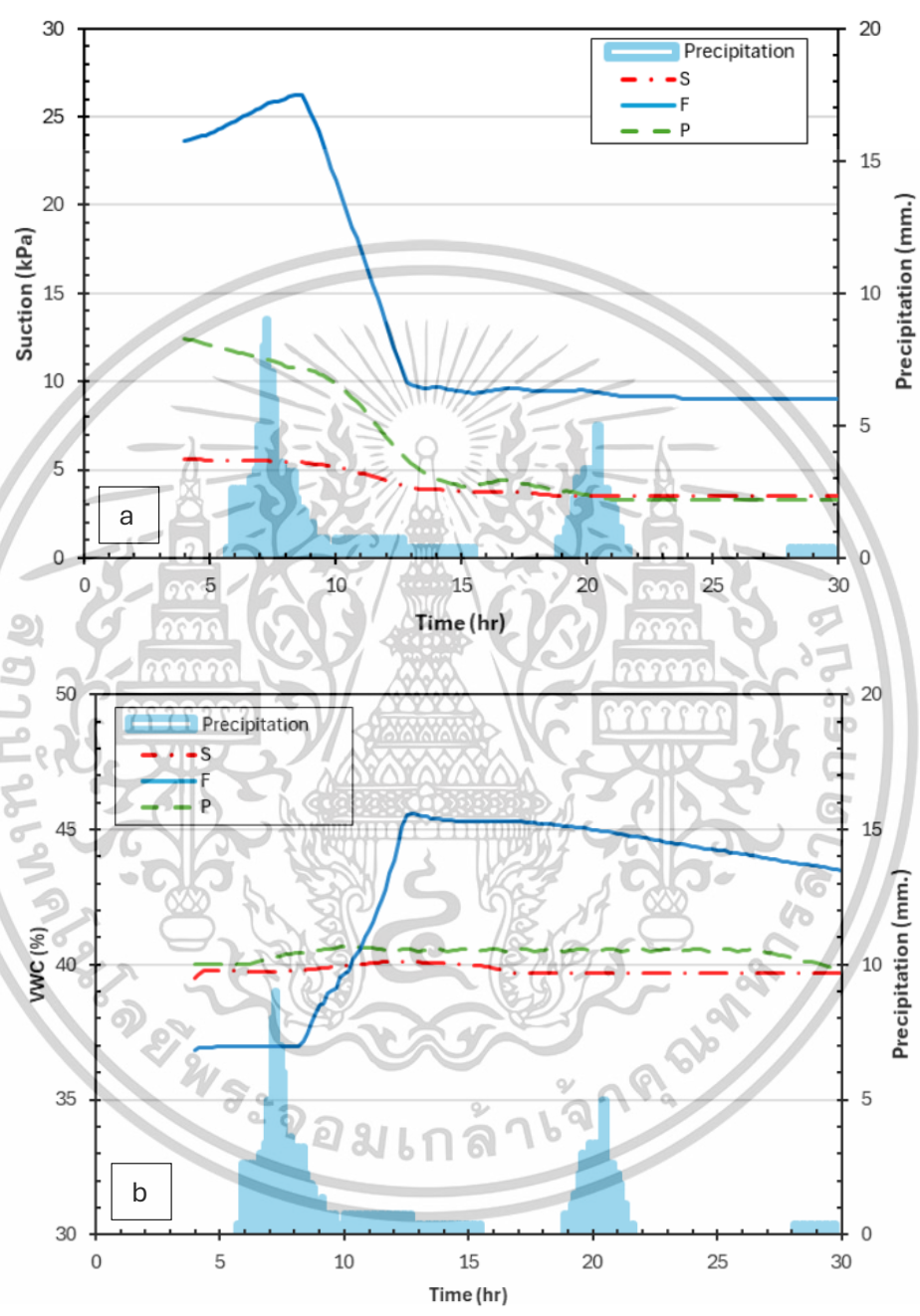


รูปที่ 4.9 ผลของ suction (a) และ VWC (b) ของแปลงผสมในช่วงเวลาฝนตกน้อย

4.3.1.2 พฤติกรรม Suction และ VWC ของแปลงช่วงปริมาณฝนปานกลาง

จากรูป 4.10 ผลของ suction (a) และ VWC (b) ของแปลงเดียวในช่วงเวลาฝนปานกลาง แปลงพืชเดี่ยว F แสดงการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนทั้งใน suction และ VWC เช่นเดียวกับกรณีฝนเบา โดยก่อนเกิดฝน suction แสดงค่า suction เริ่มต้นที่สูงที่สุด (~25–27 kPa) ก่อนจะลดลงอย่างรวดเร็วภายหลังฝนตก โดยลดลงต่อเนื่องจนเหลือประมาณ 9 kPa ภายในเวลาเพียงไม่กี่ชั่วโมง ขณะเดียวกัน ค่า VWC ของแปลง F เพิ่มขึ้นทันทีในช่วงเดียวกัน แสดงถึงการซึมน้ำที่รวดเร็วและต่อเนื่องจากผิวดินลงสู่ชั้นล่างได้ดี เป็นผลมาจากโครงสร้างดินที่มีความพรุนสูงและระบบรากลึกของหลิวไต้หวันช่วยให้ดินดูดซับน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่แปลง P (พยับหมอก) มี suction เริ่มต้นในระดับกลาง (~12 kPa) และลดลงอย่างต่อเนื่องแต่ช้ากว่า F โดยค่อย ๆ ลดลงสู่ระดับ 4–5 kPa แสดงถึงการตอบสนองต่อฝนที่ดีแต่ช้ากว่า F ข้อมูลจากกราฟ VWC สนับสนุนพฤติกรรมนี้ โดย VWC ในแปลง P เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในช่วงแรก แต่ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นหลังฝนตก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการดูดซึมน้ำแบบค่อยเป็นค่อยไป อาจเกิดจากโครงสร้างรากที่มีขนาดต้นและแน่นแต่ไม่ลึก จึงซึมน้ำได้แต่ไม่รวดเร็วเหมือนแปลง F ในทางตรงกันข้าม แปลง S (ซัลเวีย) ซึ่งค่า suction เริ่มต้นอยู่ที่ประมาณ 5–6 kPa แสดงการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด แม้ในช่วงฝนตกหนัก โดยค่า suction ลดลงเพียงเล็กน้อยและคงที่หลังจากนั้น ส่วนค่า VWC ของแปลง S ก็ คงที่อยู่ที่

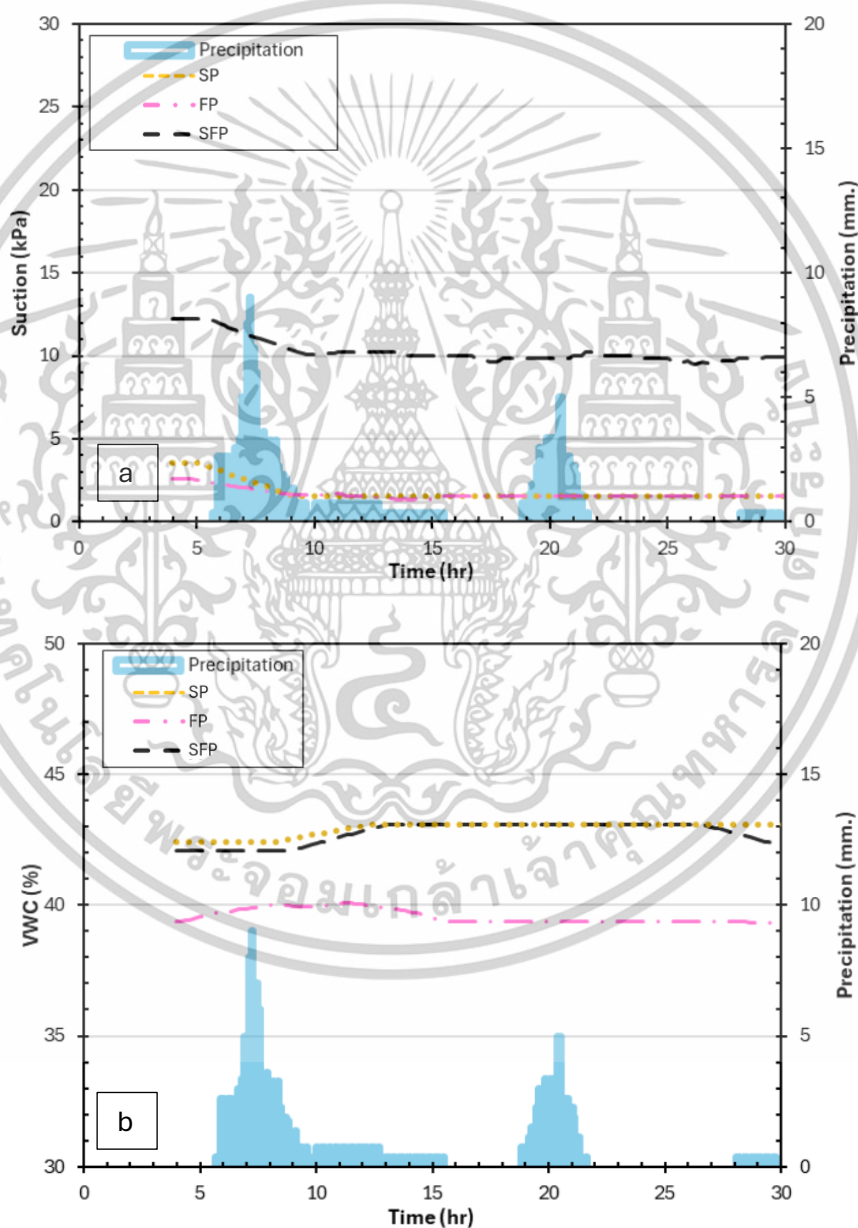
ระดับสูง (~40–41%) ตลอดช่วงเวลา แสดงให้เห็นว่า ดินในแปลง S อาจ อยู่ในสภาวะใกล้อิ่มตัวก่อนฝนตก หรือโครงสร้างดินไม่เอื้อต่อการซึมน้ำเพิ่มเติมได้มากนัก จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่เด่นชัด



รูปที่ 4.10 ผลของ suction (a) และ VWC (b) ของแปลงเดียวในช่วงเวลาฝนปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 4.11 ผลของ suction (a) และ VWC (b) ของแปลงผสมในช่วงเวลาฝนปานกลาง ผลของ suction (a) และ VWC (b) ของแปลงผสมในช่วงเวลาฝนปานกลาง พบว่ามีแนวโน้มการตอบไม่มาก เนื่องจากแปลงส่วนใหญ่อยู่ในสถานะเกือบอิ่มตัวคล้ายกับกรณีฝนเบา โดยแปลง FP และ SFP แสดงค่า suction ลดลงเล็กน้อยหลังฝนตก แต่ค่า VWC กลับคงที่ในระดับต่ำ (~39–43%) ขณะที่แปลง SP แสดง suction ค่อนข้างคงที่ (~4–5 kPa) และ VWC สูง (~43–44%) โดยไม่เปลี่ยนแปลงมาก แสดงถึงลักษณะดินที่ซึมน้ำใหม่ได้น้อย เช่นเดียวกับในสถานการณ์ฝนเบา



รูปที่ 4.11 ผลของ suction (a) และ VWC (b) ของแปลงผสมในช่วงเวลาฝนปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาพฤติกรรมของแรงดึงน้ำในดิน (Suction) และความชื้นในดิน (Volumetric Water Content: VWC) ภายใต้สถานการณ์ฝนตกในระดับต่าง ๆ (เบา-ปานกลาง) สำหรับแปลงปลูกพืชทั้ง 6 แปลง ได้แก่ S, P, F, SP, FP และ SFP พบว่าแปลงหลิวไต้หวัน (F) แสดงพฤติกรรมตอบสนองต่อฝนได้ไวที่สุด โดยค่า suction ลดลงชัดเจนและ VWC เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทันทีหลังฝนตก สะท้อนถึง ศักยภาพในการซึมน้ำและการกักเก็บน้ำที่ดี เนื่องจากแปลง F ที่มีโครงสร้างรากลึกและดินพรุนสูง แปลง P แสดง suction ลดลงช้ากว่า F และ VWC ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นแบบช้า ๆ บ่งชี้ถึงการดูดซึมน้ำที่เกิดขึ้นแต่ไม่รวดเร็ว ส่วน FP และ SFP แม้จะมี F ผสมอยู่แต่พฤติกรรมการตอบสนองกลับไม่มากนัก โดยส่วนจะคล้ายกับแปลง P แปลง S มีพฤติกรรมต่างจากแปลงอื่นชัดเจน โดย suction และ VWC แทบไม่เปลี่ยนแปลง แม้ในช่วงฝนตก สะท้อนว่าดินอยู่ในสภาพ ไกล่อิมตัว หรือมีข้อจำกัดในการรับน้ำเพิ่มเติม เช่นเดียวกับแปลง SP ที่มีพีชซัลเวียร์ร่วมอยู่ด้วย แสดงค่า suction และ VWC คงที่ในระดับสูง บ่งชี้ถึงการเก็บความชื้นได้ดี แต่ไม่สามารถซึมน้ำใหม่ได้มาก โดยสรุป แปลง F เหมาะกับพื้นที่ที่ต้องการ ซึมน้ำและระบายน้ำได้รวดเร็วที่สุด

4.4 ความสามารถในการกักเก็บน้ำ (SWRC) ของแต่ละแปลงการศึกษา

จากการตรวจสอบความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินแต่ละแปลงผ่านกราฟ SWRC ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Suction (kPa) และ Volumetric Water Content (VWC, %) ของแปลงพืชเดี่ยว P, F และ S (รูปที่ 4.12) และแปลงพืชผสม FP, SP และ SPF (รูปที่ 4.13) พบว่าความสามารถในการกักเก็บน้ำและการระบายน้ำในดินของแต่ละแปลงนั้นมีความแตกต่างกัน แปลง P มี VWC เริ่มต้นที่ประมาณ 40% และลดลงอย่างสม่ำเสมอเมื่อ Suction เพิ่มขึ้น สะท้อนถึงดินที่สามารถรักษาน้ำได้ดีในระดับปานกลาง ส่วนแปลง F มี VWC เริ่มต้นสูงสุดที่ 45% แต่ลดลงเร็วกว่าอีกสองแปลงเมื่อ Suction สูงขึ้น และค่า AEV (Air Entry Value) ต่ำที่สุดในบรรดาทุกแปลง ประมาณ 10 kPa ขณะที่แปลงเดี่ยวอื่นอยู่ที่ประมาณ 100 kPa แสดงถึงดินที่มีการระบายน้ำได้เร็วกว่า เนื่องจากช่องว่างในดินที่มีเยื่อหุ้ม ในขณะแปลง S มี VWC เริ่มต้นที่ประมาณ 42-43% และลดลงช้ากว่าแปลงอื่นๆ ซึ่งก็หมายถึงดินสามารถกักเก็บน้ำได้มากและการระบายน้ำเข้าหรือออกนั้นก็ยากจะกว่าแปลงอื่นเช่นกัน ส่วน SWRC ของแปลงพืชผสมก็ชี้ว่าแปลง FP ที่มี VWC เริ่มต้นต่ำที่สุด (40%) และลดลงเร็วกว่าแปลงผสมที่เหลือเมื่อ Suction เพิ่มขึ้น

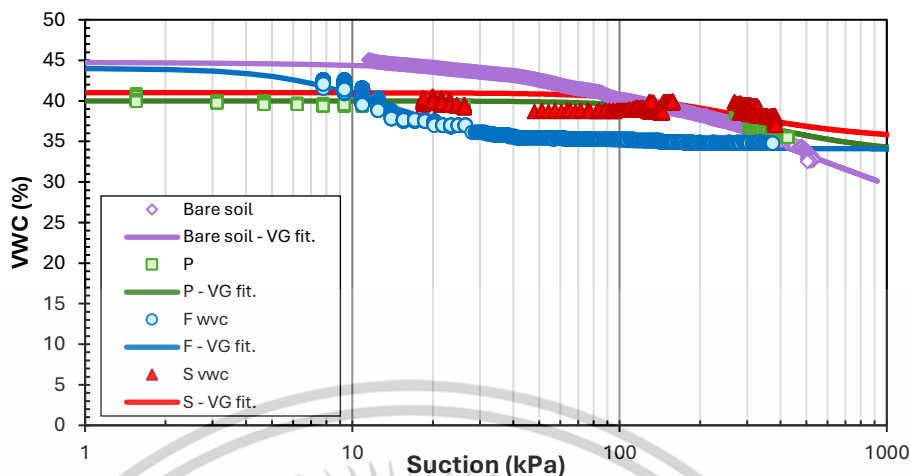
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงถึงดินที่มีการระบายน้ำเร็วกว่าแปลง SP และ SFP ที่มี VWC เริ่มต้นสูง (44% และ 45%) โดยที่ AEV ของ FP, SFP และ SP อยู่ที่ระดับ 11 kPa, 20 kPa และ 80 kPa ตามลำดับ

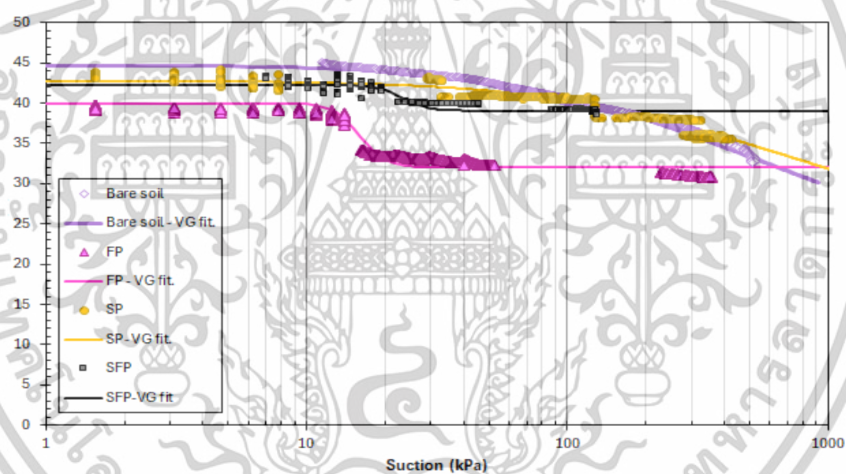
โดยสรุป แปลงที่มีค่า AEV (Air Entry Value) ต่ำกว่าดินเปล่า (60 kPa) ได้แก่แปลง F, FP และ SFP ตามลำดับ ซึ่งสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างดินจากผลของระบบรากที่ช่วยเพิ่มความพรุนและความสามารถในการดูดซึมน้ำ แต่ส่งผลให้ดินสูญเสียน้ำได้เร็วขึ้นเมื่อเกิดแรงดูดต่ำ ขณะที่แปลงอื่น ๆ อย่าง P, S และ SP ยังคงมีค่า AEV ใกล้เคียงสูงกว่าดินเปล่า และเมื่อพิจารณาความชันของกราฟ SWRC จะพบว่าแปลง P, S และ SP มีกราฟที่ราบกว่า แสดงถึงความสามารถในการกักเก็บน้ำในช่วง suction สูงได้ดี ลักษณะเช่นนี้บ่งชี้ว่าโครงสร้างดินของแปลงเหล่านี้อาจมีขนาดคละที่ดีขึ้น (well-graded) และคล้ายกับพฤติกรรมของดินเหนียว ซึ่งสามารถรักษาความชื้นไว้ได้มากแม้ในช่วงที่ดินแห้งลง ทั้งนี้ ความแตกต่างของ AEV และความชันของกราฟจึงเป็นตัวชี้วัดสำคัญที่ช่วยอธิบายความสามารถของดินแต่ละแปลงในการเก็บและระบายน้ำภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

จากลักษณะของ SWRC ที่กล่าวมาข้างต้นก็สอดคล้องกับพฤติกรรม suction และ VWC ที่เกิดขึ้นขณะเกิดฝนตกที่กรณีต่างๆ โดยคาดว่าพืชที่มีส่วนในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมมากที่สุดก็คือหลิวไต้หวัน (F) ที่จะอยู่ในแปลง F, FP และ SFP จากข้อมูลของราก (รูปที่ 2) จะพบว่าแปลงที่มีหลิวไต้หวันนั้นจะพบการกระจายได้ชัดเจนกว่าพืชชนิดอื่นๆ อีกทั้งยังมีลักษณะพื้นที่ปกคลุมผิวดินหนาแน่นกว่าพืชชนิดอื่นๆ ด้วย จึงไม่น่าแปลกใจว่าทำไมแปลงที่มีหลิวไต้หวันจึงมีความสามารถในการระบายน้ำเข้าสู่ดินได้ดี อีกทั้งยังเกิดการคายระเหยได้ไวกว่าแปลงอื่นๆ ด้วย

จากการคำนวณ Water Balance (รูปที่ 4.14, 4.15) โดยพิจารณาจากความเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในดิน (VWC) ระหว่างช่วงระหว่างที่มีฝนตก พบว่า แปลงที่มีปริมาณน้ำเข้าสู่ดินมากที่สุดคือแปลง F ซึ่งมีค่าประมาณ 7 mm รองลงมาจะเป็นแปลง FP ค่าประมาณ 1.8 mm ส่วนแปลง P S SP และ SFP นั้น ระดับน้ำที่เข้าสู่ดินในช่วงเดียวกันจะอยู่แค่ 1 mm เท่านั้น จากผลได้ชี้ให้เห็นว่าแปลงที่มีต้นหลิวไต้หวัน (F) มีความสามารถในการดึงน้ำหรือระบายน้ำได้มากกว่า ในขณะที่แปลงอื่นๆ มีแนวโน้มในการระบายน้ำค่อนข้างน้อยในช่วงเวลาดังกล่าว



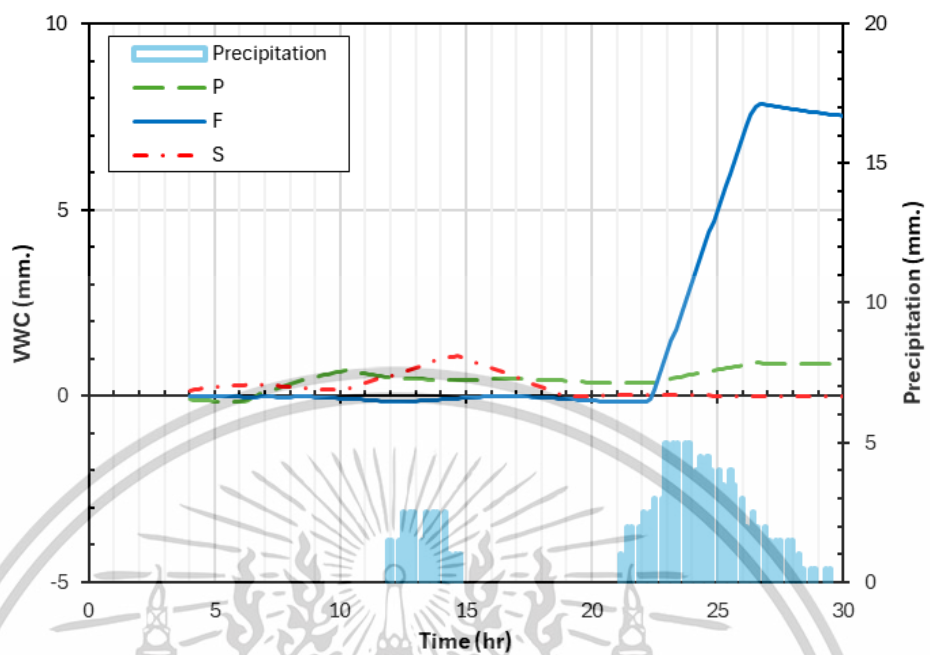
รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่าง Suction (kPa) และ Volumetric Water Content (WVC, %) ของแปลงพืชเดี่ยว



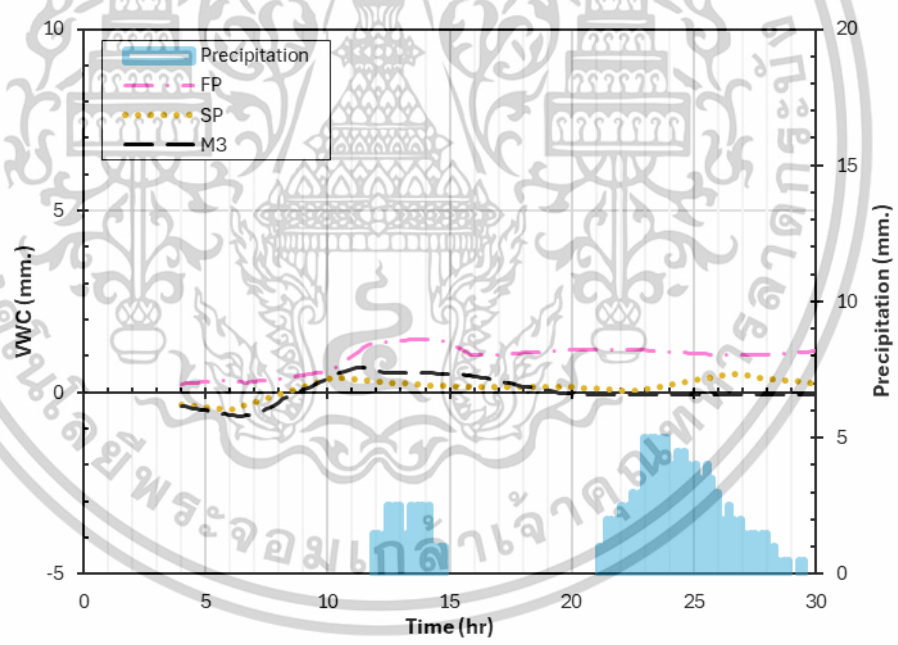
รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่าง Suction (kPa) และ Volumetric Water Content (WVC, %) ของแปลงพืชผสม

หมายเหตุ : กราฟ SWRC ที่ได้จากการทำ Curve Fitting ในการศึกษาครั้งนี้ แสดงพฤติกรรมของเส้นโค้งเฉพาะในช่วงค่า suction ระหว่าง 0 ถึง 500 kPa ซึ่งเป็นช่วงของข้อมูลที่ได้จากการวัดจริงเท่านั้น ซึ่งอาจไม่สามารถสะท้อนพฤติกรรมของดินในช่วง suction ที่สูงกว่าขอบเขตดังกล่าว ที่อาจเป็นลักษณะแบบ bimodal ที่มักจะเกิดขึ้นกับโครงสร้างดินที่ซับซ้อนซึ่งเกิดจากรากพืชหรืออินทรีย์วัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 Water Balance (mm) ของพืชแปลงเดี่ยว



รูปที่ 4.15 Water Balance (mm) ของพืชแปลงผสม

4.5 ผลวิเคราะห์ประสิทธิภาพการซึมน้ำของดินจากโมเดล

หลังจากการเก็บข้อมูลภาคสนามแล้ว ข้อมูลที่ได้จากการวัดค่า SWRC ในดินตลอดช่วงฤดูการ จะถูกนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองการซึมน้ำในดิน (Soil Water Infiltration Model) จากการวัดค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

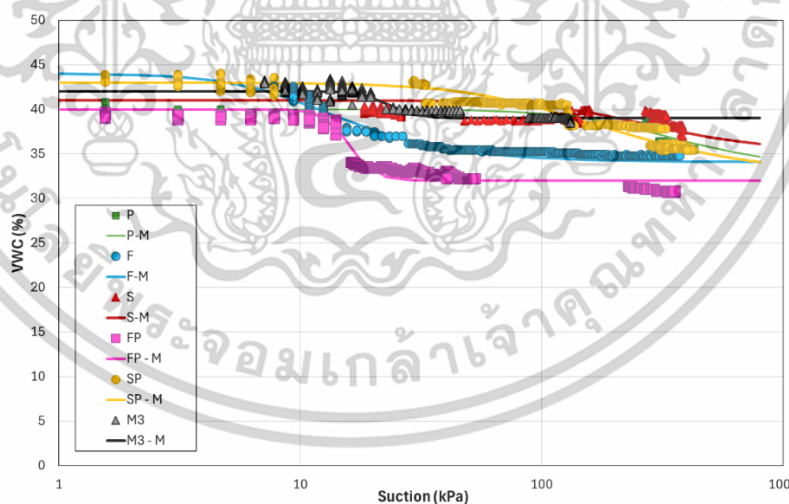
แรงดันน้ำในดินคงเหลือ เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการซึมน้ำในดินภายใต้สภาวะปริมาณฝนและชนิดพืชที่แตกต่างกัน

4.5.1 พารามิเตอร์ SWRC สำหรับการวิเคราะห์ในโมเดล

ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการซึมน้ำของดินด้วยแบบจำลองเชิงตัวเลข ได้ทำการจำลองสถานการณ์ภายใต้ ค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุม ได้แก่ ความเข้มฝน (Rainfall Intensity) และ แรงดันน้ำในดินเริ่มต้นของดิน (Initial Suction; S_i) ดังตารางที่ 3.4 โดยใช้ SWRC ของดินที่ได้จากการวัดในสนามแต่ละแปลง ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์ SWRC สำหรับการวิเคราะห์ในโมเดล

		P	F	S	FP	SP	M3
θ	volumetric water content	-	-	-	-	-	-
s	suction	-	-	-	-	-	-
θ_r	residual water content	33.00	34.06	35.00	32.00	32.00	39.05
θ_s	saturates water content	40.00	44.00	41.00	40.00	42.79	42.27
α	fit parameter related to mean pore size (0.0005-0.05)	0.00	0.10	0.01	0.06	0.01	0.04
n	fit parameter related to pore size distribution(1.1 - 15)	2.20	2.30	2.20	9.00	1.80	9.14



รูปที่ 4.16 SWRC สำหรับการวิเคราะห์ในโมเดลเทียบกับที่วัดในสนาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 ผลของค่าแรงดึงคงเหลือ (S_r) ของแต่ละแปลงเนื่องจากค่าแรงดึงเริ่มต้น (S_i)

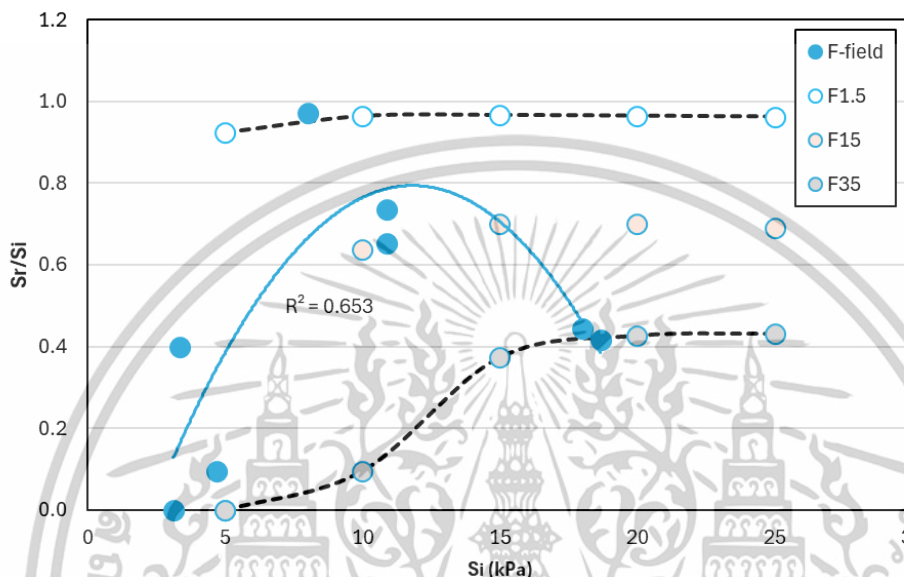
จากการจำลองสถานการณ์ฝนตกที่อัตรา 1.5, 15 และ 35 mm/d เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมงต่อกรณี และวิเคราะห์ภายใต้ระดับค่าแรงดันน้ำในดินเริ่มต้น (Initial Suction: S_i) ที่ 5, 10, 15, 20 และ 25 กิโลปาสกาล (kPa) สำหรับแต่ละแปลงปลูก พบว่าในแต่ละกรณีจะเกิดจุดที่ค่าแรงดันน้ำในดินคงค้าง (Residual Suction: S_r) ต่ำที่สุดขณะฝนตกหรือหลังฝนหยุดตก ซึ่งจุดดังกล่าวสามารถสะท้อนถึงความสามารถของดินในการซึมน้ำในช่วงเวลานั้นได้ โดยมีการเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากการวัดจริงในสนามและค่าที่ได้จากแบบจำลอง (Model) ดังแสดงในกราฟ

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน S_r/S_i (Residual Suction ต่อ Initial Suction) กับค่า Initial Suction (S_i) พบว่าแปลงทดลองทุกแปลงมีแนวโน้มใกล้เคียงกับผลจากแบบจำลองอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าที่ได้จากการวัดภาคสนามส่วนใหญ่อยู่ภายในขอบเขตของแบบจำลอง สำหรับแปลง F (หลิวใต้ห้วย) รูปที่ 4.17 พบว่ามีช่วงขอบเขตของแบบจำลองที่กว้างกว่าทุกแปลง โดยเฉพาะในระดับ S_i ต่ำถึงปานกลาง (5–15 kPa) แม้ในสภาวะฝนตกหนัก ดินในแปลง F ก็ยังไม่ถึงจุดอิ่มตัวอย่างชัดเจน แสดงถึงศักยภาพในการรับน้ำได้สูง และสามารถลดค่าแรงดึงตกค้างในดินได้มากภายใต้สภาวะแรงดันเริ่มต้นต่ำ

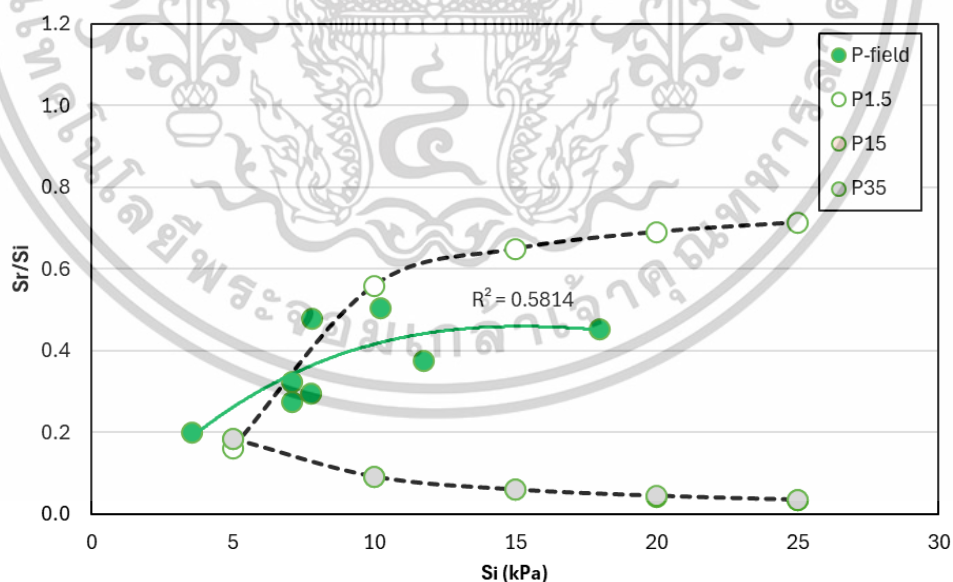
ในทางตรงกันข้าม แปลง P (พยับหมอก) รูปที่ 4.18 แสดงแนวโน้มของ S_r/S_i ที่เพิ่มขึ้นตามค่า S_i อย่างต่อเนื่อง และข้อมูลสนามมักกระจุกอยู่ใกล้ขอบเขตบนของแบบจำลอง ซึ่งอาจแปลความได้ในสองลักษณะคือ (1) ดินมีการซึมน้ำได้ดีในช่วงต้น หรือ (2) ดินมีศักยภาพในการรองรับน้ำน้อย ทำให้ค่า S_r ลดลงเยอะ ทั้งนี้เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับลักษณะ Soil Water Retention Curve (SWRC) จะพบว่าแปลง F มีเส้นโค้งที่ชันและมีช่วงการกักเก็บน้ำที่สูงกว่าแปลง P ส่งผลให้สามารถรับน้ำไว้ในปริมาณที่มากกว่าก่อนที่จะอิ่มตัว ในขณะที่แปลง FP และ SFP รูปที่ 4.19 และ รูปที่ 4.20 ตามลำดับ แสดงแนวโน้มคล้ายกับแปลง P คือ S_r/S_i เพิ่มขึ้นตามค่า S_i แต่มีขอบเขตของแบบจำลองที่สูงกว่าในกรณีฝนน้อย และแต่ละขอบเขตล่างยังคงใกล้เคียงกันในกรณีฝนตกหนัก สะท้อนถึงความสามารถในการรับน้ำที่อยู่ในระดับกลางระหว่าง P และ F

กล่าวโดยสรุป แม้ว่า S_r ในแปลง F อาจไม่ลดต่ำเท่าแปลงอื่นหลังฝนตก เป็นเพราะดินในแปลง F มีศักยภาพในการรองรับน้ำเพิ่มเติมได้สูงกว่า จึงต้องการปริมาณน้ำมากกว่าในการลด S_r ลงสู่ระดับเดียวกับแปลงอื่น คุณสมบัตินี้สะท้อนถึงความสามารถของโครงสร้างดินและระบบรากที่ดีในการรองรับน้ำและกระจายน้ำภายในดินอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้แปลง F มีความเหมาะสมเป็นพิเศษสำหรับพื้นที่ที่ต้องการเสริมประสิทธิภาพการซึมน้ำและลดการสูญเสียจากผิวดินภายหลังฝนตก ซึ่งไม่เพียงแค่ว่ารากพืชเท่านั้นที่ส่งผลต่อการระบายน้ำเมื่อรากพืชมีการหดตัวเมื่อดินเริ่มแห้ง โดยเฉพาะ ดินเหนียว ก็มีคุณสมบัติ

ในการหัตถ์จากการเปลี่ยนแปลงของความชื้นเช่นกัน โดยจากการทดสอบพบว่าดินชนิดนี้มีค่า Plasticity Index (PI) เท่ากับ 23.11% ซึ่งจัดอยู่ในช่วงของดินเหนียวที่มีศักยภาพในการหด-พองตัวสูง เมื่อความชื้นลดลงจึงน่าจะเกิดการหดตัวของดินเช่นกัน จากภาพการเปลี่ยนแปลงของรากลที่มีดินอยู่ด้วยก็สามารถสังเกตเห็นการหดตัวของดินได้บ้าง

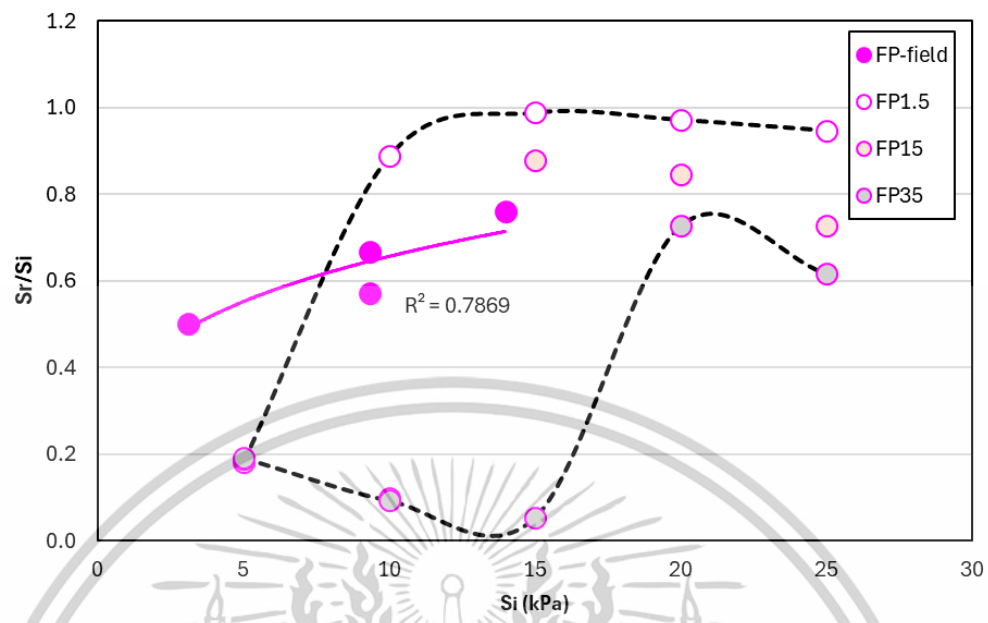


รูปที่ 4.17 ผลของค่าแรงดึงคงเหลือต่อค่าแรงดึงเริ่มต้น (S_r/S_i) เมื่อค่าแรงดึงเริ่มต้นเพิ่มขึ้นของแปลง F

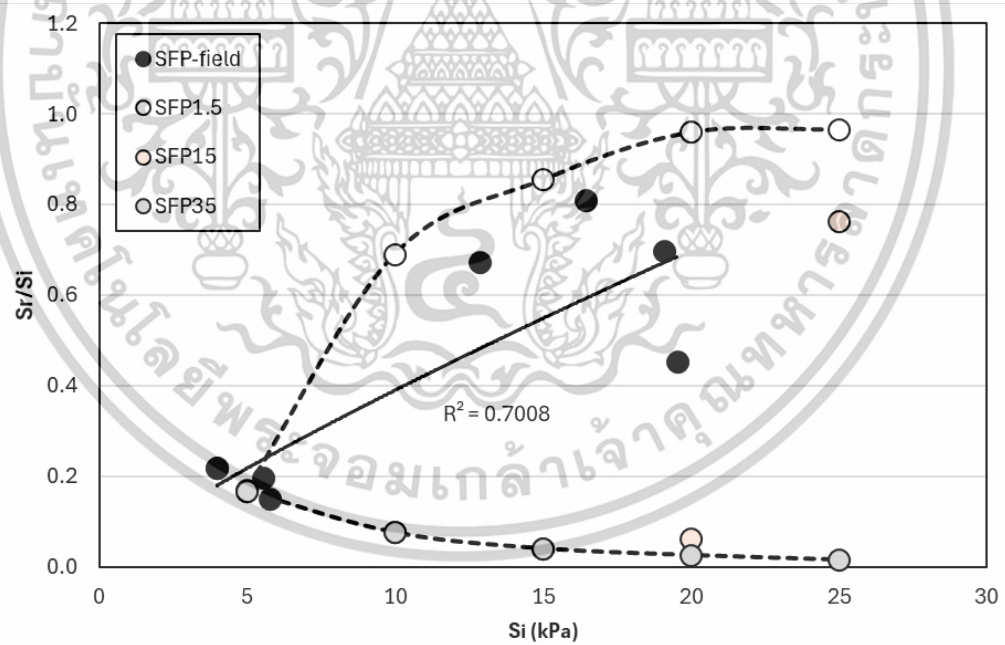


รูปที่ 4.18 ผลของค่าแรงดึงคงเหลือต่อค่าแรงดึงเริ่มต้น (S_r/S_i) เมื่อค่าแรงดึงเริ่มต้นเพิ่มขึ้นของแปลง P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 ผลของค่าแรงดึงคงเหลือต่อค่าแรงดึงเริ่มต้น (Si/Sr) เมื่อค่าแรงดึงเริ่มต้นเพิ่มขึ้นของแปลง FP



รูปที่ 4.20 ผลของค่าแรงดึงคงเหลือต่อค่าแรงดึงเริ่มต้น (Si/Sr) เมื่อค่าแรงดึงเริ่มต้นเพิ่มขึ้นของแปลง SFP

โดยสรุปจากผลการทดลองและการจำลอง พบว่าในทุกแปลงปลูกมีแนวโน้มของอัตราส่วน Sr/Si เมื่อเทียบกับค่า Initial Suction (Si) อยู่สองรูปแบบหลัก ได้แก่ แนวโน้มที่ Sr/Si เพิ่มขึ้นเมื่อ Si เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และแนวโน้มที่ S_r/S_i ลดลงเมื่อ S_i เพิ่มขึ้น แนวโน้มที่ S_r/S_i เพิ่มขึ้นสะท้อนให้เห็นว่า เมื่อเกิดฝนตก แม้จะมีการซึมน้ำเข้าไปในดิน แต่ค่าแรงดูดตักค้าง (Residual Suction: S_r) ยังไม่ลดลงสู่ศูนย์หรือถึงระดับอิ่มตัวโดยสมบูรณ์ ($S_r \geq 0$) แสดงว่ายังมีพื้นที่ว่างในรูพรุนของดินให้ซึมน้ำได้เพิ่มเติม แนวโน้มลักษณะนี้ มักพบในกรณีที่มีความชื้นผ่นต่ำ หรือในแปลงที่มีความพรุนของดินสูง หรือในแปลงที่น้ำซึมผ่านได้ยาก ซึ่งจำเป็นต้องพิจารณาเทียบกับ SWRC ที่วัดได้จริงควบคู่กัน ส่วนแนวโน้มที่ S_r/S_i ลดลงเมื่อ S_i เพิ่มขึ้น มักพบในกรณีที่มีความหนาแน่นของผ่นสูง ซึ่งทำให้เกิดสถานะอิ่มตัวของดิน (saturation) ได้ในทุกระดับของ S_i ทั้งนี้ที่ผ่นตก ซึ่งแปลงที่สามารถรองรับน้ำได้ดีจะเป็นแปลง F FP SFP และ P ตามลำดับ



บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษา การประเมินประสิทธิภาพการรองรับน้ำของส่วนเมืองภายใต้ชนิดพืชและสภาพอากาศที่แตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมของดินที่มีพืชปกคลุมภายใต้เงื่อนไขของฤดูกาลและปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลง โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์เส้นโค้งการกักเก็บน้ำในดิน (Soil Water Retention Curve - SWRC) และพฤติกรรมของแรงดึงน้ำ (suction) และค่าความชื้นในดิน (Volumetric Water Content - VWC) โดยเปรียบเทียบระหว่างแปลงปลูกพืชเดี่ยวและพืชผสม ที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของราก และพื้นที่ปกคลุมต่างกัน เพื่อหาแนวทางการเลือกพืชที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำและลดการสูญเสียน้ำจากดินในพื้นที่เมือง สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. พฤติกรรมของเส้นโค้งการกักเก็บน้ำในดิน (SWRC) ภายใต้การปลูกพืชแบบพืชเดี่ยวและพืชผสมในระยะยาว พบว่า พืชหลิวไต้หวัน (F) ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของดินอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในแปลง F, FP และ SFP จากข้อมูลโครงสร้างราก (รูปที่ 4.3) พบว่าแปลงที่มี F มีการกระจายตัวของรากอย่างชัดเจน ส่งผลให้เพิ่มรูพรุนในดิน และเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ค่า Air Entry Value (AEV) ต่ำลงเมื่อเทียบกับดินเปล่า สะท้อนถึงความสามารถของดินในการ รับน้ำเข้าได้เร็วขึ้น นอกจากนี้แปลงที่มี F ยังมี canopy cover หนาแน่น ช่วยลดการระเหยโดยตรงของผิวดิน และลดการระเหยในระยะยาว ข้อมูลจากพฤติกรรม suction และ VWC ยังสนับสนุนว่าแปลง F มีการตอบสนองต่อฝนได้ดี โดยดูดซับน้ำได้รวดเร็วในฤดูฝน และยังสามารถรักษาความชื้นไว้ได้ในฤดูแล้ง อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาแปลงผสม เช่น FP และ SFP แม้จะมีพืช F ร่วมอยู่ด้วย แต่ประสิทธิภาพในการปรับปรุง SWRC กลับต่ำกว่าแปลงที่ปลูก F เดี่ยว ซึ่งอาจเกิดจากการแข่งขันระหว่างรากพืชหลายชนิด หรือโครงสร้างรากที่ไม่สมดุลกัน ทำให้คุณสมบัติของดิน เช่น รูพรุน ความต่อเนื่องของช่องว่าง และการกระจายตัวของแรงดึงน้ำ ไม่พัฒนาได้เต็มศักยภาพ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การปลูกหลิวไต้หวันเพียงชนิดเดียวส่งผลดีต่อการพัฒนาโครงสร้างดินและสมรรถนะในการควบคุมความชื้นมากที่สุดในระยะยาว

2. ผลกระทบของชนิดพืชจากลักษณะความหนาแน่นของพืชปกคลุม (Canopy Cover) พืชที่มีความหนาแน่นของพืชปกคลุม (canopy cover) สูง เช่น หลิวไต้หวัน (F) และในแปลงผสมอย่าง FP และ SFP มีบทบาทสำคัญในการ ลดการระเหยของน้ำจากผิวดิน โดยการสร้างร่มเงาธรรมชาติซึ่งช่วยลด

การสูญเสียน้ำในช่วงฤดูแล้ง ส่งผลให้ ค่าความชื้นในดิน (VWC) ลดลงอย่างช้า ๆ สะท้อนถึง เสถียรภาพของความชื้นในดิน ในทางตรงกันข้าม แปลงที่มีพืชปกคลุมบางหรือ canopy ต่ำ เช่น แปลง P (พยับหมอก) และ แปลง S (ซัลเวีย) พบว่าในช่วงฤดูแล้งมีแนวโน้มที่ ค่า VWC สะท้อนถึง ความสามารถในการรักษาความชื้นที่ต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับระดับความหนาแน่นของพืชปกคลุมในแต่ละแปลง

3. ผลการทดลองจากสนามและการจำลอง พบว่าอัตราส่วนของแรงดึงน้ำในดินตกค้างต่อแรงดึงเริ่มต้น (S_r/S_i) มีแนวโน้มตอบสนองต่อค่า Initial Suction (S_i) ได้สองลักษณะหลัก ได้แก่ (1) แนวโน้มที่ S_r/S_i เพิ่มขึ้นตาม S_i และ (2) แนวโน้มที่ S_r/S_i ลดลงเมื่อ S_i เพิ่มขึ้น โดยแนวโน้มแบบแรกสะท้อนว่าแม้จะมีฝนตกและเกิดการซึมน้ำลงในดิน แต่ดินยังไม่ถึงจุดอิ่มตัว ($S_r \geq 0$) กล่าวคือยังมี ช่องว่างในรูพรุนที่สามารถซึมน้ำเพิ่มเติมได้ ลักษณะนี้มักพบในกรณีที่ฝนตกเบา หรือดินมีความพรุนสูง (พื้นที่รองรับน้ำเยอะ) หรือการซึมผ่านโครงสร้างดินเกิดขึ้นช้า ในทางตรงกันข้าม แนวโน้มที่ S_r/S_i ลดลงเมื่อ S_i เพิ่มขึ้น บ่งชี้ถึงการเข้าสู่สภาวะ อิ่มตัวของดิน (saturation) ได้รวดเร็วแม้เริ่มต้นจาก suction สูง ซึ่งมักเกิดในกรณีที่มีฝนตกหนัก โดยในแปลงแบบจำลองพบว่าแปลงที่แสดงแนวโน้มนี้เด่นชัด ได้แก่ F, FP, SFP ตามลำดับ สะท้อนถึงศักยภาพในการรับน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ในแง่ของการคงเหลือพื้นที่ในการรับน้ำได้เยอะนั่นเอง

เอกสารอ้างอิง

- Abhisekh S, S. Sreedeeep (2021). Importance of volumetric shrinkage curve (VSC) for determination of soil–water retention curve (SWRC) for low plastic natural soils. **Journal of Hydrology** 596 (2021) 126113.
- Apriyono, A., Yuliana and Kamchoom, V. (2023). Serviceability of cut slope and embankment under seasonal climate variations. **Acta Geophysica**. DOI: 10.1007/s11600-022-00953-x
- Apriyono, A., Yuliana, Chen, Z., Keawsawasvong, S. and Kamchoom, V. The Impact of Biochar Amendment on Soil Water Infiltration and Evaporation under Climate Change Scenarios. **Acta geophysica**. In press DOI: 10.1007/s11600-024-01289-4
- Aravena, J. E., Berli, M., Ghezzehei, T. A. & Tyler, S. W. (2011). Effects of root-induced compaction on rhizosphere hydraulic properties – X-ray microtomography imaging and numerical simulations. **Environ. Sci. Technol.** 45, No. 2, 425 – 431.
- ASTM D2487-17: **Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)**.
- Berland, A., Shiflett, S. A., Shuster, W. D., Garmestani, A. S., Goddard, H. C., Herrmann, D. L., & Hopton, M. E. (2017). The role of trees in urban stormwater management. **Landscape and Urban Planning**, 162, 167-177.
- Bharat Rattan, Kiran Vilas Dhobale, Abhisekh Saha, Ankit Garg c, Lingaraj Sahoo, S. Sreedeeep (2022). Influence of inorganic and organic fertilizers on the performance of water-absorbing polymer amended soils from the perspective of sustainable water use efficiency. **Soil & Tillage Research** 223 (2022) 105449.
- Chen, Z., Kamchoom, V., and Chen, R. (2022). Landfill gas emission through compacted clay considering effects of crack pathway and intensity. **Waste Management**, 143, 215-222. DOI: 10.1016/j.wasman.2022.02.032
- Chen, Z., Kamchoom, V., Apriyono, A., Chen, R., and Chen, C. (2022). Laboratory study of water infiltration and evaporation in biochar-amended landfill covers under extreme climate. **Waste Management**, 153, 323-334. DOI: 10.1016/j.wasman.2022.09.015

- Chen, Z., Kamchoom, V., Chen, R., & Prasittisopin, L. (2023). Investigating the Impacts of Biochar Amendment and Soil Compaction on Unsaturated Hydraulic Properties of Silty Sand. *Agronomy*, 13(7), 1845. DOI: 10.3390/agronomy13071845
- Chen, Z., Kamchoom, V., Leung, A. K., Xue, J., & Chen, R. (2023). Influence of biochar on the water permeability of compacted clay subjected to freezing–thawing cycles. *Acta Geophysica*, 1-11. DOI: 10.1007/s11600-023-01141-1
- Dong, H., Leung, A.K., Chen, R., Lourenco, S., Kamchoom, V. (2023) Changes in pore-size distribution and hydraulic conductivity of compacted soils by grass-derived hydrochar. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE. 149(9), 04023079 DOI: 10.1061/JGGEFK.GTENG-11158
- Du, Z., Chen, X., Qi, X., Li, Z., Nan, J., Deng, J. (2016). The effects of biochar and hoggerly biogas slurry on fluvo-aquic soil physical and hydraulic properties: a field study of four consecutive wheat–maize rotations. *Int. J. Soil Sediment* 16 (8), 2050–2058.
- Dunkerley, D., (2002). Systematic variation of soil infiltration rates within and between the component of the vegetation mosaic in an Australian desert landscape. *Hydrol. Processes* 16, 119–131.
- Fredlund, D.G., Rahardjo, H., (1993). *Soil Mechanics for Unsaturated Soils*. John Wiley & Sons, New York.
- Gabr, M. A., Akran, M. & Taylor, H. M. (1995). Effect of simulated roots on the permeability of silty soil. *Geotech. Test. J.* 18, No.1, 112 –115.
- Garg, A., Leung, A. K. & Ng, C. W. W. (2015). Comparisons of soil suction induced by evapotranspiration and transpiration of *S. heptaphylla*. *Can. Geotech. J.* 52, No.12, 2149 – 2155.
- Greene, R., (2002). Soil physical properties of three geomorphic zones in a semi-arid mulga woodland. *Aust. J. Soil Res.* 30, 55–69.
- Huat, B. B. K., Ali, F. H. J. & Low, T. H. (2006). Water infiltration characteristics of unsaturated soil slope and its effect on suction and stability. *Geotech. Geol. Eng.* 24, No.5,1293 –1306.
- Jotisankasa, A., Sirirattanachat, T. (2017). Effects of grass roots on soilwater retention curve and permeability function. *Can. Geotech. J.* 54 (11), 1612–1622

- Kamchoom, V. and Leung, A.K. (2018) Hydro-mechanical reinforcements of live poles to slope stability, **Soils and Foundations**. 58(6): 1423-1434 DOI: 10.1016/j.sandf.2018.08.003
- Leung, A. K., Garg, A. & Ng, C. W. W. (2015b). Effects of plant roots on soil-water retention and induced suction in vegetated soil. **Eng. Geol.** 193, 183 –197.
- Leung, A. K., Garg, A., Coo, J. L., Ng, C. W. W. & Hau, B. C. H. (2015a). Effects of the roots of *Cynodon dactylon* and *Shefflera heptaphylla* on water infiltration rate and soil hydraulic conductivity. **Hydrol. Process.** 29, No.15, 3342 –3354.
- Leung, A.K., Boldrin, D., Liang, T., Kamchoom, V. and Bengough, A.G. (2018) Root age effects on soil hydraulic conductivity during early plant establishment. **Géotechnique**. 68(7); 646-652. DOI: 10.1680/jgeot.17.T.037
- Leung, A.K., Garg, A., Coo, J.L., Ng, C.W.W., Han, B.C.H., (2015). Effects of the roots of *Cynodon dactylon* and *Schefflera heptaphylla* on water infiltration and soil hydraulic conductivity. **Hydrol. Processes** 29, 3342–3354.
- Lu, Ning and Kaya, Murat., (2013). A Drying Cake Method for Measuring Suction-Stress Characteristic Curve, Soil-Water-Retention Curve, and Hydraulic Conductivity Function. **Geotechnical Testing Journal**, Vol. 36, No. 1, 2013, pp. 1–19.
- Mitchell, A.R., Ellsworth, T.R., Meek, B.D. (1995). Effect of root system on preferential flow in swelling soil. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 26 (15–16), 2655–2666. [8]
- Ng, C. W. W., Leung, A. K. & Woon, K. X. (2014). Effect of soil density on grass-induced suction distributions in compacted soil subjected to rainfall. **Can. Geotech. J.** 51, No.3, 311 – 321.
- Ng, C. W. W., Ni, J. J., Leung, A. K., and Wang, Z. J., (2016a). A new and simple water retention model for root -permeated soils. **Géotechnique Letters**, 6(1): 106 – 111.
- Ng, C.W.W., Leung, A.K., Woon, K.X. (2014). Effect of soil density on grass-induced suction distributions in compacted soil subjected to rainfall. **Can. Geotech. J.** 51 (3), 311–321.
- Ni J J, Leung A K and Ng C W W. (2019). Modelling effects of root growth and decay on soil water retention and permeability. **Canadian Geotechnical Journal** 56(7) 1049-1055.

- Rietkerk, M., 1998. Catastrophic Vegetation Dynamics and Soil Degradation in Semi-Arid Grazing System. **Tech. Rep. Wageningen Agricultural University.**
- Scanlan, C. A. & Hinz, C. (2010). Insight into the processes and effects of root induced changes to soil hydraulic properties. In 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, **Brisbane, Australia**, 1– 6 August 2010, pp. 41– 44.
- van Genuchten, M. T. (1980). A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 44, No.5, 892 – 898.
- Yuliana, Apriyono, A., Kamchoom, V., Leung, A.K. and Keawsawasvong, S. (2023). The impact of tree transpiration on the safety and serviceability of pavement under seasonal variations. **International Journal of Pavement Engineering.** 24(2) DOI: 10.1080/10298436.2023.2283112



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	ฉัตรรัตน์ ทองคำ
วัน เดือน ปีเกิด	12 มิถุนายน 2543
ที่อยู่	22 หมู่ 14 ต.ป่งไฮ อ.เสกกา จ.บึงกาฬ 38150
ประวัติการศึกษา	
2559-2562	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพรเจริญวิทยา
2562-2566	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา (เกียรตินิยมอันดับ 2) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย	
2567	“การประเมินผลกระทบของสวนเมืองรมรื่นต่อการรองรับน้ำภายใต้รูปแบบฝนตกที่หลากหลาย” และนำเสนอผลงานใน “การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 29” ระหว่างวันที่ 29-31 พฤษภาคม 2567 ณ ศูนย์ประชุมวิชาการนานาชาติ ดิเอ็มเพลส จังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้