

กำลังรับแรงดึงของรากกระถินเทพาและจามจุรีที่เจริญเติบโตในระยะแรก

Tensile strength of *Acacia Mangium Willd* and *Samanea saman (Jacq) Merr* in the primary growth stage

ภิญญาพัชญ์ ไกรทอง^{1,*} ตรังเหี้ย พาน² และ สุเชษฐ์ ลิขิตเลอสรวง³

^{1,2,3} ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางวิศวกรรมธรณีเทคนิคและธรณีสัณฐานศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

*Corresponding author; E-mail address: 6470211121@student.chula.ac.th

บทคัดย่อ

การนำพืชมาใช้ในการชีววิศวกรรมดินเพื่อเสริมเสถียรภาพและป้องกันการพังทลายของลาดดินนั้นได้รับการสนใจมากขึ้น เนื่องจากเป็นวิธีที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ในงานวิจัยนี้จะศึกษา กำลังรับแรงดึงของไม้ยืนต้นสองชนิด คือ กระถินเทพาและจามจุรี สำหรับการเสริมกำลังและการเพิ่มเสถียรภาพลาดดิน ดำเนินการทดสอบหาลำดับกำลังรับแรงดึงของรากด้วยการทดสอบแรงดึงในแนวแกน ใช้เถ้าแกลบแทนดินสำหรับการปลูกพืชเป็นเวลา 7 เดือน จากการศึกษาพบว่ารากของกระถินเทพาและจามจุรีมีกำลังรับแรงดึง 11.78 และ 11.08 เมกะปาสคาล ตามลำดับ โดยรากกระถินเทพามีกำลังรับแรงดึงมากกว่าจามจุรีที่อายุการปลูกเท่ากัน กระถินเทพาน่าจะเป็นพืชที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานชีววิศวกรรมดินเพื่อเสริมเสถียรภาพและป้องกันการพังทลายของลาดดินได้

คำสำคัญ: ชีววิศวกรรมดิน, กระถินเทพา, จามจุรี, เถ้าแกลบ, คุณสมบัติทางชีวกลศาสตร์

Abstract

Vegetation has been widely used in soil bioengineering and considered as an effective natural-based solution for slope stabilisation. In this study, two woody species including *Acacia Mangium Willd* and *Samanea saman (Jacq) Merr*, are considered for soil reinforcement and stabilisation. However, the root biomechanical properties (i.e., tensile strength and Young's modulus) which is important to root reinforcement, of these two species are rarely reported in the literature. The two woody species were grown in containers with rice husk ash for 7 months. The specimens were tested by uniaxial tensile test to measure the root tensile strength. The test results show that the tensile strength of *Acacia Mangium Willd's* root (i.e., 11.78 MPa) is higher than the tensile strength of *Samanea saman (Jacq) Merr's* root (i.e., 11.08 MPa). It means *Acacia Mangium Willd's* root can be

able to withstand more tensile force than the *Samanea saman (Jacq) Merr's* root at the same planting age. *Acacia Mangium Willd* can be applied to use in soil bioengineering to enhance slope stability and prevent soil erosion.

Keywords: Soil bioengineering, *Acacia Mangium Willd*, *Samanea saman (Jacq) Merr*, Rice husk ash, Biomechanical properties

1. บทนำ

ในปัจจุบันปัญหาดินถล่มหรือการพังทลายของลาดดินพบได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งการวิบัติของลาดดินนั้นสามารถเกิดขึ้นได้จากหลายปัจจัย เช่น ความแข็งแรงของดิน สภาพชั้นดิน และระดับน้ำใต้ดิน โดยปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการพังทลายของลาดดินอย่างเห็นได้ชัดมาจากการบุกรุกทำลายป่า โดยในปี พ.ศ. 2564 พื้นที่ป่าไม้มีอยู่ร้อยละ 31.59 ของพื้นที่ประเทศไทย ซึ่งลดลงจากปี พ.ศ. 2563 ร้อยละ 0.05 ของพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทย [1] เนื่องจากความต้องการพื้นที่สำหรับที่อยู่อาศัยและการทำเกษตรกรรมที่มีความต้องการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อป่าไม้ถูกทำลายทำให้จำนวนต้นไม้ลดลง การพังทลายของหน้าดินจึงเกิดขึ้นได้ง่ายขึ้นเนื่องจากรากของต้นไม้แต่ละต้นสามารถช่วยยึดเกาะหน้าดินอีกทั้งสามารถช่วยดูดซับน้ำภายในดินได้ จำนวนต้นไม้ที่ลดลงส่งผลกระทบต่อลาดดินเมื่อเข้าสู่ฤดูฝน การเกิดน้ำป่าไหลหลากเนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่มากจะทำให้หน้าดินถูกกัดเซาะเนื่องจากความรุนแรงของกระแสน้ำ รวมไปถึงความสามารถในการรับแรงเสียดทานของดินที่ลดลงเมื่อปริมาณน้ำในดินมีมากเกินไป ด้วยเหตุนี้สามารถทำให้เกิดความเสียหายทั้งต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน การแก้ไขปัญหาคือการพังทลายของหน้าดินนั้นสามารถทำได้หลากหลายวิธี โดยหนึ่งในวิธีที่สามารถช่วยเพิ่มเสถียรภาพให้กับดินและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม คือวิธีชีววิศวกรรมดิน (Soil bioengineering)

ชีววิศวกรรมดินเป็นเทคนิคในการเสริมความแข็งแรงให้กับดิน โดยการใช้พรรณพืชเข้ามาประยุกต์ใช้ในการเสริมความแข็งแรงของดิน วิธีการนี้เป็นหนึ่งในวิธีที่มีราคาถูกและไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ ระบุ

รากของพืชถือเป็นสิ่งสำคัญในเทคนิคนี้ เนื่องจากรากของพืชช่วยเสริมแรงให้กับดิน กระจายแรงดันน้ำส่วนเกิน และสร้างแรงดูดน้ำที่เพียงพอสำหรับการเพิ่มกำลังรับแรงเฉือนของดิน [2] โดยรากที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 10 มิลลิเมตร จะทำหน้าที่เสมือนเป็นองค์ประกอบของโครงสร้าง โดยทำหน้าที่เหมือนกับสลักยึดดิน ส่วนรากที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 10 มิลลิเมตร จะสร้างพังผืดที่เหมือนกับโครงสร้างที่ช่วยในการป้องกันการพังทลายของหน้าดิน [3]

ชนิดของพรรณพืชที่มักถูกนำมาศึกษาสำหรับการเสริมเสถียรภาพให้กับลาดดินนั้นนิยมศึกษาหญ้า หรือพรรณไม้ขนาดเล็กถึงขนาดกลาง เช่น ต้นหลิว หญ้าแฝก และหญ้าเบอร์มิวด้า เป็นต้น โดยในประเทศไทย การศึกษาพรรณไม้ขนาดกลางอย่างเช่นต้นกระถินเทพามีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในงานวิจัยที่มีการกล่าวถึงการใช้รากของพืชเข้ามาเสริมความแข็งแรงให้กับดิน โดยส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาการรากของหญ้า ผลของงานวิจัยส่วนใหญ่เป็นไปในแนวทางเดียวกันคือ รากของหญ้าบางชนิดสามารถช่วยเสริมกำลังและเพิ่มเสถียรภาพให้กับลาดดินได้ เช่น รากของหญ้าแฝก และหญ้าเบอร์มิวด้าซึ่งมีรูปทรงรากและกำลังรับแรงดึงของรากที่สามารถช่วยเพิ่มเสถียรภาพให้กับลาดดินได้ดี [4-5] ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาพรรณไม้ชนิดอื่นๆ ที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในป่าของประเทศไทย และสามารถช่วยแก้ปัญหาการพังทลายของหน้าดินและลาดดินในระดับต้นได้ ผู้วิจัยได้เลือกศึกษาด้านกระถินเทพา และต้นจามจุรี ซึ่งเป็นพันธุ์ไม้โตเร็ว โดยทั้งต้นกระถินเทพาและต้นจามจุรีเป็นต้นไม้ที่เจริญเติบโตได้ดีในดินทุกสภาพ อีกทั้งสามารถทนต่อการขาดแคลนน้ำในพื้นที่แห้งแล้งได้เป็นอย่างดี จากงานวิจัยต้นกระถินเทพาจะเจริญเติบโตและช่วยเสริมเสถียรภาพให้กับลาดดินในช่วงที่มีอายุมากกว่า 8 เดือน [6] จึงเป็นตัวอย่างที่เหมาะสมในการศึกษาอิทธิพลของรากต้นกระถินเทพาและต้นจามจุรีในการเสริมกำลังและเสถียรภาพให้กับลาดดิน เพื่อเป็นอีกทางเลือกสำหรับการเสริมความแข็งแรงให้กับดินโดยวิธีชีววิศวกรรมดิน

2. คุณสมบัติทางชีวกลศาสตร์ของราก

การศึกษาคุณสมบัติทางชีวกลศาสตร์ของราก อาทิเช่น กำลังรับแรงดึงของราก (Tensile strength) โมดูลัสยืดหยุ่น (Young's Modulus) และความเครียด ณ จุดแตกหัก (Breakage strain) เป็นคุณสมบัติที่มีการศึกษากันอย่างมากในงานวิศวกรรมชีวภาพหรือในเทคโนโลยีเพื่อวัดผลของรากพืชที่มีต่อการเพิ่มเสถียรภาพในลาดดิน [7-9] โดยในการทดสอบการหาล้างรับแรงดึงของรากนั้นยังไม่มีขั้นตอนหรือวิธีการทดสอบที่เป็นมาตรฐาน ในงานวิจัยหลายชิ้นได้ใช้วิธีการทดสอบกำลังรับแรงดึงของรากด้วยการทดสอบแรงดึงในแนวแกนเดียว (Uniaxial tension) จนรากเกิดการวิบัติ [10] งานวิจัยฉบับนี้จึงใช้วิธีการทดสอบแรงดึงในแนวแกนเดียวกับรากกระถินเทพา และรากจามจุรีเพื่อศึกษากำลังรับแรงดึงของรากเช่นเดียวกัน

การหาล้างรับแรงดึงของราก (Tensile strength; T_r) สามารถหาได้จากกราฟนำแรงดึงที่มากที่สุดที่ทำให้รากเกิดการวิบัติด้วยพื้นที่หน้าตัดของราก โดยใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของราก ณ จุดที่รากเกิดการวิบัติขณะที่ทำการทดสอบ ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$T_r = \frac{F_f}{\pi \left(\frac{D_f^2}{4} \right)} \quad (1)$$

เมื่อ F_f คือแรงดึงสูงสุดที่ทำให้รากเกิดการวิบัติ และ D_f คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของราก ณ จุดเกิดการวิบัติ

ในการทดสอบกำลังรับแรงดึงของรากนั้น ความยาวของตัวอย่างทดสอบ อัตราเร็วในการดึงราก และปริมาณของน้ำในรากล้วนมีผลต่อกำลังรับแรงดึงของราก [11-12] โดยการหาปริมาณของน้ำในรากสามารถหาได้จาก ดังแสดงในสมการที่ (2)

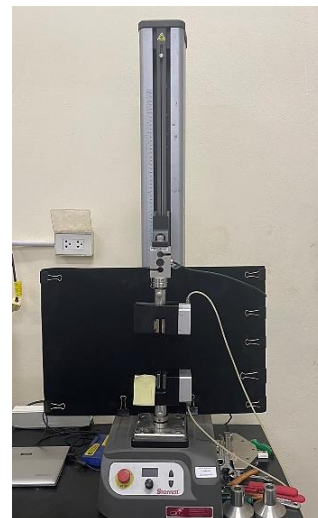
$$w = \frac{m_0 - m_d}{m_d} \quad (2)$$

เมื่อ m_0 คือน้ำหนักของรากที่ทำการจุ่มน้ำก่อนการทดสอบ และ m_d คือน้ำหนักของรากที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3. วัสดุและวิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 เครื่องมือทดสอบ

ในการศึกษากำลังรับแรงดึงของรากจะดำเนินการทดสอบรากของต้นกระถินเทพา และจามจุรีด้วยการใช้เครื่องทดสอบแรงตึงแรงกดประสม (Universal testing machine) หรือที่นิยมเรียกว่าเครื่องทดสอบแรงดึง ดังแสดงในรูปที่ 1 เครื่องทดสอบนี้เก็บข้อมูลแรงดันที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงวัสดุ และระยะที่เปลี่ยนแปลงไปของวัสดุ ด้วยการใช้อยาลดเซลล์ (load cell) และอุปกรณ์วัดระยะยืด (extensometer)



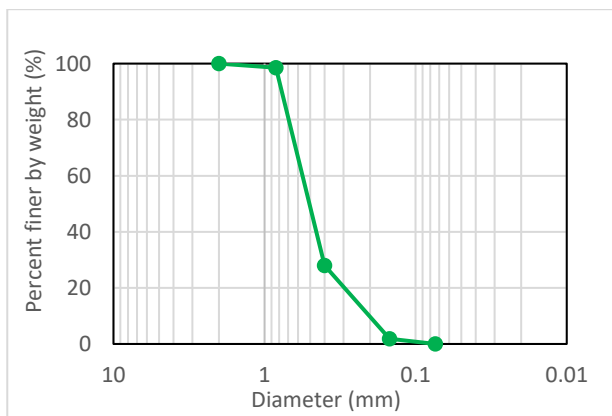
รูปที่ 1 เครื่องทดสอบแรงตึงแรงกดประสม (Universal testing machine)

3.2 การเตรียมตัวอย่าง

การศึกษากำลักรับแรงดึงของรากจำเป็นต้องใช้รากที่มีความสมบูรณ์เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการใช้แก้วแลกเปลี่ยนดินในการปลูกพืชทำให้น้ำรากพืชออกมาได้ง่าย และรากมีความสมบูรณ์ที่สุด โดยแก้วแลกเปลี่ยนดินมีคุณสมบัติพื้นฐานดังแสดงในตารางที่ 1 และมีการกระจายตัวของขนาดเม็ดดินของแก้วแลกเปลี่ยนดินดังแสดงในรูปที่ 2

ตารางที่ 1 คุณสมบัติพื้นฐานของแก้วแลกเปลี่ยน

| คุณสมบัติพื้นฐาน | ผลการวิเคราะห์ |
|---------------------------------|----------------|
| Specific gravity, G_s | 2.11 |
| Dry density (g/cm^3) | 0.95 |
| pH | 7.84 |
| Nitrogen (%) | 0.06 |
| Phosphorus (%) | 0.10 |
| Potassium (%) | 0.36 |
| D60 (mm) | 1.5 |
| D30 (mm) | 1 |
| D10 (mm) | 0.3 |
| ประเภทของดิน | SP |



รูปที่ 2 การกระจายตัวของขนาดเม็ดดินของแก้วแลกเปลี่ยน

ในการศึกษานี้จึงใช้แก้วแลกเปลี่ยนดินสำหรับการปลูกพืช และใช้ถังพลาสติกสีฟ้าที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 เซนติเมตร และสูง 90 เซนติเมตร เพื่อใช้เป็นภาชนะสำหรับการปลูกพืชทั้ง 2 ชนิด โดยทำการเจาะรูที่ก้นถังพลาสติกสำหรับการระบายน้ำก่อนการนำแก้วแลกเปลี่ยนลงในถังพลาสติก ใส่แก้วแลกเปลี่ยนลงในถังพลาสติกแบบอิสระโดยไม่ได้ทำการบดอัดและนำต้นกระถินเทพาและต้นจามจุรีที่มีอายุ 1 เดือนแล้วปลูกลงในถังพลาสติก สำหรับถังพลาสติก 1 ถังจะปลูกต้นกระถินเทพาหรือต้นจามจุรี 3-4 ต้นดังแสดงในรูปที่ 3 ต้นไม้ทั้ง 2 ชนิดทำการปลูกอยู่ในที่โล่งแจ้ง

เนื่องจากทั้งต้นกระถินเทพา และต้นจามจุรีเป็นพืชที่ต้องการแสงแดดในการเจริญเติบโต โดยใช้ระยะเวลาในการปลูกพืชทั้ง 2 ชนิดเป็นเวลา 7 เดือน ก่อนการนำรากขึ้นมาใช้สำหรับการทดสอบกำลังรับแรงดึงของราก



รูปที่ 3 ตัวอย่างพืชที่ปลูกลงในถังพลาสติกด้วยการใช้แก้วแลกเปลี่ยน

เมื่อพืชทั้ง 2 ชนิดมีอายุครบ 7 เดือนแล้ว ทำการคัดเลือกรากแขนงที่มีความแข็งแรงและความยาวไม่น้อยกว่า 20 เซนติเมตร โดยรูปที่ 4 แสดงตัวอย่างรูปทรงรากของต้นกระถินเทพาและจามจุรีที่อายุการปลูก 4 เดือน นำรากที่คัดเลือกแล้วเก็บรักษาในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นเก็บรักษารากในถุงพลาสติกซิปล็อคที่มีน้ำในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส [12] เพื่อใช้ในการทดสอบกำลังรับแรงดึงของรากต่อไป

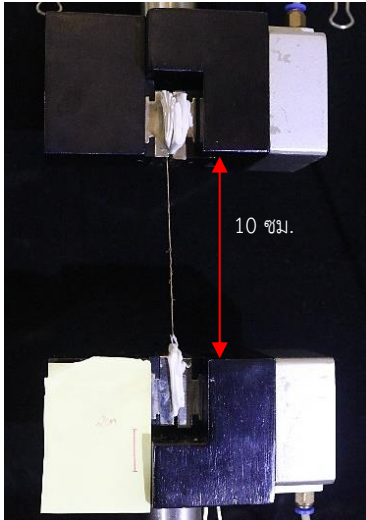


รูปที่ 4 รูปทรงรากของต้นกระถินเทพาและจามจุรี

3.3 การกำหนดอัตราเร็วและระยะทดสอบของการดึงราก

การทดสอบกำลังรับแรงดึงของรากเป็นการใช้แรงดึงรากจนรากเกิดการเปลี่ยนแปลงทางขนาดหรือรูปร่างขึ้น ในการทดสอบนี้กำหนดอัตราเร็วในการดึงรากให้มีค่าคงที่ เนื่องจากอัตราเร็วที่ใช้ในการดึงรากมีผลต่อกำลังรับแรงดึงของราก [13] จากงานวิจัยส่วนใหญ่จะทดสอบกำลังรับแรงดึงของ

รากด้วยอัตราเร็วของการดึงอยู่ที่ 1 ถึง 10 มิลลิเมตรต่ออนาที แต่เนื่องจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรากกระถินเทพาและจามจურიมีขนาดที่เล็กมาก จึงกำหนดอัตราเร็วในการดึงให้อยู่ที่ 5 มิลลิเมตรต่ออนาที และกำหนดระยะทดสอบ (Gauge length) ซึ่งคือระยะระหว่างปากหนีบราก (Clamps) ส่วนบนจนถึงปากหนีบรากส่วนล่างที่ 10 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 5

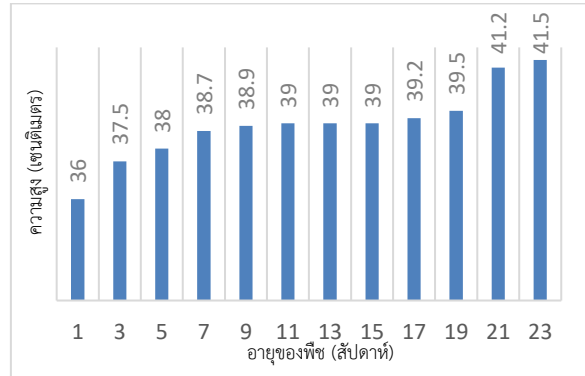


รูปที่ 5 ระยะทดสอบของราก (Gauge length)

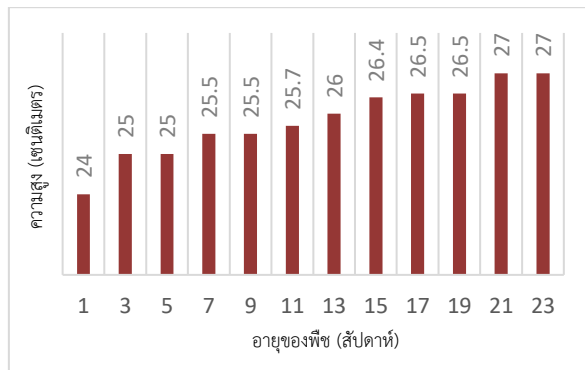
ระหว่างการทดสอบจะใช้กระดาษรองรากที่จะทำการทดสอบก่อนการนำรากเข้าหนีบที่ปากหนีบของเครื่องทดสอบเพื่อป้องกันไม่ให้อากหลุดออกจากปากหนีบรากและลดการเกิดความเสียหายต่อรากในระหว่างการทดสอบ โดยในการทดสอบจะเก็บผลการทดสอบเฉพาะรากที่เกิดการวิบัติ ณ บริเวณกึ่งกลางหรือใกล้กับส่วนกลางของรากเท่านั้น โดยขั้นตอนการทดสอบกำลังรับแรงดึงและการวิเคราะห์ผลการทดสอบในการศึกษานี้ ดำเนินการตามงานวิจัยที่เคยดำเนินงานมาก่อนหน้านี้ [14-16]

4. ผลการทดสอบและอภิปรายผล

การเจริญเติบโตของต้นกระถินเทพานั้นสามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่าต้นจามจურიที่อายุการปลูกที่เท่ากัน โดยวัดการเจริญเติบโตจากความสูงของส่วนต้นที่โผล่พ้นดิน ในระยะเวลา 19 สัปดาห์ต้นกระถินเทพามีความสูงเพิ่มขึ้น 5.5 เซนติเมตร ในขณะที่ต้นจามจურიเพิ่มความสูงเพิ่มขึ้น 3 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 6 และ 7

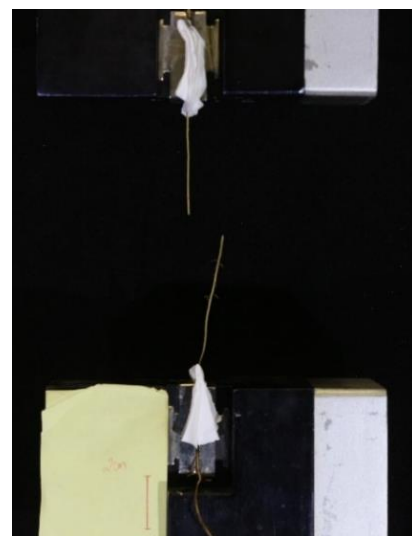


รูปที่ 6 การเจริญเติบโตของต้นกระถินเทพา



รูปที่ 7 การเจริญเติบโตของต้นจามจური

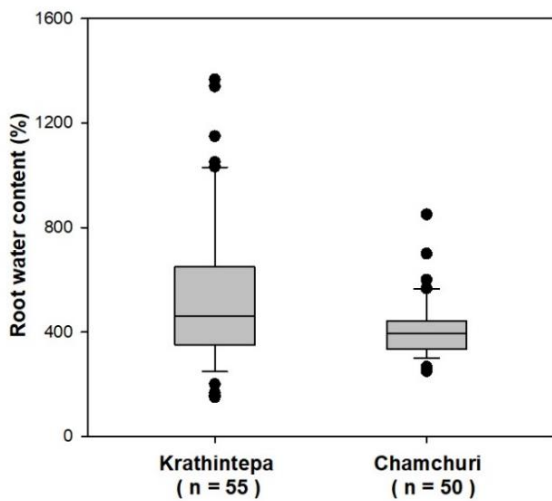
จากการทดสอบกำลังรับแรงดึงของรากกระถินเทพาจำนวน 55 ตัวอย่าง และรากจามจურიจำนวน 50 ตัวอย่าง ดังแสดงตัวอย่างการทดสอบในรูปที่ 8



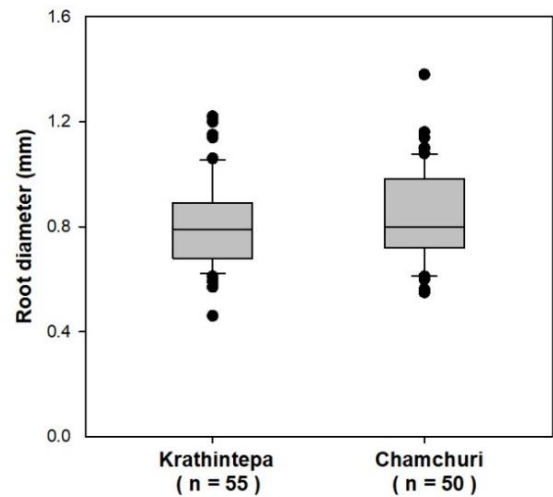
รูปที่ 8 ตัวอย่างการวิบัติของรากในการทดสอบกำลังรับแรงดึง

ได้ผลการทดสอบของปริมาณน้ำในราก (Root moisture) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของราก (Root diameter) กำลังรับแรงดึงของราก (Root tensile strength) และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของราก (Young's modulus) ดังแสดงในแผนภาพกล่อง (Box plot) ในรูปที่ 9-12 ตามลำดับ โดยแผนภาพกล่องเป็นการแสดงภาพรวมข้อมูลให้เห็นถึงค่ากลางและความผันแปรของข้อมูล พบว่าปริมาณของน้ำในราก และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของพืชทั้ง 2 ชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำในรากกระถินเทพา (531.34%) มีค่ามากกว่าจามจุรี (409.73%) และค่าเฉลี่ยของค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของรากกระถินเทพา (346.02 เมกะปาสคาล) มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของรากจามจุรี (435.74 เมกะปาสคาล)

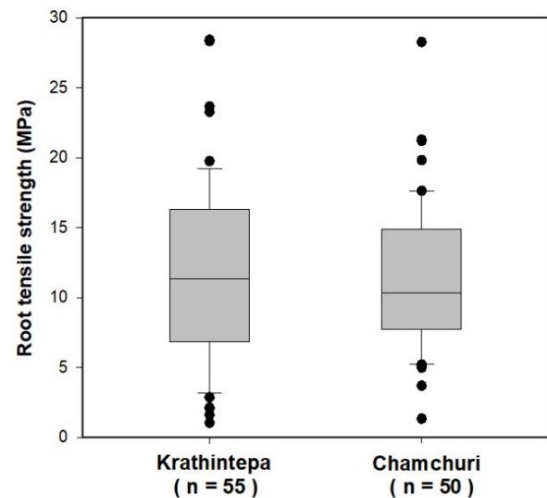
ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของกำลังรับแรงดึงของรากกระถินเทพาจำนวน 55 ตัวอย่าง (11.78 เมกะปาสคาล) และของรากจามจุรีจำนวน 50 ตัวอย่าง (11.08 เมกะปาสคาล) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นเช่นเดียวกับกับค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรากพืชทั้ง 2 ชนิด โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรากกระถินเทพา (0.80 มิลลิเมตร) มีขนาดใกล้เคียงกับรากจามจุรี (0.84 มิลลิเมตร)



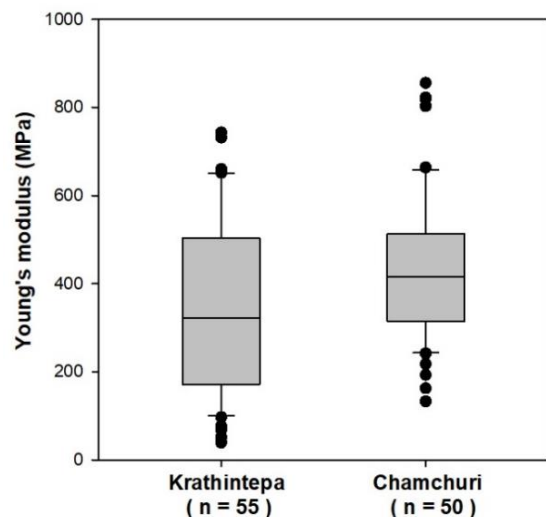
รูปที่ 9 ข้อมูลปริมาณน้ำในรากกระถินเทพาและจามจุรี



รูปที่ 10 ข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรากกระถินเทพาและจามจุรี

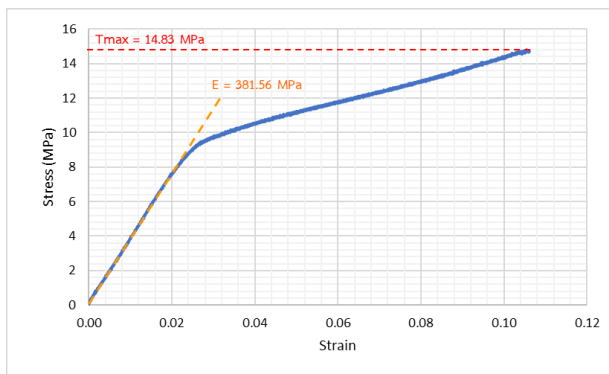


รูปที่ 11 ข้อมูลกำลังรับแรงดึงของรากกระถินเทพาและจามจุรี



รูปที่ 12 ข้อมูลค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของรากกระถินเทพาและจามจุรี

ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นและกำลังรับแรงดึงสูงสุดของรากสามารถหาได้จากเส้นโค้งความเค้นกับความเครียด (Stress-strain curve) โดยจุดที่ความเค้นมีค่าสูงสุดที่สุด (Maximum stress) ซึ่งเป็นจุดที่รากสามารถรับแรงดึงได้สูงที่สุดก่อนเกิดการวิบัติ นั้น สามารถเรียกได้อีกอย่างเป็นทางการว่าเป็นจุดที่มีความแข็งแรงดึงสูงสุด (Maximum tensile strength; T_{max}) ดังแสดงข้อมูลค่าความแข็งแรงดึงสูงสุดของแต่ละรากในรูปที่ 11 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (E) สามารถหาได้จากความชันของแผนภาพความเค้นความเครียดในช่วงที่รากยังอยู่ในสภาพยืดหยุ่น ดังแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 13 การหาค่าความแข็งแรงดึงสูงสุดและค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจากเส้นโค้งความเค้นกับความเครียดของตัวอย่างรากกระถินเทพา

5. สรุปผลการศึกษา

จากผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของรากกระถินเทพาและจามจุรีพบว่ารากของกระถินเทพาและจามจุรีที่อายุเท่ากันมีความสามารถในการรับแรงดึงที่ใกล้เคียงกัน โดยรากของกระถินเทพาจะสามารถรับแรงดึงได้ดีกว่ารากจามจุรีอยู่เล็กน้อย และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรากกระถินเทพามีขนาดเล็กกว่ารากจามจุรีอยู่เพียงเล็กน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรากมีผลต่อกำลังรับแรงดึงของราก โดยรากที่มีขนาดเล็กจะมีค่ากำลังรับแรงดึงของรากที่มากกว่า

กระถินเทพาและจามจุรีเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้เร็ว แต่จะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ช้าในช่วงระยะแรกที่ยอายุ 1-2 ปี งานวิจัยนี้ทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษารากของต้นกระถินเทพาและจามจุรีที่มีอายุประมาณ 7 เดือน โดยต้นกระถินเทพาและจามจุรีจะยังเจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่ ซึ่งส่งผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรากกระถินเทพาและจามจุรี ที่จะยังมีขนาดเล็ก รวมถึงส่งผลต่อกำลังรับแรงดึงของรากอีกด้วย กำลังรับแรงดึงของรากพืชทั้ง 2 ชนิดจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งหากมองว่าการเจริญเติบโตของพืชขึ้น ต้นกระถินเทพาจะเจริญเติบโตได้ดีและเร็วกว่าต้นจามจุรีในระยะเวลาที่เท่ากัน อีกทั้งรากของต้นกระถินเทพามีรากแขนงที่เจริญเติบโตออกมาจากโคนต้นและแผ่กระจายออกมากมาย ซึ่งสามารถช่วยในการเพิ่มเสถียรภาพของดินให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ในขณะที่รากของต้นจามจุรีจะมีรากแก้วเป็นหลักและมีรากแขนง

แผ่ออกทางด้านข้างในระดับตื้น ทำให้ต้นกระถินเทพาน่าจะสามารถช่วยเสริมเสถียรภาพให้กับลาดดินได้ดีกว่าต้นจามจุรี ต้นกระถินเทพาจึงเป็นอีกตัวเลือกหนึ่งของพรรณพืชที่สามารถไปประยุกต์ใช้ร่วมกับงานชีววิศวกรรมดินเพื่อช่วยเสริมเสถียรภาพและป้องกันการพังทลายของลาดดิน

เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2564). โครงการจัดทำข้อมูลสภาพพื้นที่ป่าไม้ ปี พ.ศ. 2564, หน้า 1-18. https://forestinfo.forest.go.th/Content/file/ForestArea/ForestArea_2564.pdf
- [2] Fatahi, B., Khabbaz, H., & Indraratna, B. (2010). Bioengineering ground improvement considering root water uptake model. *Ecological Engineering*, 36(2), 222-229. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.12.027>
- [3] Stokes, A., Atger, C., Bengough, A., Fourcaud, T., & Sidle, R. (2009). Desirable Plant root traits for protecting natural and engineered slopes against landslides. *Plant and Soil*, 324, 1-30. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0159-y>
- [4] M.N. Noorasyikin, M. Zainab, A. Derahman, M.F. Md Dan, A. Madun, Z. Md Yusof, F. Pakir, Mechanical properties of Bermuda grass roots towards sandy and clay soil for slope reinforcement, *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, Volume 128, 2022, 103261, ISSN 1474-7065, <https://doi.org/10.1016/j.pce.2022.103261>.
- [5] Noorasyikin, M & Mohamed, Zainab. (2016). A Tensile Strength of Bermuda Grass and Vetiver Grass in Terms of Root Reinforcement Ability Toward Soil Slope Stabilization. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 136. 012029. [10.1088/1757-899X/136/1/012029](https://doi.org/10.1088/1757-899X/136/1/012029).
- [6] วุฒิพฤกษ์และคณะ, พ. (2548). คุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินที่เสริมความแข็งแรงด้วยระบบรากพืชแบบผสมผสาน การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ ๑๐. , โรงแรมอมบาสซาเดอร์ ซิตี้ จอมเทียน พัทยา จ. ชลบุรี.
- [7] Bischetti, G. B., Chiaradia, E. A., Simonato, T., Speziali, B., Vitali, B., Vullo, P., & Zocco, A. (2005). Root Strength and Root Area Ratio of Forest Species in Lombardy (Northern Italy). *Plant and Soil*, 278(1), 11-22. <https://doi.org/10.1007/s11104-005-0605-4>
- [8] Stokes, A., Norris, J., Beek, L., Bogaard, T., Cammeraat, E. L. H., Mickovski, S., Jenner, A., Di Iorio, A., & Fourcaud, T. (2008). How Vegetation Reinforces Soil on Slopes. In (pp. 65-118). https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6676-4_4

- [9] Wu, T. H., McKinnell, W. P., & Swanston, D. N. (1979). Strength of tree roots and landslides on Prince of Wales Island, Alaska. *Canadian Geotechnical Journal*, 16(1), 19-33. <https://doi.org/10.1139/t79-003>
- [10] Giadrossich, F., Schwarz, M., Cohen, D., Cislighi, A., Vergani, C., Hubble, T., Phillips, C., & Stokes, A. (2017). Methods to measure the mechanical behaviour of tree roots: A review. *Ecological Engineering*, 109, 256-271. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.08.032>
- [11] Zhang, C., et al., Effects of gauge length and strain rate on the tensile strength of tree roots. *Trees*, 2012. 26.
- [12] Boldrin, D., Leung, A. K., & Bengough, A. G. (2018). Effects of root dehydration on biomechanical properties of woody roots of *Ulex europaeus*. *Plant and Soil*, 431(1), 347-369. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3766-7>
- [13] Yang, Y., Chen, L., & Li, N. (2016). How gauge length and loading rate influence the root tensile strength of *Betula platyphylla*. *Journal of Soil and Water Conservation*, 71(6), 460. <https://doi.org/10.2489/jswc.71.6.460>
- [14] Phan, T.N., Likitlersuang, S., Kamchoom, V. and Leung, A.K. (2021) "Root biomechanical properties of *Chrysopogon zizanioides* and *Chrysopogon nemoralis* for soil reinforcement and slope stabilisation" *Land Degradation and Development* Vol. 32, No. 16, pp. 4624-4636. <https://doi.org/10.1002/ldr.4063>
- [15] Likitlersuang, S., Phan, T.N., Boldrin, D. and Leung, A.K. (2022) "Influence of growth media on the biomechanical properties of the fibrous roots of two contrasting vetiver grass species" *Ecological Engineering* Vol. 178, May 2022, Article no. 106574 <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2022.106574>
- [16] Phan, T.N., Leung, A.K., Kamchoom, V. and Likitlersuang, S. (2023) "Reinforcement losses in soil stabilisation due to decomposing roots of *Chrysopogon zizanioides* and *Chrysopogon nemoralis*" *Land Degradation and Development* Vol. 34, No. 4, pp 1080-1096. <https://doi.org/10.1002/ldr.4517>